

KAROL VASILKO

# VÝVOJ TECHNIKY A TECHNOLOGIE



Od staroveku dodnes

2010

**Karol Vasilko**

# **Vývoj techniky a technológie**

**Od staroveku dodnes**

**Prešov: 2010**

*Kniha pojednáva o vývoji technických poznatkov od staroveku po súčasnosť v rozličných oblastiach ľudskej činnosti (doprava, metalurgia, obrábanie, poľnohospodárstvo, meracej technike, textilnej technológii, písma a kníhtlače). Je určená širokej verejnosti, študujúcim technické odbory a pracovníkom v odbore vývoja aplikácie techniky a technológií.*

## **Vývoj techniky a technológie**

---

© prof. Ing. Karol Vasilko, DrSc., 2010

Lektori: prof. Ing. Anton Puškár, DrSc., prof. Ing. Gejza Eggenberger, DrSc.

Obálka: KARL BENZ v konštrukčnej kancelárii (Národné motorové múzeum v Beaulieu, Anglicko), foto autor

**ISBN 978-80-553-0336-9**

# ÚVOD

Technický pokrok je vo výraznej mier podmienený procesom objavovania a zlepšovania technologických postupov a metód. Epochálne objavy v tejto oblasti prichádzajú veľmi zriedka, ale majú obrovský význam pre celé ľudstvo. Nové myšlienky obyčajne nevznikajú náhodne, ale sú k tomu potrebné spoločenské podmienky (dosiahnutie určitého stavu poznatkov a techniky, ktorá si žiada novú kvalitu, kumuláciu poznatkov o danom probléme). Preto sa veľmi často objavujú tie isté riešenia na rozličných miestach zemegule v rovnakom čase. Vznikajú z toho zložité právne spory o prvenstvo.

Mnoho technických novinek sa dotýka zdrojov a prenosu energie. Energia dáva základné predpoklady pre existenciu a pohodu človeka. Jej nedostatok znamená kolaps spoločnosti. Jej potreba stúpa s vývojom a stupňom výroby a spotreby. Preto taký záujem o túto problematiku u odborníkov a laikov.

Zaujímavým aspektom technického objavu je stav a dostatok, či absencia technických prostriedkov, ktoré podmieňujú vznik vynálezu. Nie vždy objav závisí na technickom vybavení. Zrejme tu výraznou mierou rozhoduje ľudská inteligencia.

V celej histórii ľudstva dochádza k omylom, ktoré často pretrvávajú dlhú dobu. Možno to dokumentovať neustávajúcimi pokusmi o zostrojenie samohybných strojov, vytváranie energie z ničoho. Mnohé z týchto omylov neobišli ani významných vynálezcov. Niekedy im však pomohli ku skutočným objavom.

Je paradoxné, že väčšina obetavých objaviteľov dosiahla uznanie až po vlastnej smrti. Dnes môžeme len s vďačnosťou a nostalgiou spomínať na ich prínos pre celé ľudstvo.

Pokusíme sa charakterizovať historické momenty, nositeľov nových myšlienok (ak nezostali anonymní) v chronologickom poradí od staroveku po dnešok. Nie je to však hlavný cieľ tejto knihy. Cieľom je skôr sledovať myšlienkový proces, ktorý v celej histórii posúval poznanie v danom odbore. Preto sme volili spôsob opisu historického vývoja je „všetkého“ ale jednotlivých odborov technológie separátne od histórie po súčasnosť. Pritom definícia pojmu súčasnosť z historického hľadiska znamená skôr „nedávna história“. Prvou časťou knihy je história pohonov, týkajúca sa zdrojov a konštrukcie pohonov najmä dopravných strojov a zariadení. Druhá časť sa zaoberá históriou metalurgie a spracovania kovov a tretia obrábaniu materiálov. Krátka pozornosť je venovaná vývoju poľnohospodárskej techniky, meracej techniky, textilnej technológie, vývoju písma a kníhtlače. Na záver je krátky prehľad osobností, ktoré urobili významný krok do rozvoja technických poznatkov.

Vývoj techniky a technológie sa často stretáva s predbiehaním myšlienok a riešení pred dobou v ktorej vznikajú. Stáva sa preto, že v danej historickej etape ešte nedozreli podmienky na ich realizáciu. Typickými predstaviteľmi je v literatúre JULES VERNE a v technike LEONARDO DA VINCI.

Ďalším paradoxom histórie je opakovanie rovnakých myšlienok a technických riešení v rozličných časových obdobiach, ktoré počítajú často stáročia. Sú však na stále vyššej technickej úrovni. Typickým príkladom je postupne znovu objavovanie a reaktívnej sily vzduchu, vody, pary, plynov.

Pri sledovaní starších historických etáp pozorujeme až prekvapujúce diela, ktoré vytvorila ľudská ruka, ktoré interpretujú autori vedecko – fantastickej literatúry ako diela mimozemských civilizácií. Podľa nás skôr svedčia o intelektuálnych schopnostiach našich

predkov.

Ako uvidíme, frekvencia objavov a nových technických riešení nebola v každej historickej etape rovnaká. Niekedy zaznamenávame veľkú hustotu, niekedy biele miesta. Je to zrejme dané spoločenskými podmienkami v danom období.

V dielach svetových autorov venovaných histórii techniky sa doteraz málo pozornosti venovalo Európe a jej strednej časti zvlášť. Pokúsime sa tento nedostatok preklenúť.



autor

**Quod invenitur fuit (Tertullianus)  
Všetko, čo sa vynachádza tu už bolo**

## 1 VÝVOJ POHONOV

Pohony strojov a dopravnej techniky majú dlhú a zaujímavú históriu. Prvým pohonom bola ľudská sila. Pretože množstvo poslušných otrokov postupne klesalo, ľudská sila často nestačila na prenášanie ťažkých bremien, hľadali sa prostriedky na náhradu ľudskej sily. Ako vhodná sa ukázala sila zvierat. Neskôr sa dospelo k využívaniu prírodných zdrojov, tlaku vetra, hmotnosti a kinetickej energie vody, tlaku vodných pár a plynov, pôsobenie elektromagnetického poľa. Druh energie mal odraz aj v technickej úrovni zariadení na jej využívanie. Prechod k vyššej forme v zásade znamenal aj vyššiu úroveň techniky. S tým súvisí aj druh a vlastnosti použitého materiálu a technológia jeho spracovania. Prvé zariadenia boli drevené, postupne sa používali rozličné kovy a ich zliatiny, ktorých mechanické vlastnosti sa zlepšovali mechanickým a tepelným spracovaním, postupne klesala ich hmotnosť pri rovnakej, alebo vyššej pevnosti. Pokúsime sa ukázať základné etapy tohto nezvratného vývoja.

### 1.1 Počiatky pohonu

Prvým pohonom boli ľudské svaly. Tento vysoko operatívny a spoľahlivý pohon pretrváva do dnešných čias. Všimajme si prenos zaťaženia cez plece človeka. Platí to pri prenášaní jednotlivých bremien a nosidiel (obr. 1.1 a 1.2)

*Obr.11 Typické použitie ľudskej sily na prenos bremien [7]*



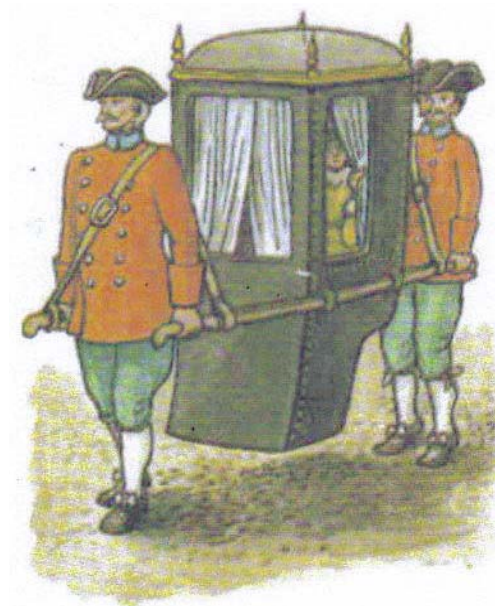
Ak si všímame techniku používania nosidiel v Rímskej ríši, vidno rozdelenie nákladu na jedného nosiča asi 30 kg. Hmotnosť „senátora“ predpokladáme 80 kg + 40 kg. hmotnosť nosidiel. Prenášaná osoba je v polo ležiacej polohe. Pri zastavení bez zloženia nosidiel nosiči použijú vidlicovité podpery. Nosidlá možno premiestňovať pomerne rýchlo, aj klusom.

*Obr. 1.2 Oblíbený dopravný prostriedok v Rímskej ríši [7]*

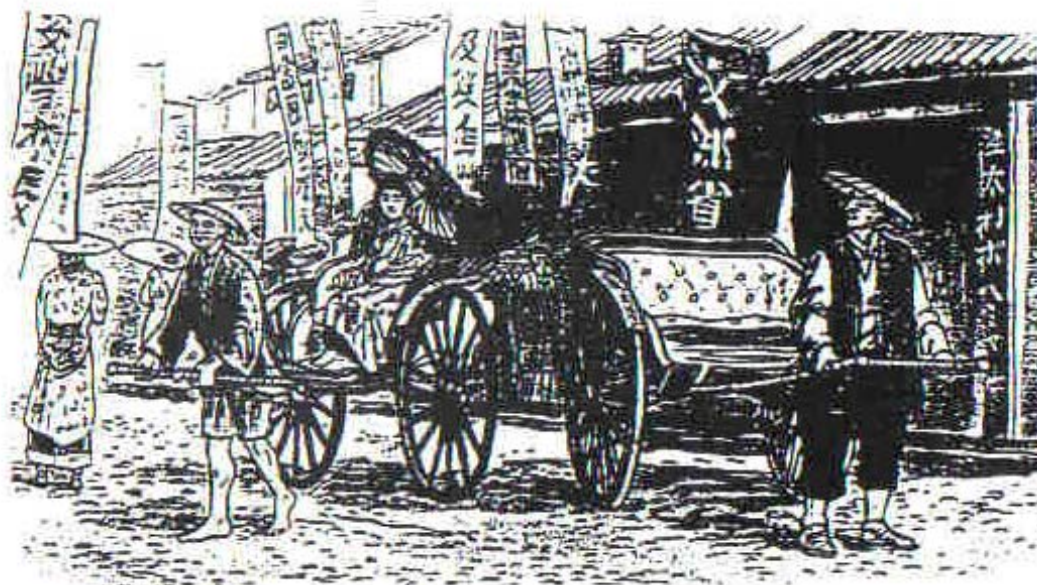


Neskôr používané nosidlá v 17. storočí prenášajú osobu v sediacej polohe. Nosiči majú cez rameno prevesený remenec, ktorým sa prenáša zaťaženie a rukami ovládajú nosidlá. Vzhľadom na takéto rozloženie hmotnosti na prácu postačujú dvaja nosiči, ale pri pomalej chôdzi.

*Obr. 1.3 Nosidlá zo 17. storočia [7]*



Doteraz používané čínske a japonské rikše využívajú vysoko efektívny princíp umiestnenia kolies do ťažiska nákladu. Človek, ovládajúci rikšu sa namáha podstatne menej, pretože nadvihnutím alebo znížením rukoväti vyrovnáva polohu ťažiska s osou kolies. V tejto polohe už len prekonáva treciu silu v uložení kolesa a valivé trenie medzi obručou kolesa a vozovkou. Zníženiu námahy napomáha aj veľký priemer ľahkých špicových kolies.



Obr. 1.4 Čínska „ľudová“ a „prvotriedna“ rikša, poháňaná ľudskou silou [7]

Zvláštnym spôsobom prenosu nákladu je prenášanie na hlave, pri ktorom je zaťažená celá chrbtica, vrátane krčnej. Takto možno prenášať značné zaťaženia a v niektorých krajinách je to doteraz zaužívaný spôsob, pričom návykom bez problémov udržuje rovnováhu. Okrem iného núti tento spôsob človeka chodiť vzpriamene.



Obr. 1.5 Nosič nákladu bavlny pri vykladaní lode(a) [7]. V Afrických zemiach sa takto náklad s oblúbu prenáša aj dnes (b)

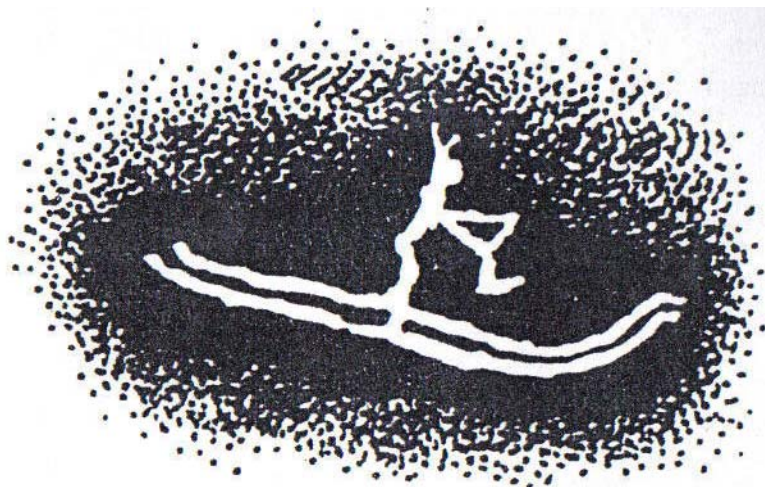
a



b



V Severnom Nórsku bol objavený nákras lyžiara z Mezolitickej doby (6000-3000 pred n. l.) – obr. 1.6.



*Obr. 1.6 Človek na lyžiach  
(rytina z Nórska z doby  
železnej) [9]*

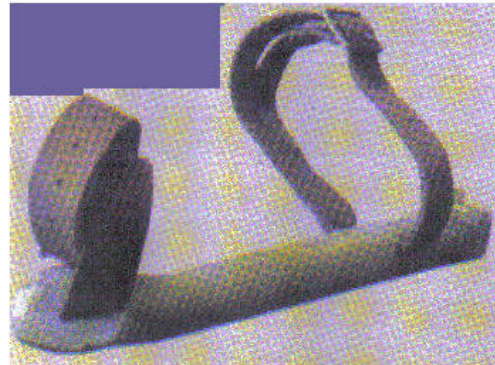
Tento príklad nie je ojedinelý. Na obr. 1.7 je skalná rytina z Kalérie z konca kamennej doby, na ktorej vidno lyžiarov, loviacich zver. Zreteľne možno vidieť luky a kópiu, lovcov ktorí kráčajú po snehu a ľavý svahuje. Stopy zveri svedčia o hlbokom snehu.



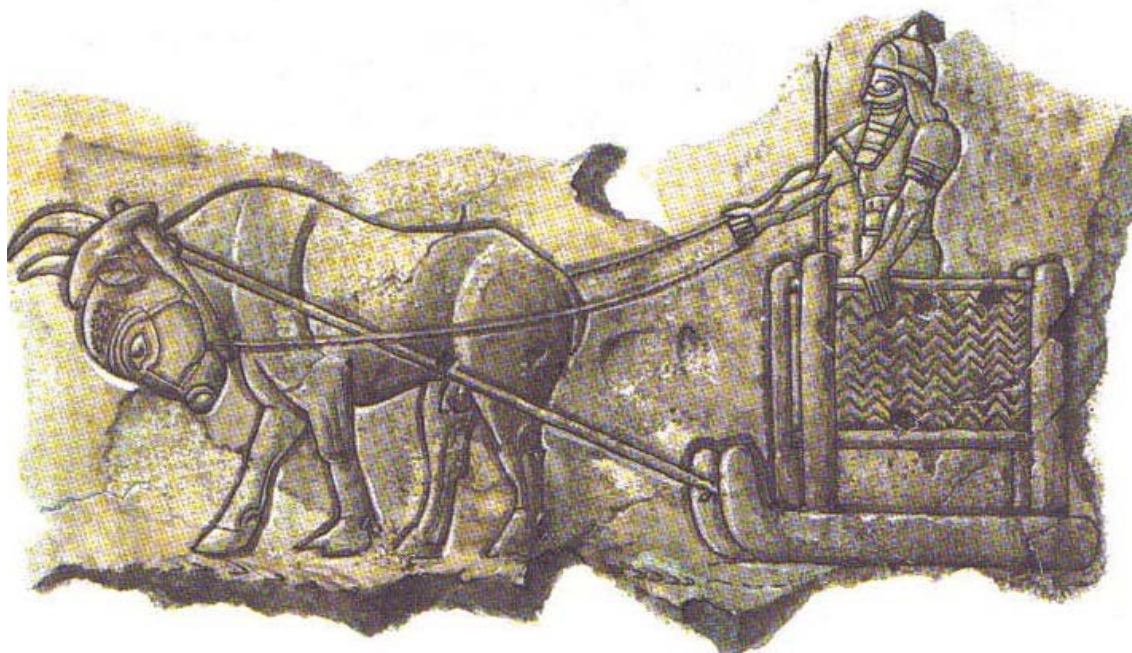
*Obr. 1.7 Skalná rytina z kamennej doby, lov zveri na lyžiach*

Studené podnebie zrejme viedlo našich predkov k používaniu prostriedkov na pohyb po snehu a ľade, ktorými by predstihol zvery. Pravdepodobne v severnej Európe sa objavili aj korčule. Svedčia o tom archeologické nálezy z Ruska a Škandinávie. Boli vyrobené z dlhých zvieracích kostí. Do nich boli navŕtané diery na pretiahnutie remienkov, ktoré sa potom uväzovali okolo nôh. Hladký povrch kostí umožňoval dobrý pohyb po ľade. Predpokladá sa, že korčule vznikli na území dnešného Fínska, kde je najviac veľkých jazier, po ktorých sa ľudia mohli na korčuliach lepšie pohybovať ako pešo. Staroveké korčule však neboli príliš rýchle. Podľa rekonštrukcie (obr. 1.8) sa na nich dalo pohybovať rýchlosťou najviac 8 km/hod.

*Obr. 1.8 Kosené korčule (3000 pred n. l.)*



4. tisícročie pred n. l. je známe prvým využitím sily zvierat. Je to epochálny prelom v dejinách techniky. Skrotené zvieratá, ktoré sú vybavené podstatne väčšou silou ako človek dokázali utiahnuť podstatne ťažšie náklady. Prvé postroje boli veľmi nedokonalé. Spočívali v upletených povrazcoch, ktoré boli upevnené o rohy zvierat'a. Pre zviera bol tento spôsob veľmi namáhavý. (obr. 1.9). Okolo r. 1950 pred n. l. sa ťažké náklady v Egypte a Asýrii, kde to umožňoval terén prepravovali na saniach. Je zrejмый spôsob upevnenia postroja za rohy zvierat'a, ktoré ťahá sane s veľkou námahou. Na najstaršom obrázku drevených saní vidno prepravu egyptskej sochy, vážiacej 60 t (obr. 1.20). Sane ťahalo 182 mužov. Aby sa drevené skĺznicie lepšie kĺzali a neohrievali trením, polievala sa klzná dráha stále vodou. Pri ťažších nákladoch hádzali pod skĺznicie na zmenšenie trenia blato. Asýrčania podkladali pod skĺznicie drevá. Nedá sa presne povedať, či išlo o guľatinu, ktorá mala zmeniť klzné trenie na valivé, alebo jednoducho prostriedok, pomocou ktorého sa mohla zmenšiť trecia plocha skĺznic.



*Obr. 1.9 Babylónsky relief (skalný nákres) znázorňujúci využitie ťažnej sily zvierat a zvlače [7]*

Tento spôsob nahradil staršie vlečenie nákladu, ktoré sa používalo niekoľko storočí až do konca doby kamennej.

Zachovali sa skamenené stopy po ťahaní nákladov pomocou zvlače (omylom považované autormi vedecko-fantastickej literatúry za záhadné stopy po dopravných prostriedkoch iných civilizácií). Na obr. 1.10 sú stopy po zvlači na ostrove Malta v Stredozemnom mori (rozstup saní je 125 mm). Okolo r. 1950 pred n. l. sa ťažké náklady v Egypte a Asýrii prepravovali na saniach.



*Obr. 1.10 Skamenené koľaje z prehistorických čias, na ostrove Malta v Stredozemnom mori (rozteč je 125 cm) [21]*

Severoamerickí prérioví indiáni používali sane ešte v 19. storočí. Je to špeciálny prípad zvlačí, zložených z jednoduchého prekríženia konárov, ktoré sa malou plochou treli po zemi a ich dlhšie rameno bolo uchytené o koňa. Malá plocha styku konára so zemou viedla k minimálnej trecej sile. Preto preprava mohla byť rýchla.



*Obr. 1.11 Severoamerický indián so svojim dopravným prostriedkom a prepravovaným majetkom [7]*

Ťažným zvierat'om púšte sa stala ťava, vytrvalé a silné zviera, ktoré vydrží dlho bez vody.



*Obr. 1.12 Ťava ako ťažné zviera[7]*

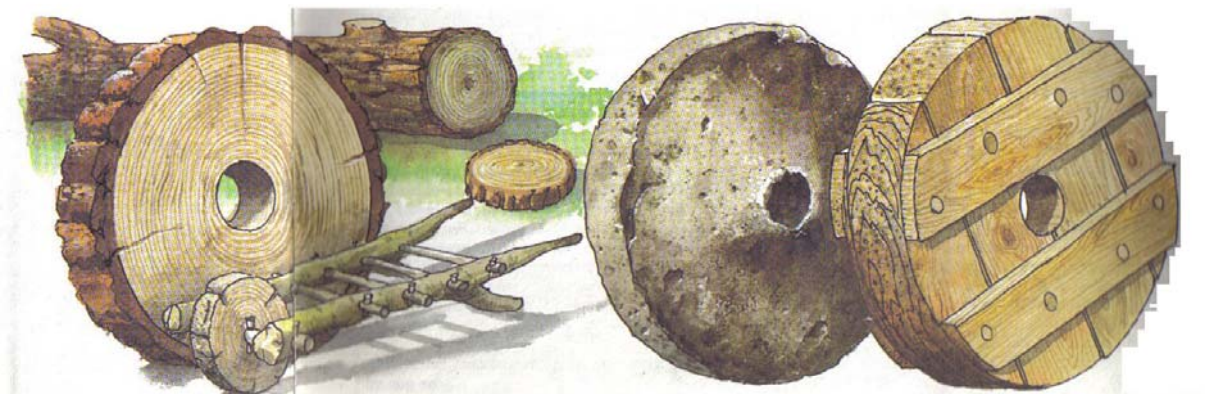
Naopak v studených oblastiach sa na dopravu na saniach používal záprah psov. Vzhľadom na ich ťažnú silu ich počet v záprahu závisel od veľkosti nákladu (obr. 1.13).



*Obr. 1.13 Arktická pošta so psím záprahom [7]*

Ťažná sila zvierat bola až do 19. storočia n. l. základným pohonom, ktorý výraznou mierou ovplyvňoval pozemnú dopravu a poľnohospodársku výrobu.

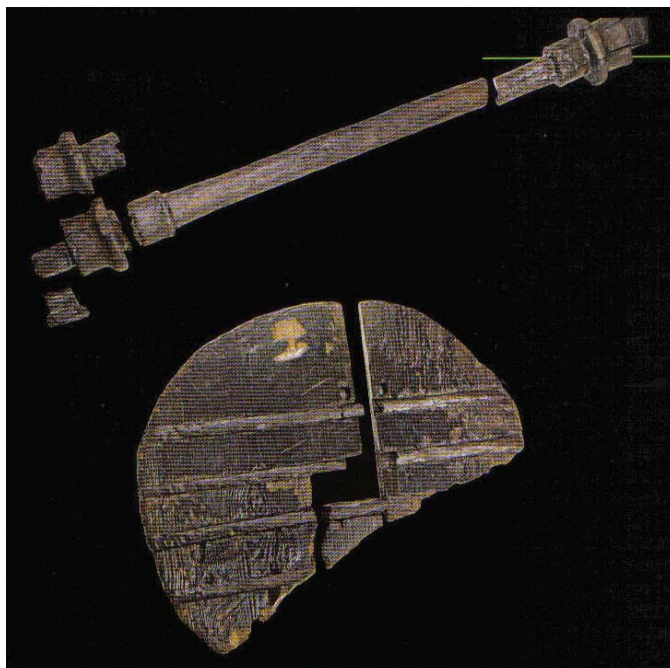
V 4. tisícročí pred n. l. sa začína používať najväčší objav ľudstva – koleso. Koleso a prvé vozy s kolesami začali najskôr používať Sumeri (niekedy sa tiež uvádza India). Datovanie je veľmi neisté. V Európe je koleso známe od 3. tisícročia pred n. l. Koleso nemá alternatívu v živej prírode. Skarabeus kotúľa guľku, pavúk má na zadočku upevnenú guľku s potomstvom, hmyz sa pohybuje pomocou pákových nôh, ale na kolese sa nepohybuje žiaden živočích. Koleso sa zrejme vyvinulo po náhodnom odstrihnutí kmeňa stromu, ktorý bol podložený pod ťažké prepravované bremeno. V súčasnosti sa používa v rozličných obmenách azda vo všetkých technických odvetviach v celom ľudskom vývoji. Na obr. 1.14 sú naznačené vývojové štádiá plného kolesa od jeho objavu.



*Obr. 1.14 Vývojové štádiá kolesa [7]*

Na obr. 1.15 je najstaršie zachované koleso na svete, ktoré bolo spolu s osou objavené v močariskách neďaleko slovinskej Lubľany. Skladalo sa z troch častí a bolo vytvorené v období medzi rokmi 3350 – 3100 pred n. l. Otvor v osi je pravouhlý. Koleso a os teda boli pevne spojené.

*Obr. 1.15 Fragment najstaršieho nájdeného dreveného kolesa*



Koleso sa stalo základným prvkom najmä dopravných zariadení. Na blízke vzdialenosti sa začali používať v oblasti rieky Indus a takmer súčasne u Sumerov a v Južnej Mezopotámii kolesové bojové vozy. Kolesá boli najprv plné kotúče. Takýto bojový voz je na obr. 1.16.



*Obr. 1.16 Hlinený model volského záprahu z 3. tisícročia pred n.l.[21]*

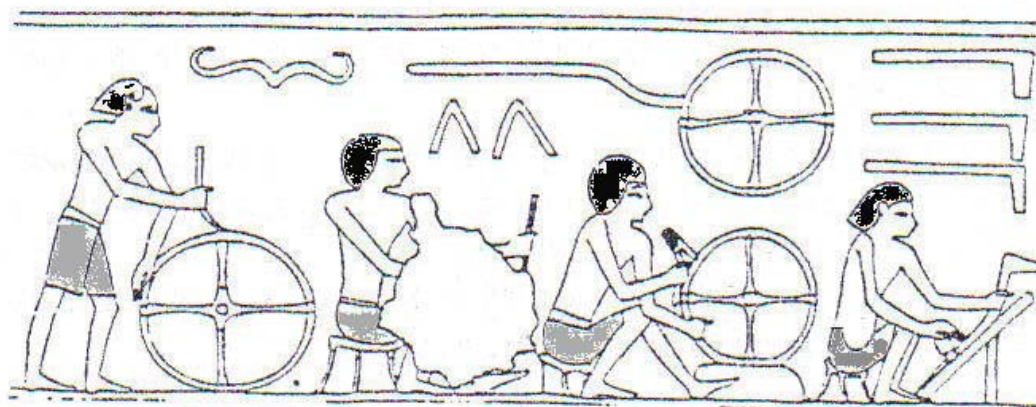
Bojovník stojí za ochranným štítom, ktorá má otvory na výhľad. Kolesový voz utiahne aj slabšie zviera, podmienkou víťazstva v boji bola rýchlosť. Bojovník sa približoval oblúkom bezprostredne k protivníkovi, snažil sa ho zasiahnuť kópiou a rýchle ujsť. Zo začiatku sa používali plné kolesá.

Okolo r. 2000 pred n. l. boli už rýchle nápravové bojové vozy vybavené špicovými kolesami, ktoré boli podstatne ľahšie a do istej miery aj pružné. Bronzové špice vychádzali hviezdicovite z hlavy kolesa a boli zovreté dreveným rahnom., ktoré bolo najprv vyrobené z jedného kusa dreva.. Neskôr boli skladané z viacerých separátnych oblúkov, spojených železnou obručou. Voz tak dosahoval vyššiu rýchlosť pri útoku aj úteku z bojiska. (obr. 1.17). Podobná konštrukcia je známa aj zo starého Egypta.

Na voze mohlo byť viac bojovníkov – lukostrelcov. Taktika boja spočívala v rýchlom útoku, priblížení sa k protivníkovi na dostrel luku a rýchlom návrate.



Obr. 1.17 Staroasýrsky bojový voz. Alabastrový reliéf v Aššurbanipalovom paláci v Ninive (okolo r.650 pred n. l.) [21]



Obr. 1.18 Egyptský reliéf z r. 1475 znázorňuje výrobu špicových kolies v Tébach [9]

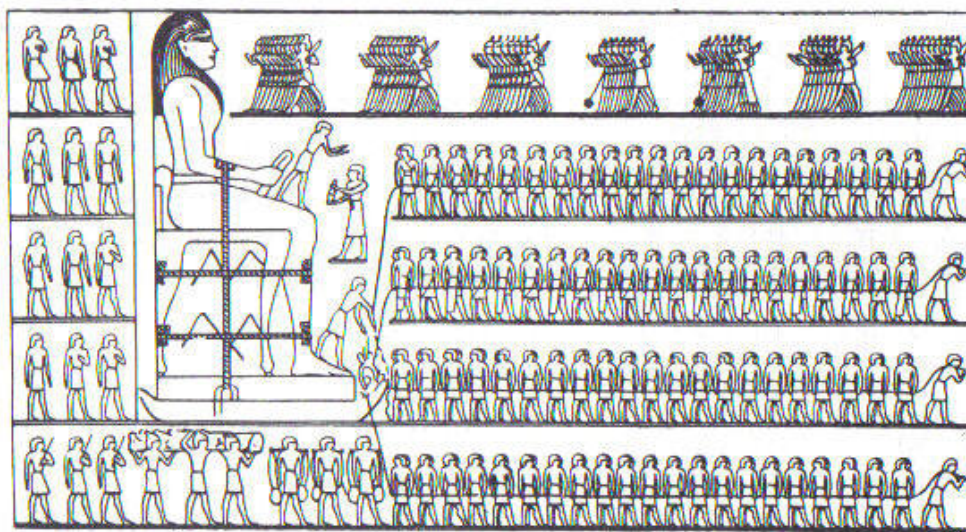
Okolo r. 1510 pred n. l. vstúpilo koleso do mechaniky. Dôležitou aplikáciou bolo použitie lana s kladkou. Za prvý stroj, poháňaný ľudskou silou možno na základe vykopávok považovať veľkorozmerné koleso, ktoré človek uvádzal do chodu šliapaním po vonkajšom okraji. Sila sa prenášala na lano. Kolesa tohto typu slúžili najmä na čerpanie vody zo studní (obr. 1.19).





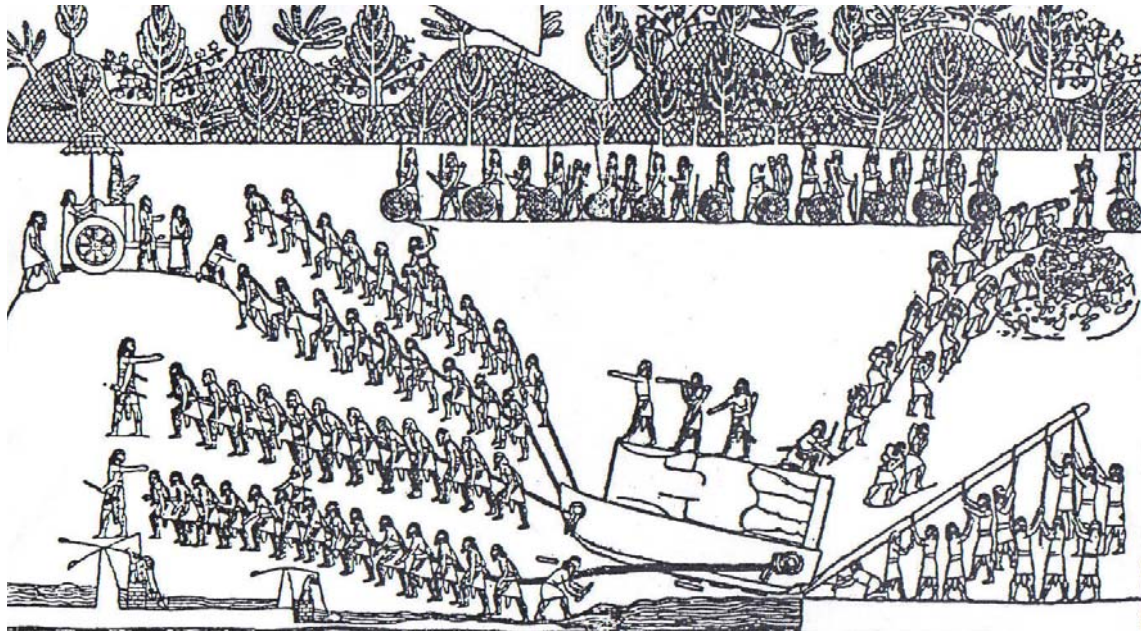
*Obr. 1.19 Rekonštrukcia starého šliapacieho kolesa z Mezopotámie. Po obvode sú kolíčky, po ktorých šliapal človek [21]*

Približne r. 1380 pred n. l. vo vápencovom lome v Minii v strednom Egypte sa odvaľovali a opracovávali ťažké bloky kameňa, vážiace až 1000 t., určené na zhotovenie monumentálnych sôch. Pri preprave si Egypťania pomáhali iba pákami, lanovými kladkami a naklonenými rovinami. Prvé monumentálne stavebné dielo dal postaviť r. 2650 pred n. l. faraón Džóser v Sakkáre. Jeho vzor nasledovalo mnoho ďalších faraónov.



*Obr. 1.20 Reliéf svedčiaci o masovom využívaní práce otrokov, 2000 pred n.l. [9]*

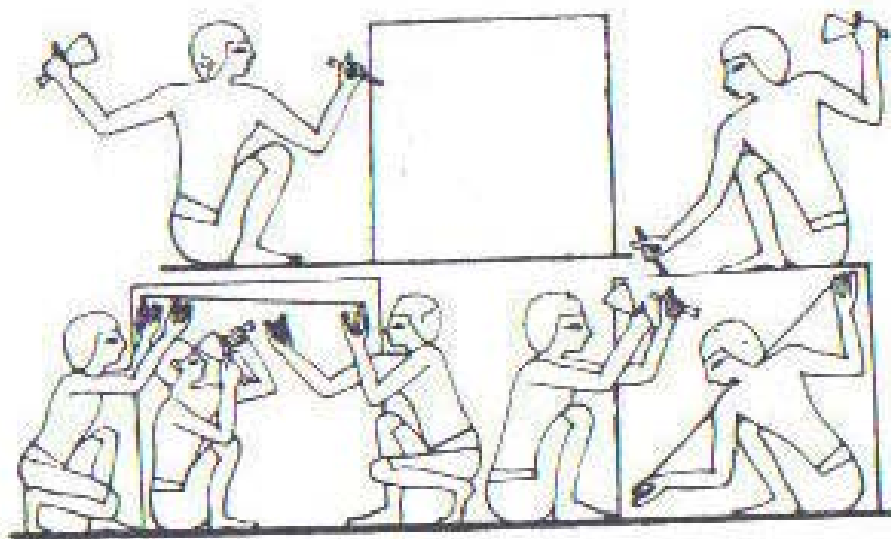
Ak táto jednoduchá technika predstavuje pre mnohých autorov záhady a vytvára domnienky o pomoci iných síl. Len na stavbu Chufevovej pyramídy, vysokej 146 m, bolo potrebné 6,5 milióna ton kameňa. Boli použité skalné bloky, z ktorých každý vážil 2,5 t. Boli tak presne pospájané, že medzi nimi bili pol mm medzery. Dobové reliéfy jasne dokumentujú podrobnosti vtedajšej techniky. Najprv boli na pieskový podklad pod kváder naskladané drevené podložky. Vpredu pomocou lán ťahalo množstvo ľudí a vzadu ďalší pomocou páky posúvali náklad malými krokmi mnoho kilometrov. Takto zvládnutej technike vďačíme za obdivuhodné monumenty z pred nášho letopočtu.



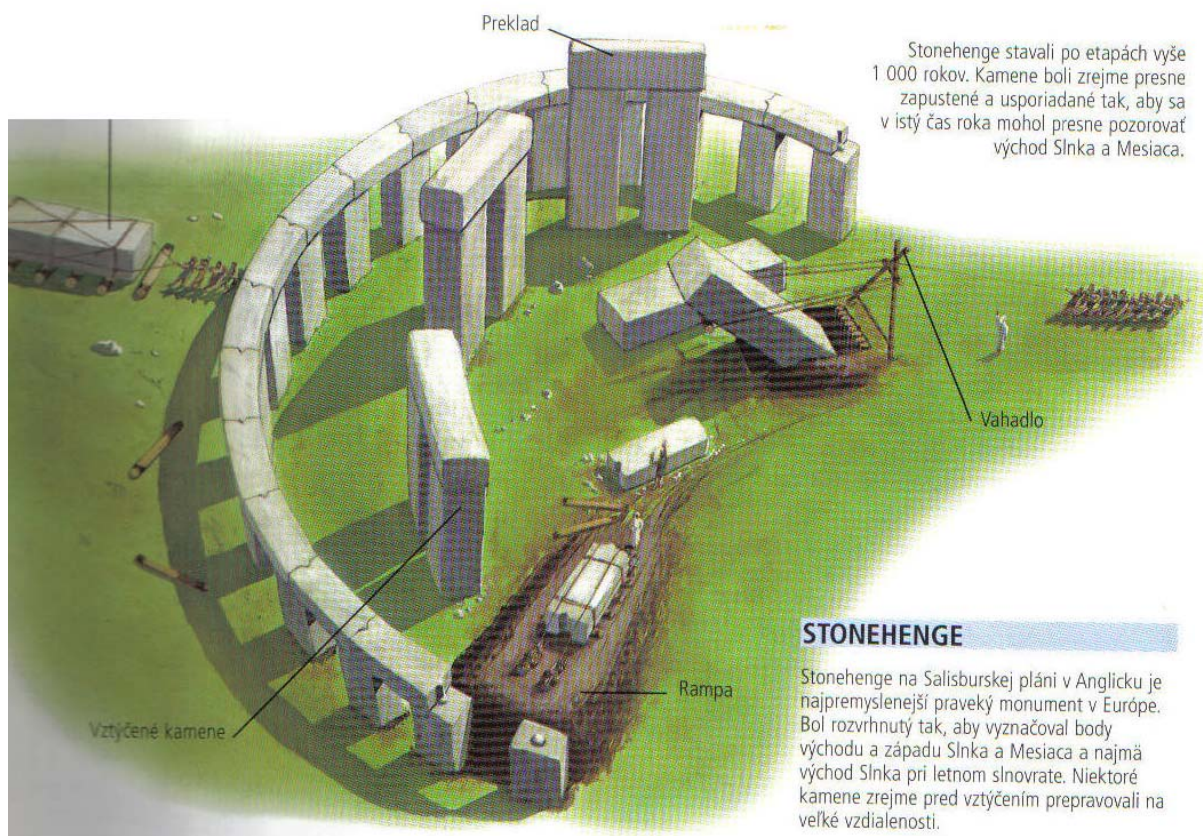
*Obr. 1.21 Reliéf z prepravy kamenného pomníka okolo r. 660 pred n. l.*



*Obr. 1.22 Rekonštrukcia vlečenia kvádrov*



Obr. 1. 23 Otesávanie kameňa. Reliéf z hrobky z Téb, Egypt, 1450 pred n. l. [9]



Obr. 1.24 Predstava o pôvodnej stavbe Stonehenge



*Obr. 1.25 Autor pri súčasných ruinách Stonehenge*



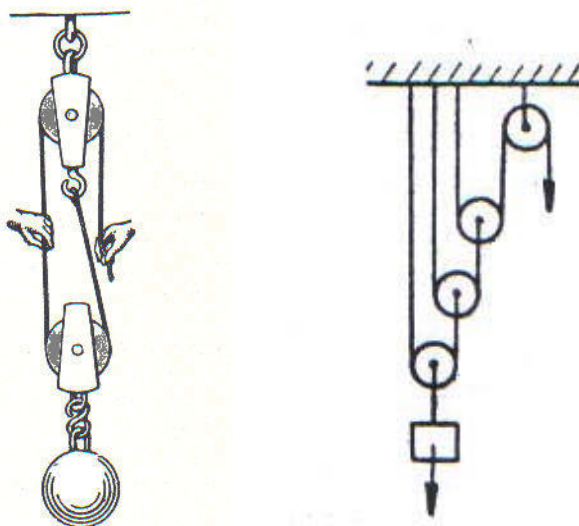
*Obr. 1.26 Obrovská socha na Veľkonočnom ostrove*

Novší výskum pyramíd spochybňuje prácnu dopravu niekoľko ton ťažkých na mnoho desiatok kilometrov. Veľká pyramída v Gize má rozmery pôdorysu 232 x 232 m a výšku 146 m. Najbližší kameňolom bol v Asuáne, odkiaľ bolo potrebné dopraviť po Níle 7 miliónov ton kameňa v počte 2 300 000 kvádrov a postaviť ich neuveriteľne presne do sústavy chodieb a komôr. Profesor chémie a riaditeľ archeologického výskumu v Miami prišiel s teóriou o umelom pôvode pyramíd, ktorá sa objavuje stále s vyššou frekvenciou. Podľa tejto teórie bol použitý natron, ktorý zmiešaný s hlinou a kremičitanmi a nílskym bahnom, ktoré obsahuje hliník, arzén a piesok stuhne na hmotu, podobnú cementu. Tento má rovnaké zloženie ako prírodný kameň. Rozborom sa zistilo, že hustota v kocke kameňa je vyššia v spodnej časti ako na povrchu, čo svedčí sedimentácii látok ku dnu pri tuhnutí. V jednom bloku kameňa sa našiel ľudský vlas. Blízke obdobie ukáže pravdu, možno sa však domnievať, že časť pyramíd bola stavaná klasicky v dobe, keď sa minuli materiály na vytvorenie „kamenného cementu“. Je známe, že Egypťskí stavitelia používali na určenie zvislice *olovnicu* (kameň, upevnený na povraze) a na stanovenie vodorovnej polohy *krokvicu* (obr. 1.27); (olovnica na pravouhlom trojuholníku).



Obr. 1.27 Prístroj na kontrolu vodorovnej polohy kvádrov pri stavbe pyramíd (krokvica)

Okolo r. 700 pred n. l. grécki mechanici objavili techniku znásobenia sily kladkostrojom (obr. 1.28).



Obr. 1.28 Kladkostroj z r. 700 pred n. l. a jeho obdoba, vymyslená Archimedom r. 210 pred n. l.

Na obr. 1.29 je grécky ľahký otvorený bojový voz z r. 500 pred .l., teda z podstatne neskoršieho obdobia

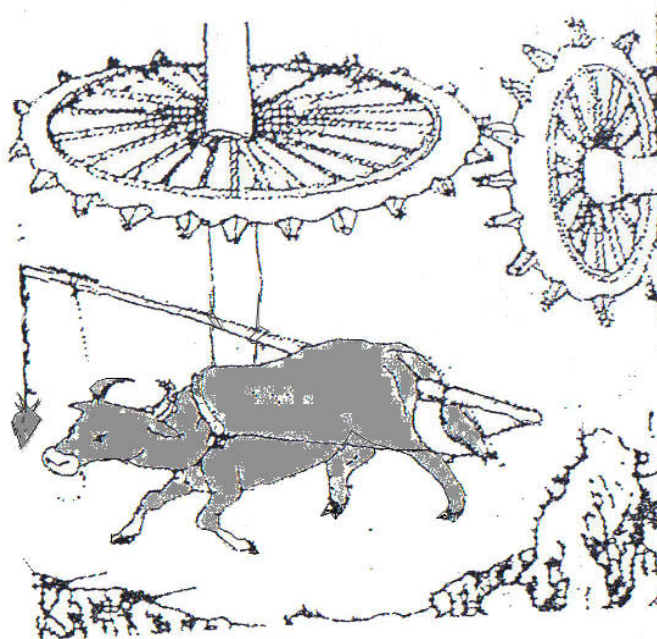


Obr. 1.29 Ľahký bojový voz z Grécka. Malba na váze z r. 500 pred n. l. [9] a jeho filmová rekonštrukcia

Vývoj pohonov významne ovplyvnil vynález ozubeného kolesa v 5. storočí pred n. l. Na pohon hnacieho kolesa sa zatiaľ používala ľudská sila.

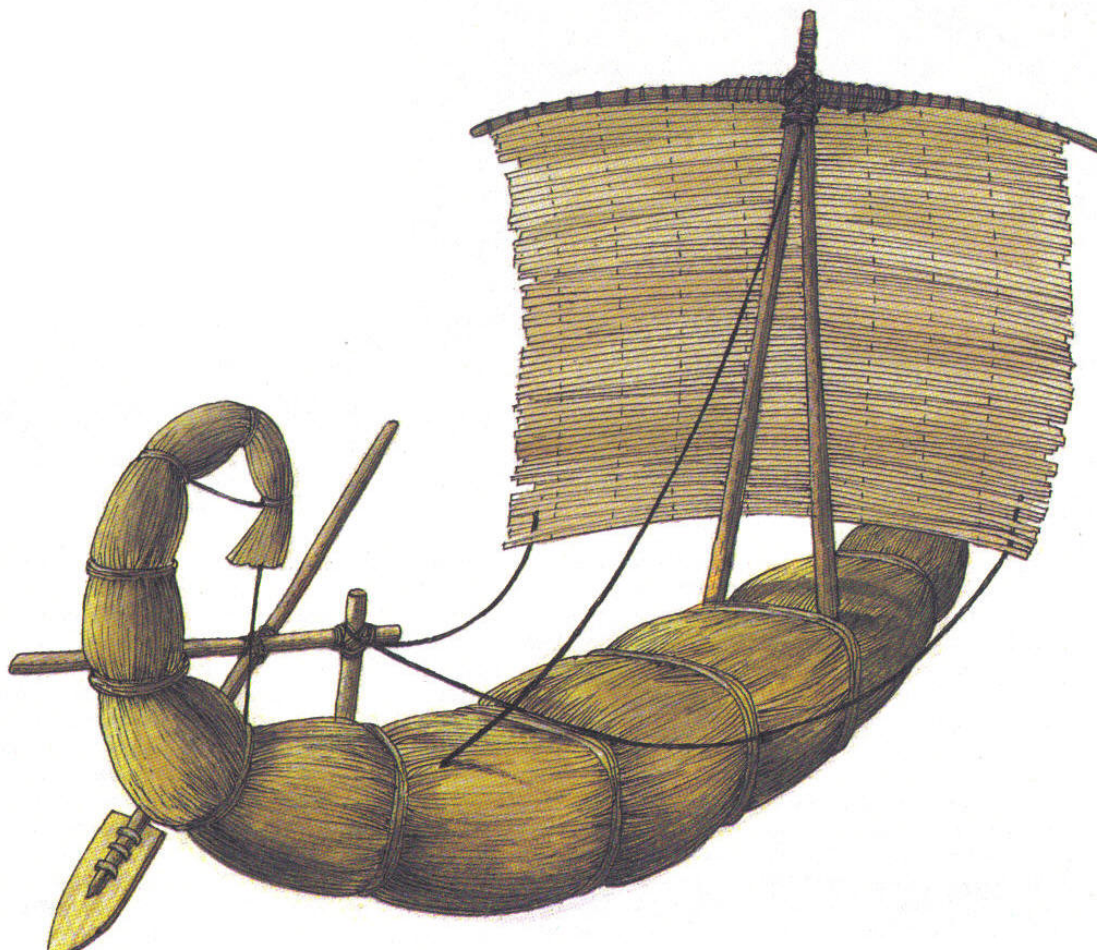
R. 428-347 pred n. l. vymyslel ACHITAS z Tarentu skrutku, ktorá sa neskôr stala základným spojovacím prvkom rozličných strojov a zariadení.

V 2. storočí pred n. l. dochádza v Číne k významnému zdokonaleniu konského záprahu. Sila sa prenáša z hrude zvierat'a, čo umožňuje jej lepšie využitie. Do Európy sa tieto zdokonalenia dostali až v ďalšom storočí. Čerpacie kolesá už nepoháňala ľudská sila, ale aj sila zvierat, zapriahnutých do primitívnych gápl'ov. Kruhový pohyb sa prenášal do iného smeru ozubeným prevodom (obr. 1.30).



Obr. 1.30 Gápel' s ozubeným prevodom a zvieracím pohonom [21]

Prvým medzníkom vo využití prírodnej sily (vetra) je doprava po riekach (a zrejme aj námorná) v Mezopotámii. V 5. tisícročí pred n. l. sa stavajú prvé plachetnice. Sú zatiaľ plné, teleso lode aj plachta je z papyrusu.



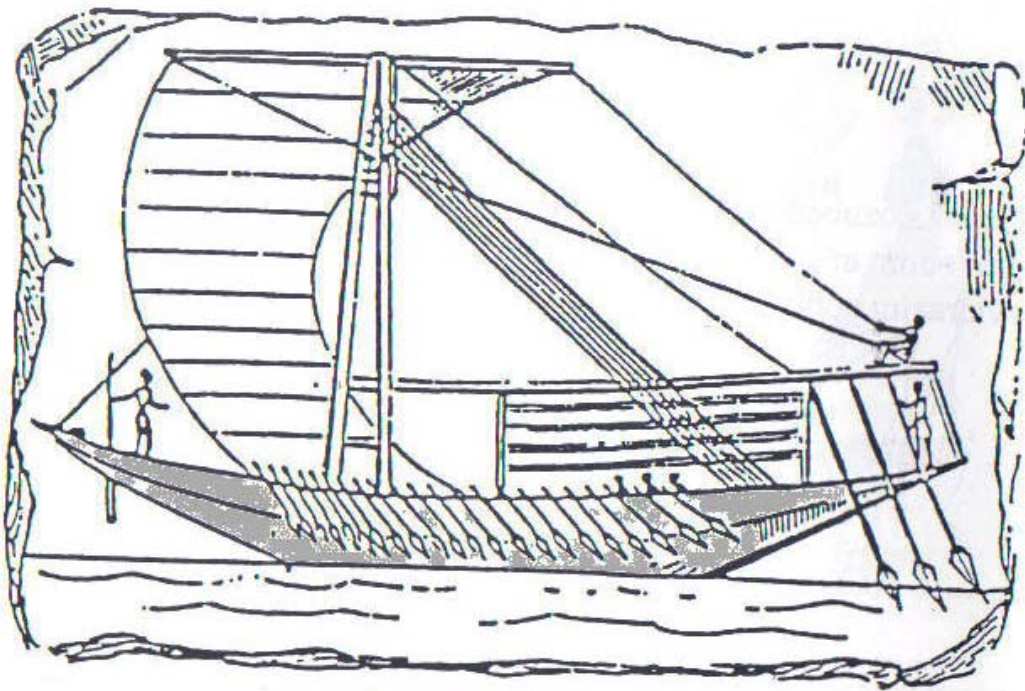
*Obr. 1.31 Papyrusová plachetnica na Níle [7]*

Na dopravu väčších nákladov sa používali na Níle lode s kombinovaným pohonom vietor – ľudská sila.

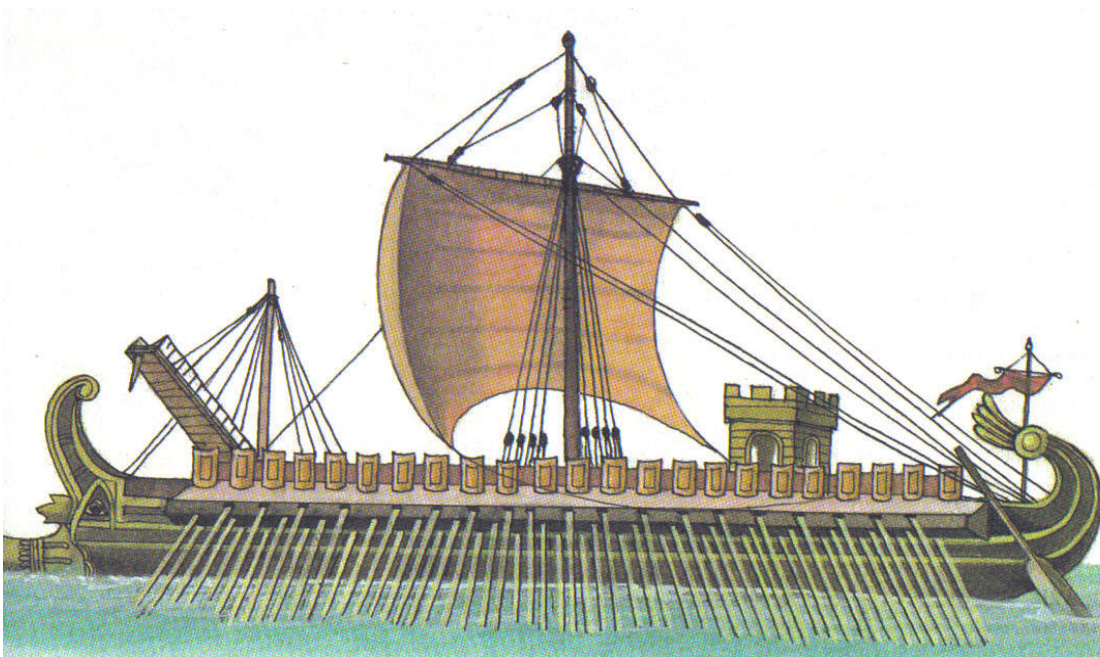
Mnohí panovníci využívali prácu iných ľudí (otrokov). Jednu rímsku galéru poháňali otroci pomocou až 50 vesiel (obr. 1.32). Takýto spôsob využívania ľudskej sily zanikol až po zdokonalení oplachtenia v 19. storočí..

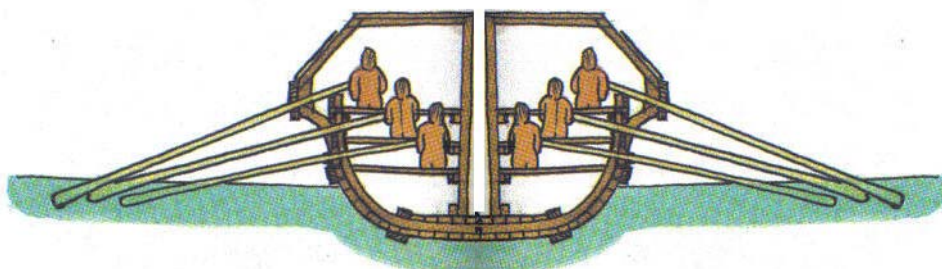
Na obr. 1.33 je podobná galéra z Rímskej ríše





Obr. 1.32 Africká loď na Níle s veslami a plachtou (kresba podľa nástenného reliéfu) [21]





*Obr. 1.33 Rímska bojová loď a pohľad do jej podpalubia [21]*

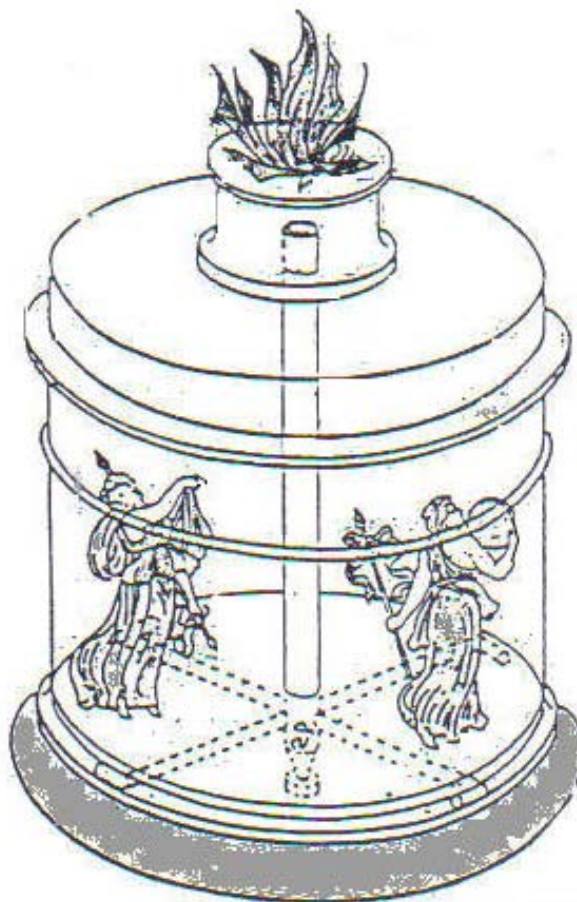


*Obr. 1.34 Egypťská loď, model z r. 2000-1800 pred n. l. Z hrobky v Beni Hasan [9]*

## 1.2 NOVÝ LETOPOČET

V 1. storočí nášho letopočtu sa konštruujú žeriavy s kladkostrojom, poháňanom šliapacími kolesami.

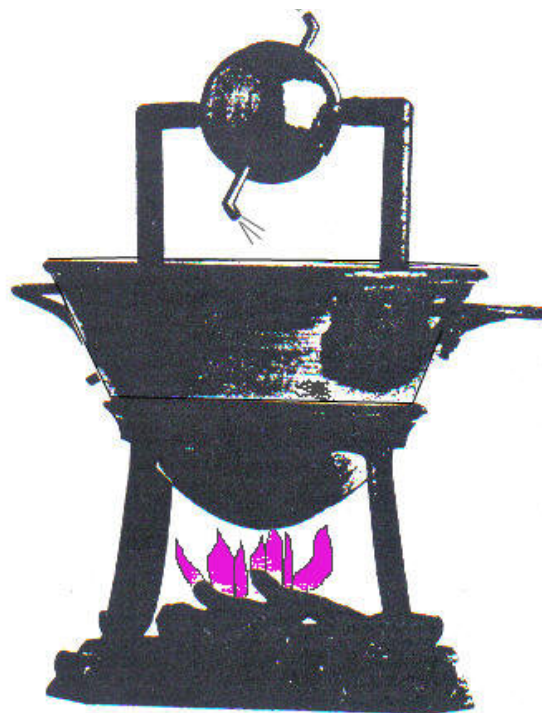
Najvýznamnejším technikom – vynálezcom v tom čase bol HERÓN z Alexandrie. Prišiel na princíp vzduchovej turbíny (*aerolipia*), založenej na reaktívnom pohone. Tiež vynášiel princíp veterného kolesa. V tom čase sa tieto vynálezy považovali za hračky. Po zapálení ohňa na vrchnáku uzatvorenej nádoby začína ohriaty vzduch prúdiť rúrkou do dýz. Prúdenie vzduchu vedie k reaktívnemu otáčaniu vnútorného dna nádoby s figúrkami (obr. 1.35).



Obr. 1.35 Herónov reaktívny turbínový kríž [21]

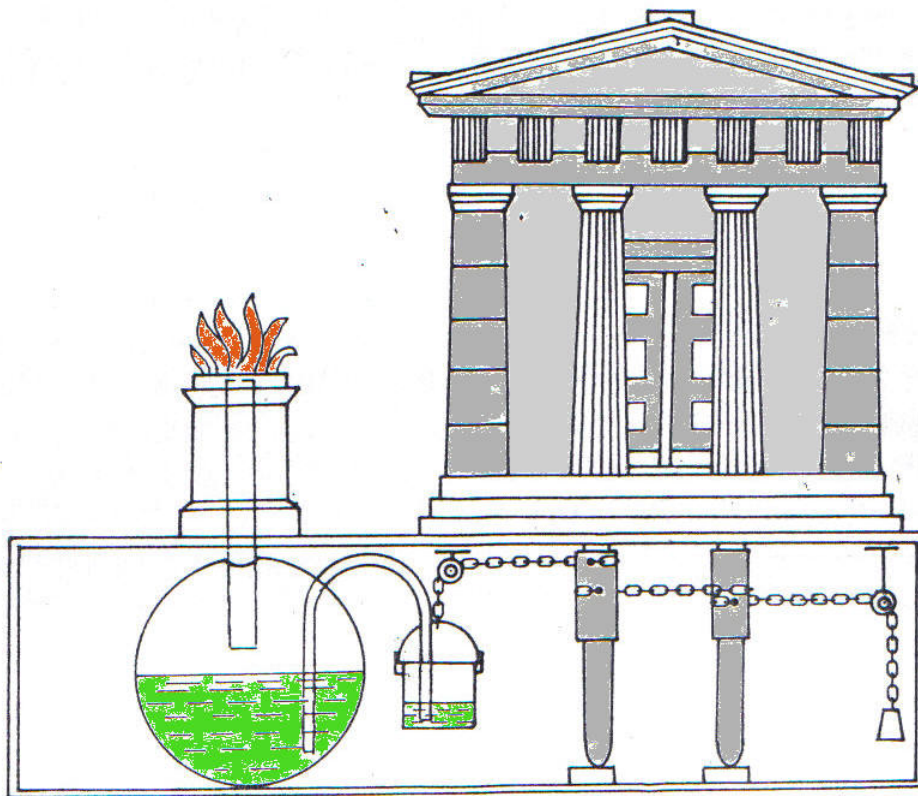
Podstata Herónovej parnej gule (obr. 1.36) spočíva v tom, že para z vriacej vody sa tlačila cez zalomené rúrky na guľu. Guľa sa tak otáčala reaktívnou silou, čiže bola to prvá reaktívna turbína. Zariadenie však nebolo dosť silné na to, aby vykonávalo užitočnú prácu.

Obr. 1.36 Model Herónovej parnej gule (Science Museum Londýn – foto autor)



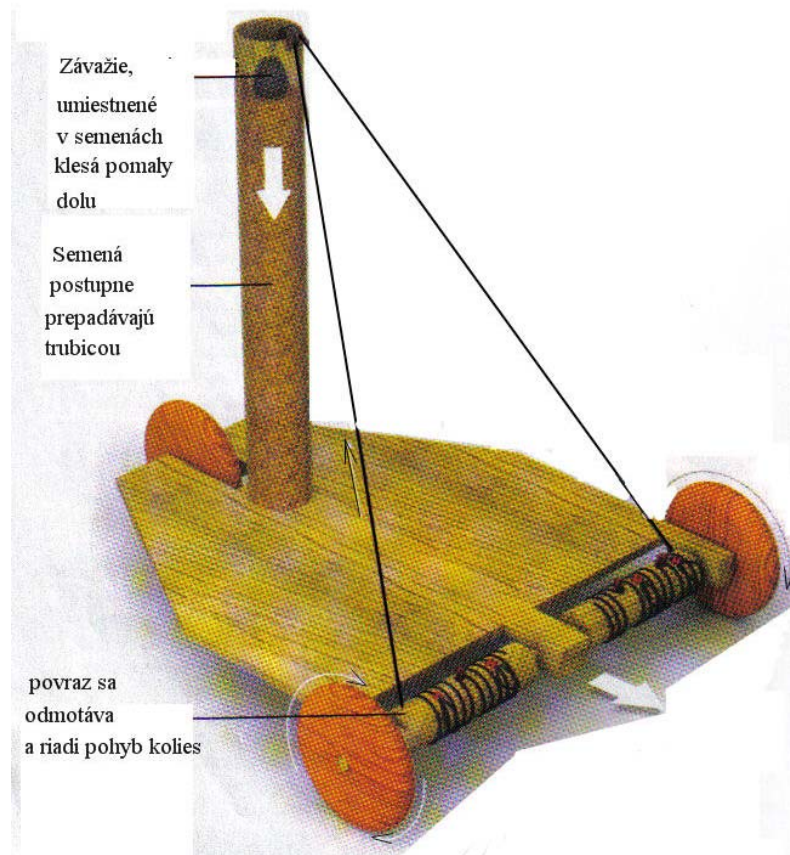
Je známy Herónov automatický otvárač dverí chrámu (obr. 1.37). Po zapálení obetného ohňa sa ohreje vzduch v uzatvorenej nádobe pod ohniskom, ktorá bola nad úrovňou terénu. Z nej do priestoru pod zemou viedla rúrka do guľovej banky s vodou. Ohriaty vzduch vytláča rúrkou vodu do vedra, ktoré vplyvom hmotnosti vody klesá nadol a pomocou lanového prevodu otáča nosníkmi dverí. Dvere sa otvárajú. Po vyhasnutí ohňa nastáva opačný mechanizmus a závažie vráti dvere do pôvodnej polohy.

HERÓN sa zaoberal vývojom prvého programovateľného dopravného prostriedku (obr. 1.38). Zdrojom energie je klesajúce závažie, spomalené zrnom, nasýpaným v trubici. Na osiach sú umiestnené čapy o ktoré sú striedavo omotané povrazy. Podľa programu, ktorá spočíva v premyslenom navinutí povrazov na čapíky sa predné kolesá pohybujú vpred a vzad a tým riadia chod vozíka. Vozík sa teda pohybuje vpred, vzad a na strany.



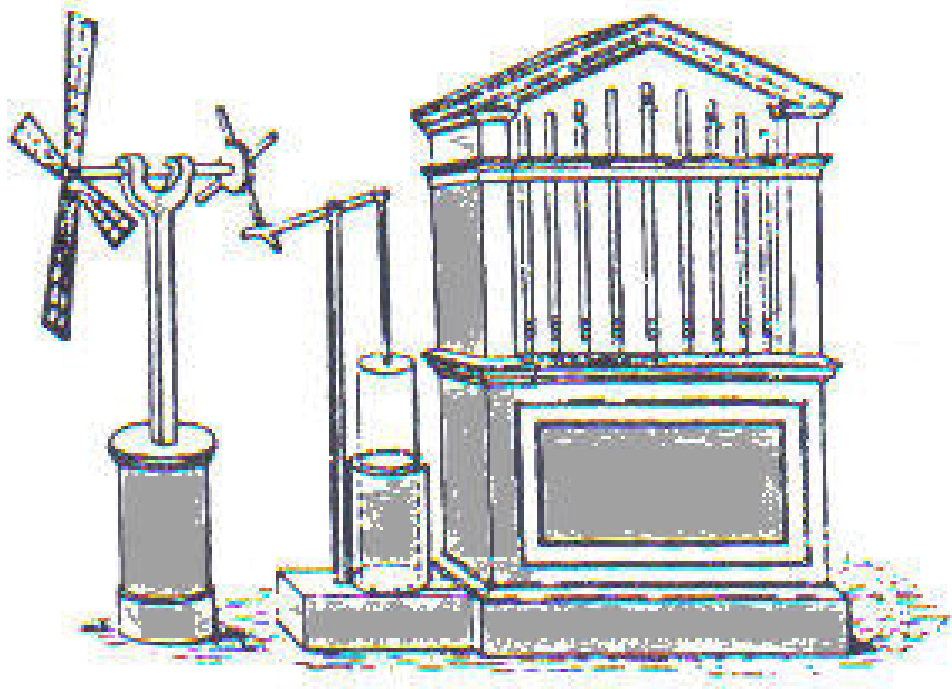
Obr. 1.37 Herónov automatický otvárač dverí chrámu (110 n.l.) [21]

Obr. 1. 38  
HERÓNOV  
mechanický  
programovateľný  
vozík



Asi v r. 250 grécky mechanik KTESIBIOS z Alexandrie začal pracovať na probléme využitia sily vody a vzduchu. Využil ich v mnohých mechanických aplikáciách. Vynašiel hustilku na stlačený vzduch, požiarnu striekačku, vodný orgán, pneumatický luk a rozličné mechanizmy s ozubeným hrebeňom. Okrem toho vylepšil vodné hodiny (*klepsydra* z r. 422 pred n. l.), takže sa z nich stalo presné zariadenie na meranie času po celý rok.

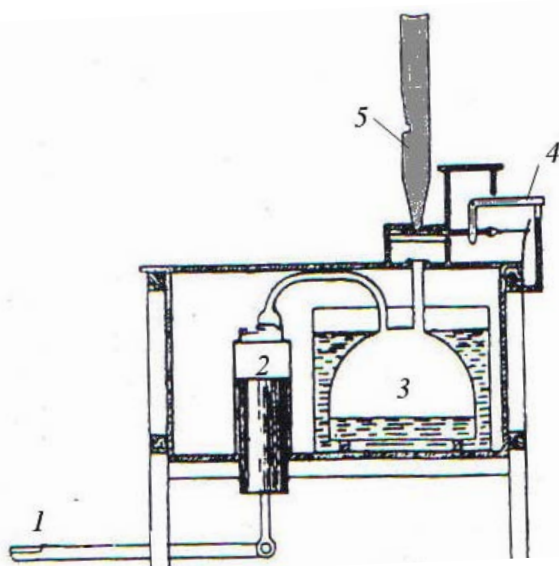
Vietor využil na zostrojenie veterného orgánu. (obr. 1.39). Vietor otáča vrtuľu, ktorá cez kľuku pumpuje piestom vo valci vzduch do orgánu. Zariadenie pochopiteľne fungovalo len keď fúkal vietor.



Obr. 1.39 Veterný orgán

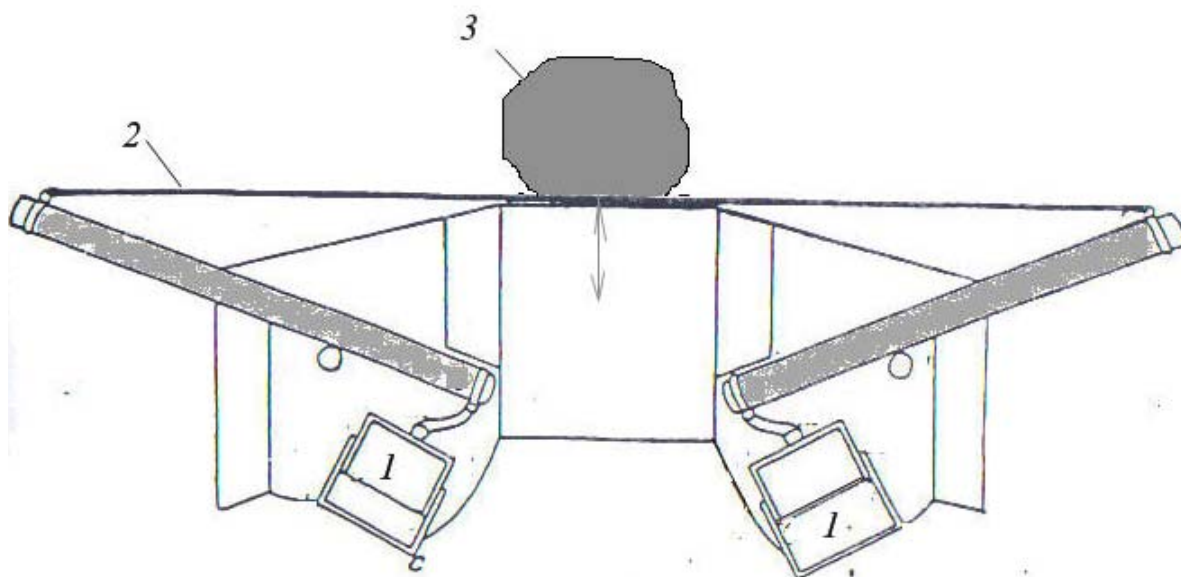
Na podobnom princípe skonštruoval vodný orgán a pneumatický luk.

Vodný orgán pracuje nasledovne (obr. 1.40). Nožnou pákou *1* sa pumpuje vzduch piestom vo valci do priestoru *2* a *3*, nad hladinu vody v uzatvorenej nádobe. Tlakom vzduchu hladina vody stúpa a stláča vzduch nad hladinou. Tým sa udržuje tlak vzduchu v priestore *3*. Organista stláčaním kláves *5* púšťa vzduch do píšťal *6* a vyvodzuje zvuk.



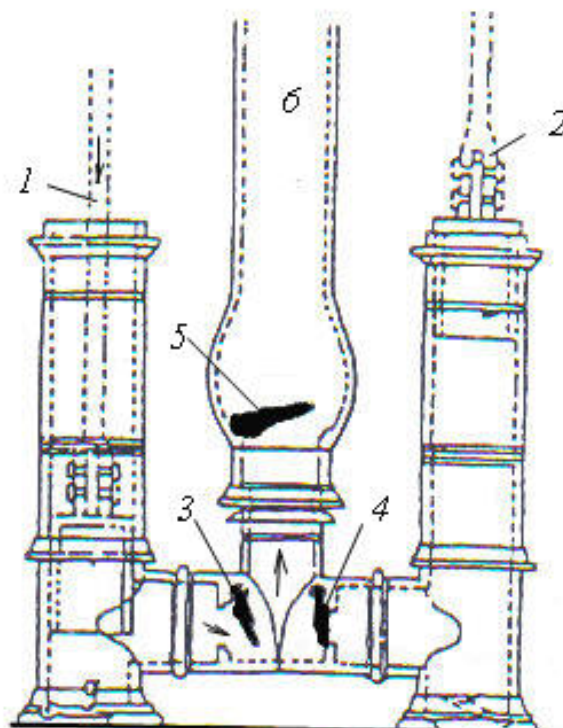
Obr. 1.40 Vodný orgán [21]

Princíp pneumatického luku (obr. 1.41) je založený na stlačovaní vzduchu vo valcoch po napnutí tetivy. Po jej uvoľnení je kameň vymrštený do priestoru.



Obr. 1.41 Pneumatický luk 1-pneumatické valce, 2-tetiva, 3-kameň [21]

Princíp hasiacej striekačky (obr. 1.42) sa zachoval do súčasnosti. Dva piesty 1 a 2 vo valcoch striedavo tlačia vodu do vertikálnej rúrky ktorá pokračuje hadicou 6. Po vyrovnaní rázov v dlhej hadici z dýzy prúdi rovnomerný prúd vody.

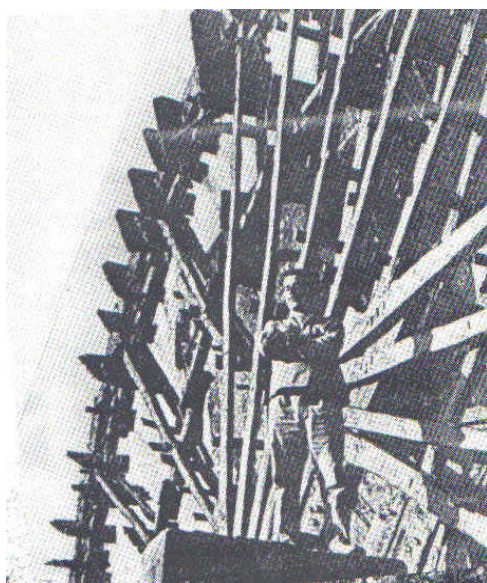
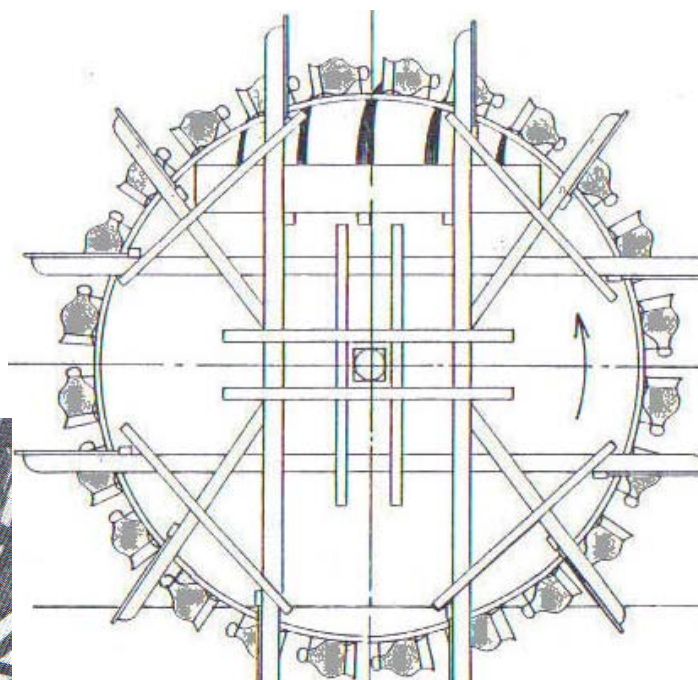


Obr. 1.42 KTESIBIOVA hasičská striekačka. 1, 2 – piesty, 3, 4, 5 – ventily, 6 – hadica [21]

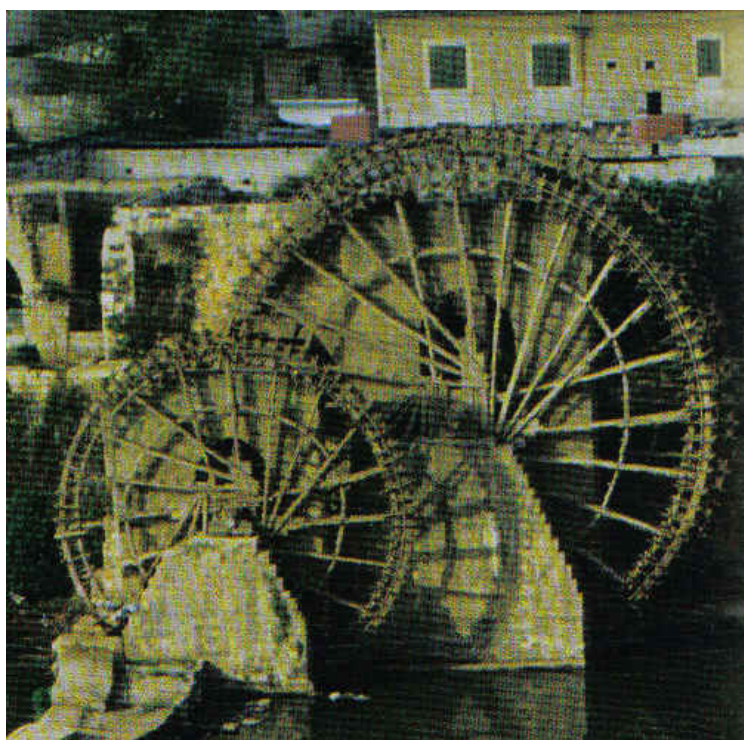
Už asi 3000 rokov známy hrnčiarsky kruh zaznamenal v Grécku a Egypte pozoruhodné technické vylepšenie. Pôvodne ho hrnčiar poháňal rukou, alebo postrkoval nohou. Teraz ho pohyboval šliapací mechanizmus.

V Rímskej ríši sa v niektorých remeslách presadilo využívanie vodnej energie. Vodná energia nahradila dovtedy využívanú silu svalov. Teraz sa však stavali veľkorozmerné vodné kolesá, poháňané spodnou vodou. Dosahovali priemer až 30 m. Často boli napojené na *akvadukty*. Princíp prečerpávania vody veľkým kolesom je na obr. 1.43.

*Obr. 1.43 Koleso na spodnú vodu s nádobami na prečerpávanie vody z hladiny.*



*Obr. 1.44 Vodné koleso v meste Hama na rieke Orontos (Sýria). Porovnanie s ľudskou postavou a ďalšia súprava zavlažovacích vodných kolies zo Sýrie, dnes už slúžia ako atrakcia (dole)*



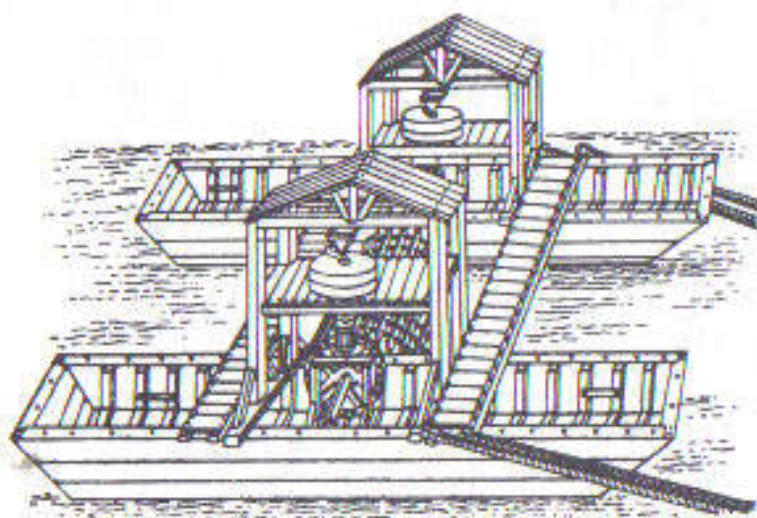




*Obr. 1.45 Stará noria na ostrove Malorca v Stredozemnom mori. Gepel' bol poháňaný somárom. Fungoval ako čerpadlo na vodu ešte od Rímskych čias [21]*

R. 390 sa rímsky spisovateľ D.M.AUGONIUS zmieňuje o vodných mlynoch na rieke Rur v terajšom Belgicku, ktoré slúžili ako hnacie agregáty pri pílení kameňa. Ako listy píly slúžili tenké drevené laty, ktoré sa pomocou excentra pohybovali pozdĺžne sem a tam. Na ich čelnej strane boli osadené hroty z kremenného piesku. Tak vznikla brúsna hrana.

Mlyny na vodný pohon boli stabilné, alebo umiestnené na lodiach.



*Obr. 1.46 Mlyn na riečnej lodi lodi. Afred Verantius: Machinae novae, 370 n.l. [9]*

V 3. storočí sa zdokonaľuje postroj konských pohonov. Po niekoľkých storočiach získal dnešnú podobu. Podľa skúšok kôň, zapriahnutý do chomúta utiahne až päťkrát väčší náklad, ako pri starovekom zapriahaní do jarma. Rímsky cisár Teodosius I. zaviedol v Európe používanie jazdeckého sedla. V Ázii bolo sedlo známe už skôr.

R. 370 v neskorom Ríme projektovali vojnovú loď, poháňanú kolesami, ktoré mal do pohybu pomocou súkolesia uvádzať záprah dobytčiat. Návrh sa zrejme neuskutočnil.

Z r. 400 sa nachádzajú texty v ktorých sa píše o lietajúcich strojach poháňaných ortuťovými turbínami. Podobné texty sa našli aj v Číne.

R. 430 ZOZIMOS z Panapolisu sa zaviedol termín „chémia“.

V 6. storočí sa zdokonalili vodné hodiny. Boli vybavené nielen prevodmi, ale aj mechanizmom, ktorý uviedol každú hodinu do pohybu rozličné figúrky. Tak vznikli vodné orloje.

Nastáva dlhé obdobie, ktoré v mnohých oblastiach znamená stagnáciu techniky. Frekvencia technických riešení klesá a ľudstvo sa skôr venuje humanitným vedám. Presadzovala sa scholastika a nie technické a prírodovedné myslenie. Túto letargiu pretrhol až LEONARDO DA VINCI.

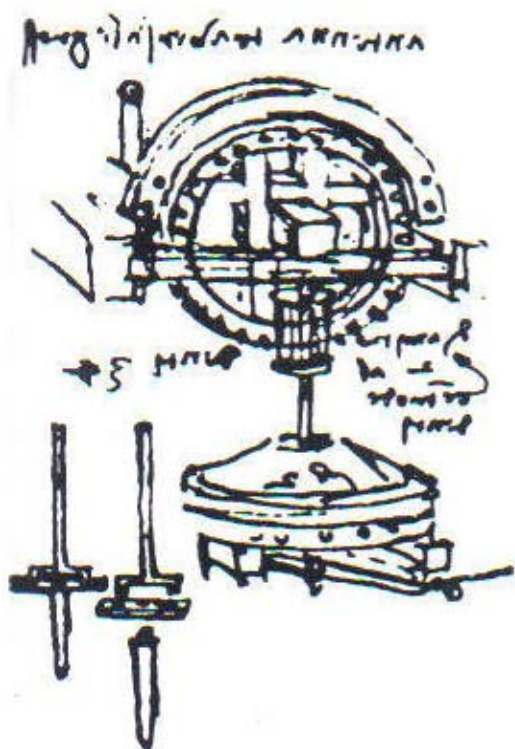
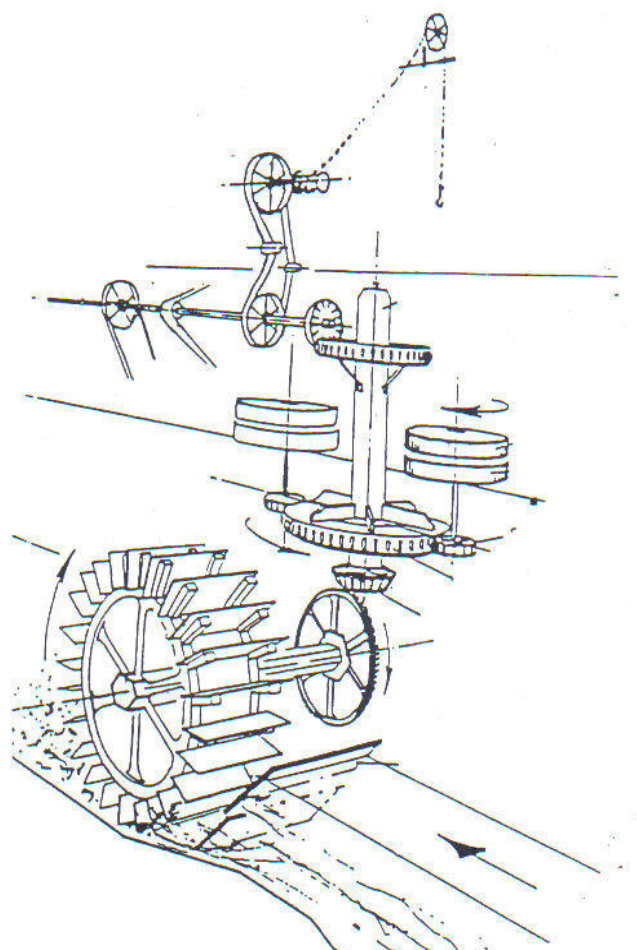
Od 10. storočia sa v pohonných strojach začína používať zotrvačník, ktorý vyrovnáva dynamiku pohonu.

Okolo r. 900 v Číne v okolí Pekingu a v Perzii poháňajú mlyny prvé veterné kolesá.

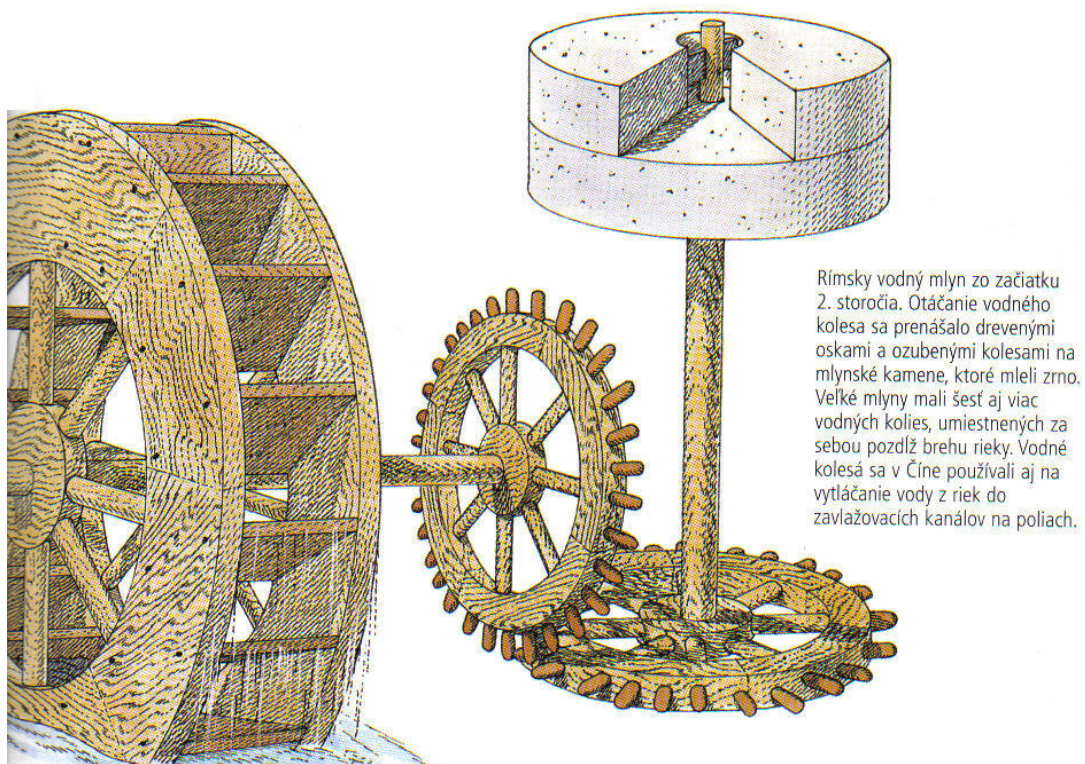
Myšlienka stavať mlyny, poháňané vetrom vznikla vlastne z princípu listovania budhistických modlitebných mlynčekov. Tie mali na počiatku podobu malých bubnov a uvádzali sa do kruhového pohybu prehadzovaním, alebo krútením rukami, aby sa modlitebné texty z ich vnútra odvíjali k nebu. Pretože ich chceli udržať v kruhovom pohybe, začali sa na ne čoskoro pripevňovať malé veterné kolesá – veterníky. Pravdepodobne tieto skúsenosti viedli v Číne ku stavbe veľkých veterných mlynov. Z Číny sa rýchle rozšírili do Perzie. Veterné kolesá mali zvislú os a na jej konci bolo 12 prestaviteľných plachiet, ktorých plocha sa dala meniť podľa sily vetra. Os bola priamo spojená s horným mlynským kameňom. Do Európy sa dostali v 10 – 13. storočí.

Pre zaujímavosť znázorníme prevodový mechanizmus vodného mlyna z mesta Christchurch (Anglicko), postavenom r. 1100.

Obr. 1.47 Mechanizmus  
mlyna na pohon spodnou  
vodou (r. 1100 Anglicko)



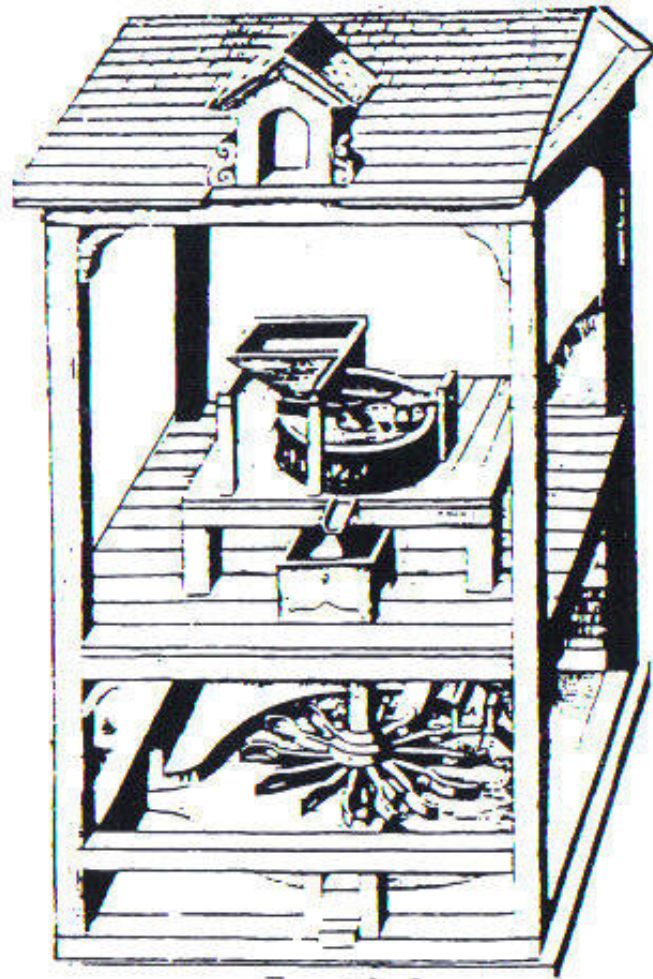
Obr. 1. 48 Originálna kresba LEONARDA  
DA VINCI - prevodový systém mlynského  
kolesa s pásovou brzdou [21]



Rímsky vodný mlyn zo začiatku 2. storočia. Otáčanie vodného kolesa sa prenášalo drevenými oskami a ozubenými kolesami na mlynské kamene, ktoré mleli zrno. Veľké mlyny mali šesť aj viac vodných kolies, umiestnených za sebou pozdĺž brehu rieky. Vodné kolesá sa v Číne používali aj na vytlačenie vody z riek do zavlažovacích kanálov na poliach.

*Obr. 1. 49 Rímsky vodný mlyn z 2. storočia [27]*

V prvej fáze využívania vodnej sily sa všeobecne aplikovali kolesá na spodnú vodu. Neobvyklým riešením boli horizontálne vodné kolesá, grécke, alebo nórske. Používali sa na mletie obilia. Zrno sa sypalo do lievikovitého zásobníka a padalo medzi mlynské kamene. Horný kameň otáčalo vodné koleso, umiestnené v dolnej časti mlyna. Aby takéto koleso malo potrebný výkon, musela ho poháňať rýchlo tečúca voda (obr. 1.50).



Obr. 1.50 Mlyn  
s horizontálnym vodným  
kolesom

V 12–13. storočí sa popri vodných kolesách a veterných mlynoch na pohon používali aj veľmi zdokonalené geple. S novodobým konským záprahom dosahovali oveľa väčšiu výkonnosť. Vodná energia sa používala v priemysle až do objavu parného stroja.

Anglický vedec a františkánsky mních R. BACON (1214-1294) predpovedal konštrukcie lodí a vozov s vlastným pohonom, lietadlá, ponorky a iné dopravné prostriedky.

V ranom stredoveku sa stavali vodné kolesá na spodnú vodu. Od 14. storočia sa objavujú konštrukcie tzv. korčekov, vodných kolies na vrchnú vodu, ktoré majú dvojnásobný výkon. Využívajú súčasne kinetickú energiu a hmotnosť vody v korýtkach.

R. 1320 skonštruovali v Ausburgu mechanický mangel na konský pohon, ktorá bol určený na verejné používanie.

R. 1350 sa na pohon sústruhu okrem šliapadla začala používať vodná sila.

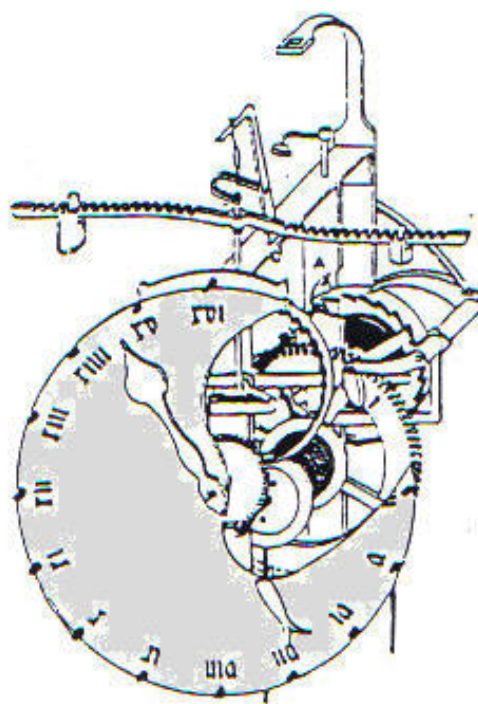
R. 1450 sa objavuje pohon hodín pomocou pera (obr. 1.52). Niekedy sa tento vynález pripisuje HEINLEINOVÍ (1480-1542). Je to pravdepodobné, pretože v tom období sa používali mechanické hodiny, poháňané závažím, upevnenom na povraze, natočenom

na valci (obr. 1.51)

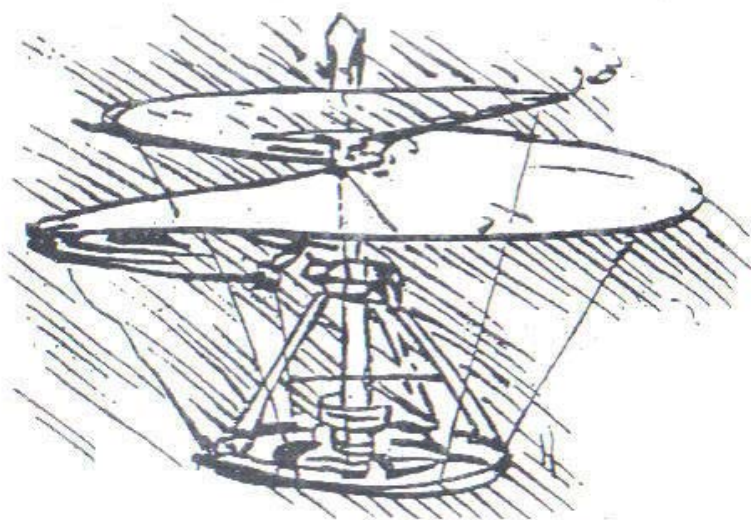
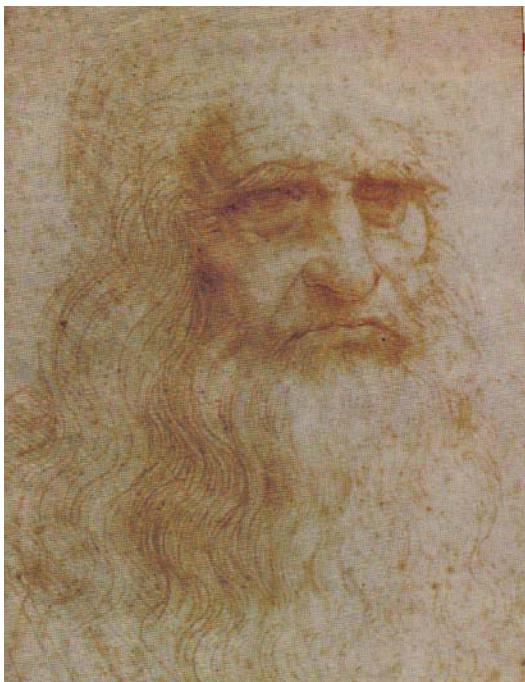


*Obr. 1.51 Autorova fotografia prvých vežových hodín v Anglicku z r. 1386 (katedrála v Salisbury)*

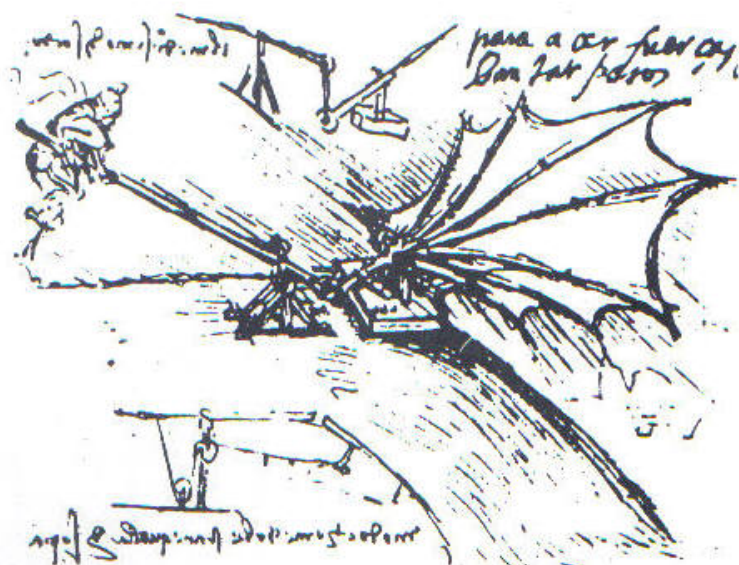
*Obr. 1.52 Princíp prvých mechanických hodín*



Po r. 1450 LEONARDO DA VINCI (1452-1519), rieši veľmi originálnym spôsobom rozličné technické úlohy. Medzi nimi aj rad pohonov. Vynašiel okrem iného kuželové skrutky, valčekové ložiská, článkové reťaze, lanový a remeňový prevod, univerzálne kĺby. Napr. jeho vzdušnú vrtuľu možno považovať za predchodcu helikoptéry, aj keď v tejto podobe ešte nevyhovovala aerodynamickým požiadavkám (obr. 1.53). Zaoberal sa možnosťou lietania vlastnou silou (obr. 1.54)

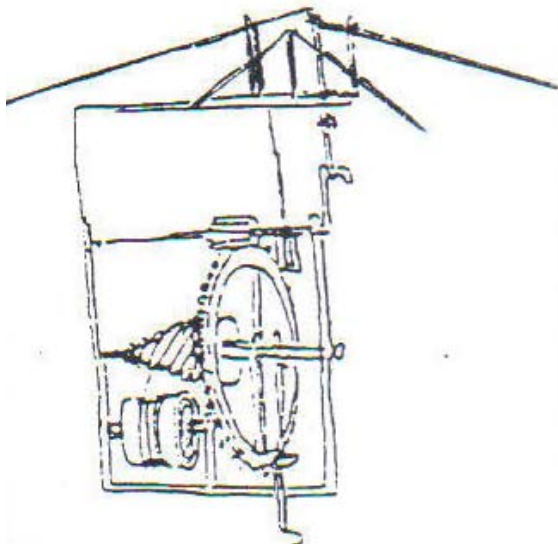


Obr. 1.52 LEONARDO DA VINCI (1452-1519). Autoportrét a jeho kresba vzdušnej vrtule [18]



Obr. 1.54 Náčrt, znázorňujúci krídlo vtáka a porovnateľnú silu ľudských svalov (Dôkaz nemožnosti človeka lietat vlastnou silou) [21]

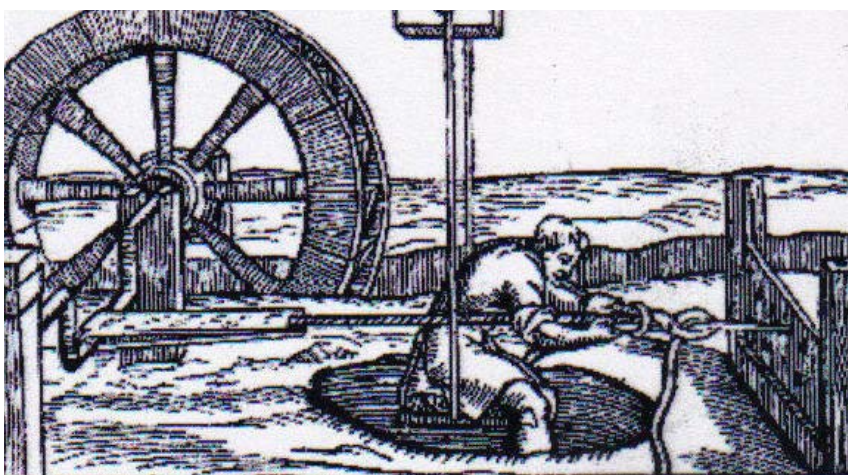
LEONARDO vylepšil aj mechanizmus hodín, poháňaných závažím. Pretože predlžovaním lana sa mení hmotnosť závažia, teda aj sila, pôsobiaca po obvodu valca, upravil konštrukciu tak, že lano prechádza ešte cez kužel, čím sa znižuje polomer a zaťažujúca sila zostáva konštantná (obr. 1.55).



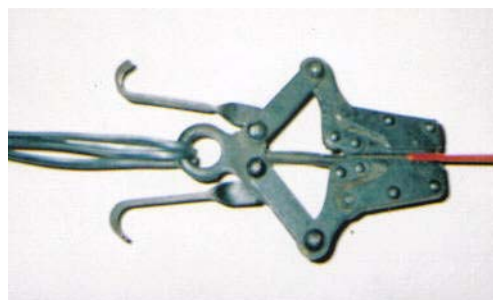
*Obr. 1.55 Leonardova úprava mechanických hodín. Originálna kresba - 1470*

Vodná energia sa využívala frekventovane na pohon rozličných technologických zariadení.

Príkladom je ťahanie drôtu (obr. 1.56). Vodné koleso je spojené s kľukovým hriadeľom, ktorý striedavo ťahá drôt cez prievlak pomocou klieští, ktoré ovláda obsluha. Pri každom zdvihy prepne kliešte dopredu. Ťažnú silu teda vyvoláva vodné koleso.



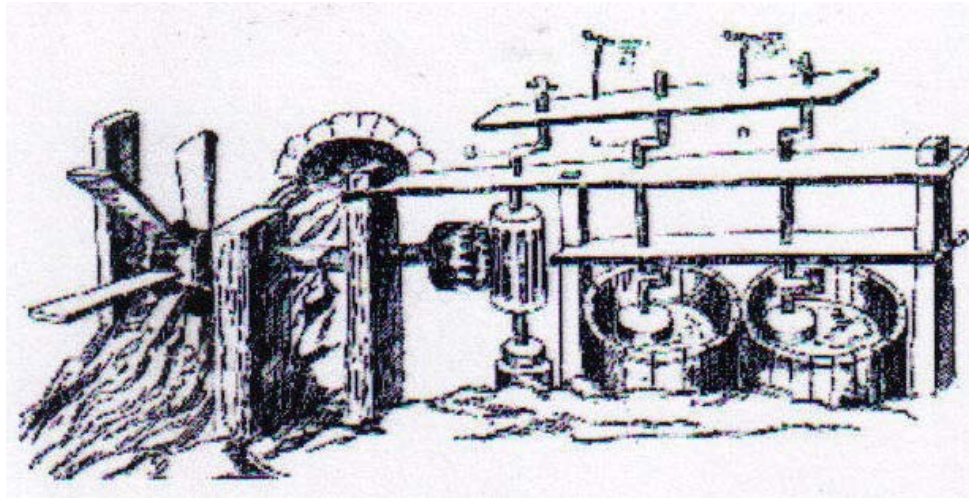
*Obr. 1.56 Stroj na ťahanie drôtu, ovládaný kolesom na spodnú vodu a zaujímavá konštrukcia klieští na ťahanie drôtu (zo zbierky autora)*



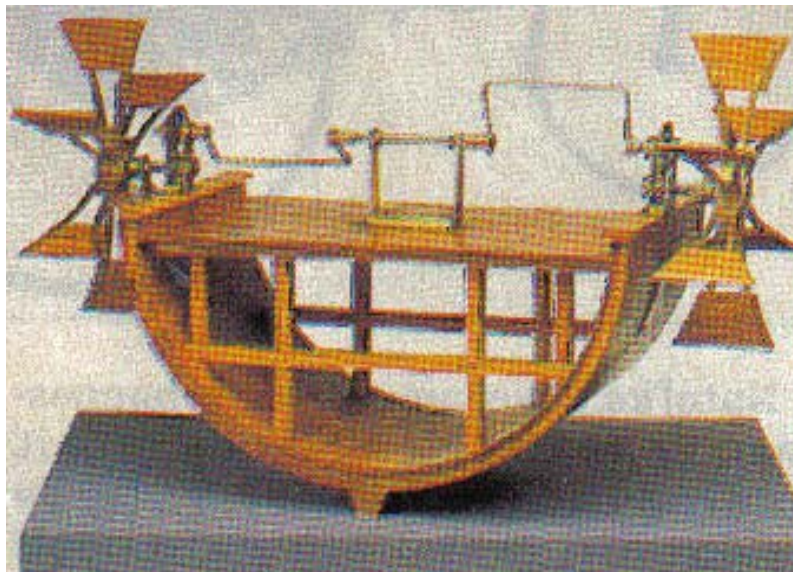


Na ďalšom obrázku je vodná miešačka na rozličné zmesi.

Obr.  
1.57  
Vodná  
miešačka

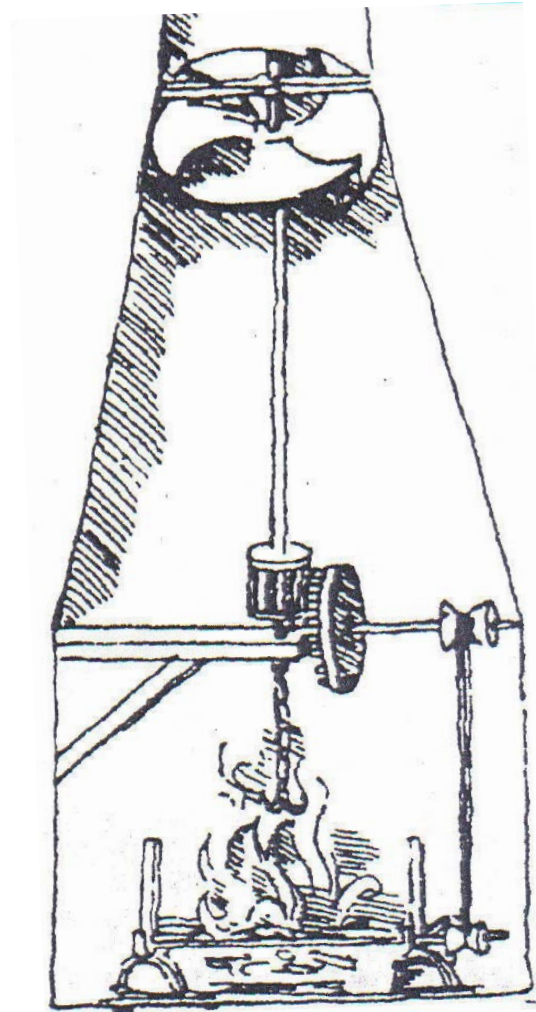


Spomedzi LEONARDOVÝCH návrhov, týkajúcich sa pohonov predstavuje záujem lodný pohon (obr. 1.58).



Obr. 1.58 Model časti lode s ručným pohonom lopatkových kolies

Jeden z nápadov – automatické otáčanie pri pečení v krbe pomocou horúceho vzduchu (obr. 1.59).



*Obr. 1.59 Leonardova kresba krbu s automatickým otáčením pečeného mäsa*

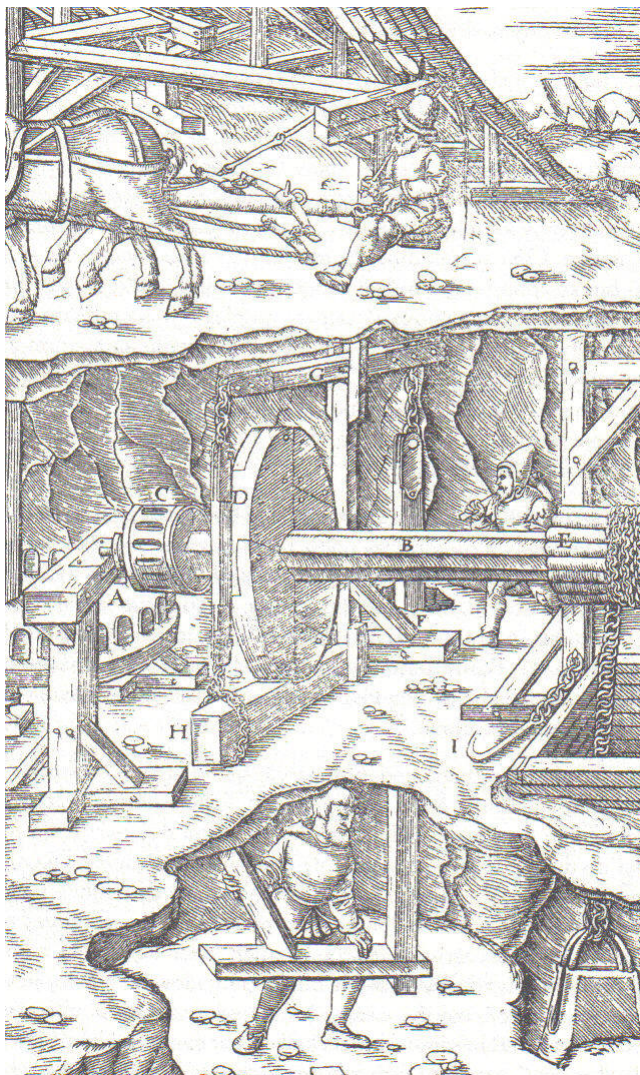
Okolo r. 1540 sa v baníctve a hutníctve zavádzala nova technika pohonov. Boli to dávno známe a studniarmi používané vrátky s vedrami na odčerpávanie vody s geľovým pohonom. Originálnym a veľmi účinným riešením bolo používanie drevených rúr. V nich boli na lanách v pravidelných odstupoch upevnené kožené vrecká. Ťahaním lana sa v priestore medzi vreckami vyťahovala na povrch voda.

Používali sa prvé piestové pumpy. Mnoho riešení znázorňuje vo svojej knihe *De Re Metallica Libri XII* (12 kníh o baníctve a hutníctve) GEORGII AGRICOLAE (vlastným menom GEORG BAUER), vydanej r. 1546.

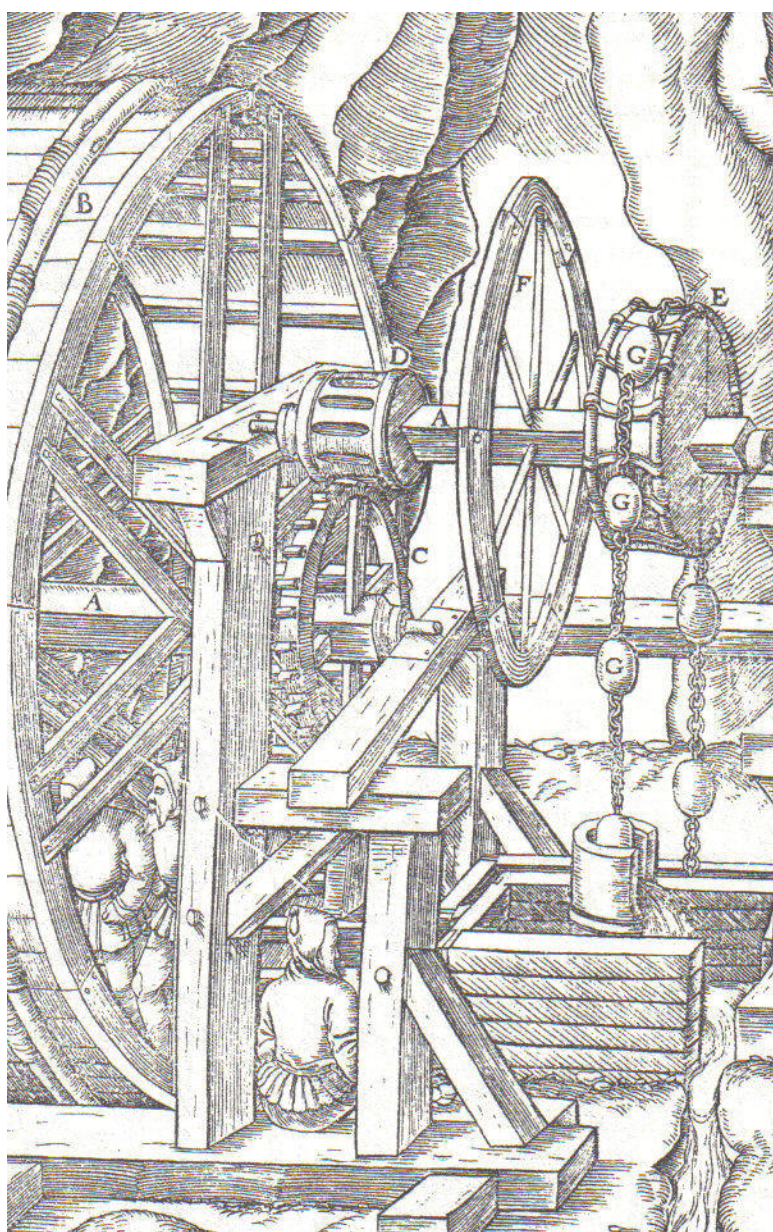


Obr. 1.60 GEORGIUS AGRICOLA (1494-1555) z prebalu knihy [1]

Na obrázkoch sú jeho originálne rytiny z knihy, ktoré vynikajúco dokumentujú vtedajšiu banskú a hutnícku techniku a technológiu



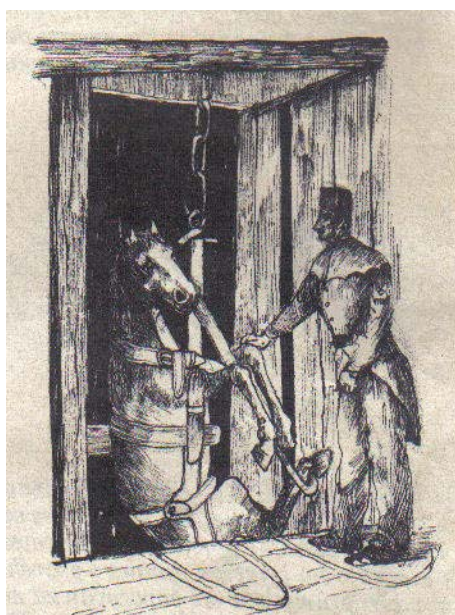
Obr. 1.61 Konský pohon banských mechanizmov. A – palcové koleso na svislej osi, B – vodorovná os, C – prevodové vreteno, D – kotúč, E – lanový bubon z kolíkov, F – hák, G – pohyblivá klada, H – brzdiaci klátik, I – druhý hák [1]



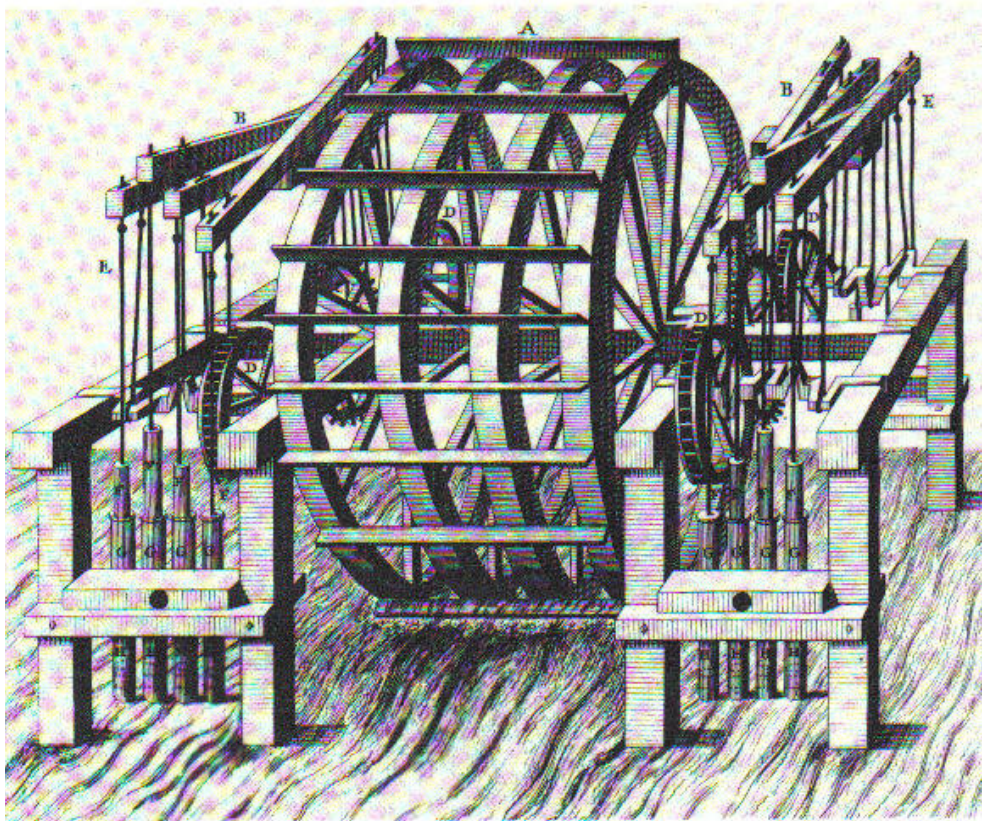
Obr. 1.62 Čerpanie vody šliapacím kolesom a mechmi (čety). A – hriadele, B –šľapacie koleso, C –ozubené koleso, D - prevodový bubon, E – bubon so skobami, F – druhé koleso, G –čety [1]

Obr. 1.63 Zložité bánske mechanizmy a ich činnosť: B - baník stláča nohami mechy, D - otvor, ktorým vychádzajú ťažké vetry, alebo vzduch, E-dlhé vetračky. F-šachta, G- čerpadlo vody, H-drevený kotúč, I- stupne na kotúči, K-ohrada, L- otvor v kotúči, M- sochor, N - stavba vonkajšieho pohonu, O- svislá os, P-palcové koleso, Q- horizontálna os, R-vretenový prevod [1]

Kone sa na šichtu dopravovali napr. takto (obr. dole)



R. 1585 technik P. MAURICE, pôvodom z Nemecka postavil na Temži pod mostom London Bridge čerpaciu stanicu, poháňanú veľkým vodným kolesom (obr.1.64). Stanica čerpala vodu z rieky do mestskej vodovodnej siete, ktorá zásobovala vodou obyvateľstvo. Bol to v Anglicku prvý mechanizmus tohoto druhu a na dlhý čas sa stal vzorovým modelom vodného zásobovacieho zariadenia pre veľké mestá. Od zániku Rímskej ríše (97) je to prvá vodovodná sieť v Európe.



Obr. 1.64 Čerpacia stanica pod mostom London Bridge [21]

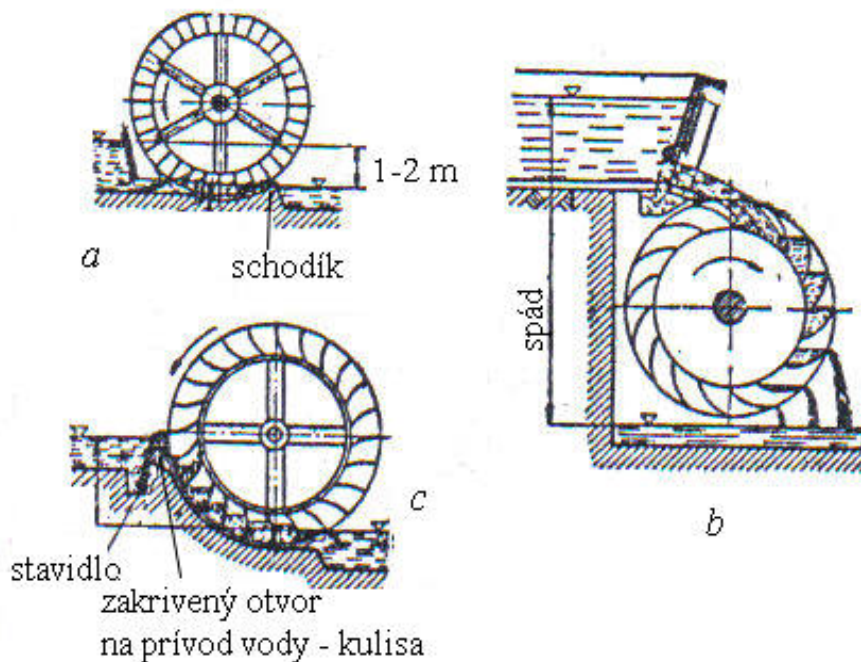
Vodné kolesá zúžitkujú hmotnosť padajúcej vody, alebo ráz tečúcej vody. Koleso je upevnené na vodorovnom hriadeli a má po obvode lopatky, alebo korčeky (korýtka). Na lopatky voda tlačí, do korčiek sa naberá a tlačí. Vodné koleso má 2 – 10 otáčok za minútu, točí sa teda veľmi pomaly. Preto je potrebné použiť zložité prevody pre pracovné stroje, ak mlyny, píly. Ak by vodné kolo bolo schopné poháňať dynamo, museli by sa otáčky zvýšiť asi 150 krát. V každom prevode sa však stráca značná časť energie trením. Koleso na spodnú vodu (obr. 65a) je ponorené v prúdiacej vode len spodnou časťou venca. Voda pôsobí rázom prúdu na lopatky, tlačí ich dopredu a tým kolo roztočí. Každý ráz je spojený so stratami, nie je teda výhodný. Kolo má obyčajne priemer 3-6 m. Vytiahnutím vidla (ručne) sa riadia otáčky aj výkon kolesa. Účinnosť je najviac 30%. 70% energie vody sa stratí vírením. Kolesá na spodnú vodu sa dajú použiť kde je veľa vody a ale malý spád.

Koleso na vrchnú vodu (b) nie je vôbec ponorené do vody, nesmie sa brodiť, aby nevznikli veľké odpory (straty). Voda pôsobí svojou hmotnosťou, nie rázom. Korčeky sy

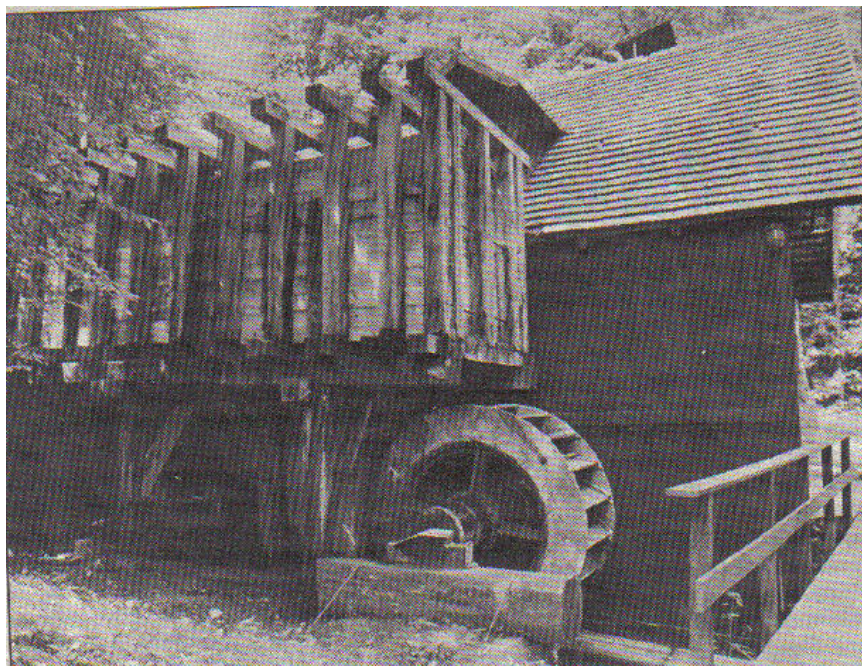
naplňajú vodou, čím sa jedna strana preváži a kolo sa točí. Kolo je obyčajne drevené, korččky bývajú tiež z plechu, aby sa dali vhodne zakriviť. Korččky sa používajú kde je veľký spád vody.

Koleso na zadnú vodu (c) má tiež korččky miesto lopatiek a voda naň pôsobí hmotnosťou aj rázom. Majú účinnosť až 75%. Sú teda 2,5 krát výkonnejšie ako kolesá na spodnú vodu. Možno ich použiť pri dostatku vody a malom spáde

Obr. 1.65  
Druhy vodných  
kolies. a – na  
“spodnú”, b –  
“vrchnú”, c –  
“zadnú” vodu



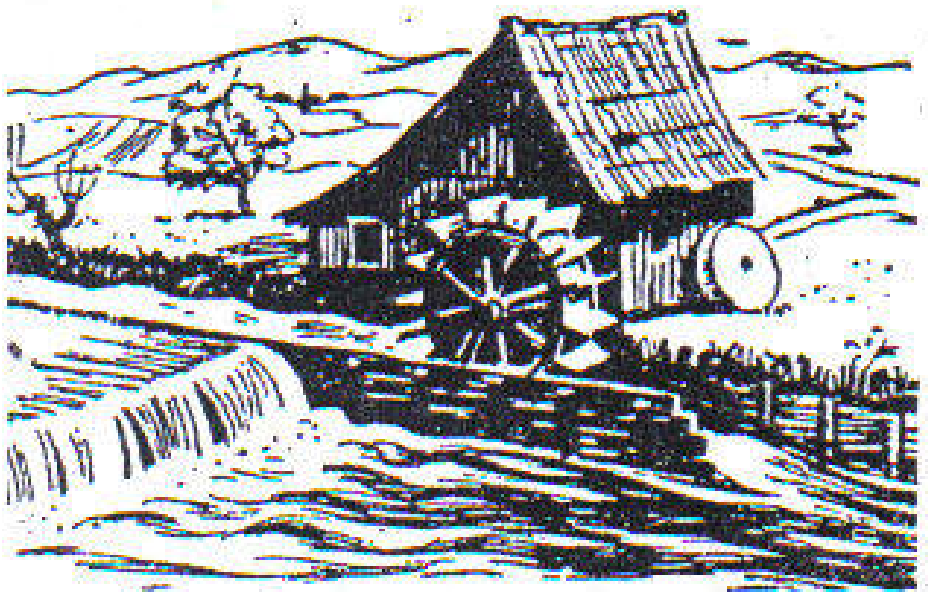
Na obr. 1.66 je vodný hámor v Šugovskej doline po rekonštrukcii a s autorom ešte ako funkčný (obr. 1.67).



Obr. 1.66 Vodný  
hámor, už  
nefunkčný v  
Šugovskej doline



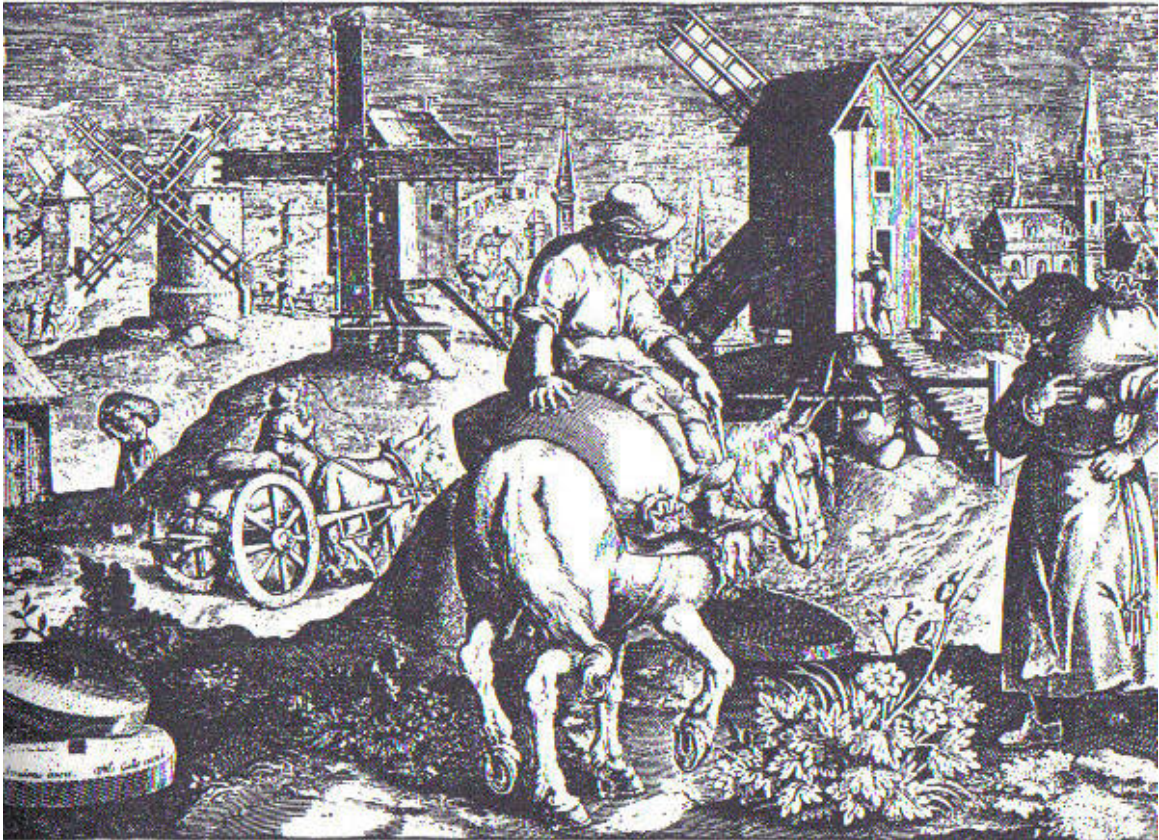
*Obr. 1.67 ...a ešte keď bol v prevádzke*



*Obr. 1.68 Typický vodný mlyn na spodnú vodu (vidno prítokový mlynský náhon)*

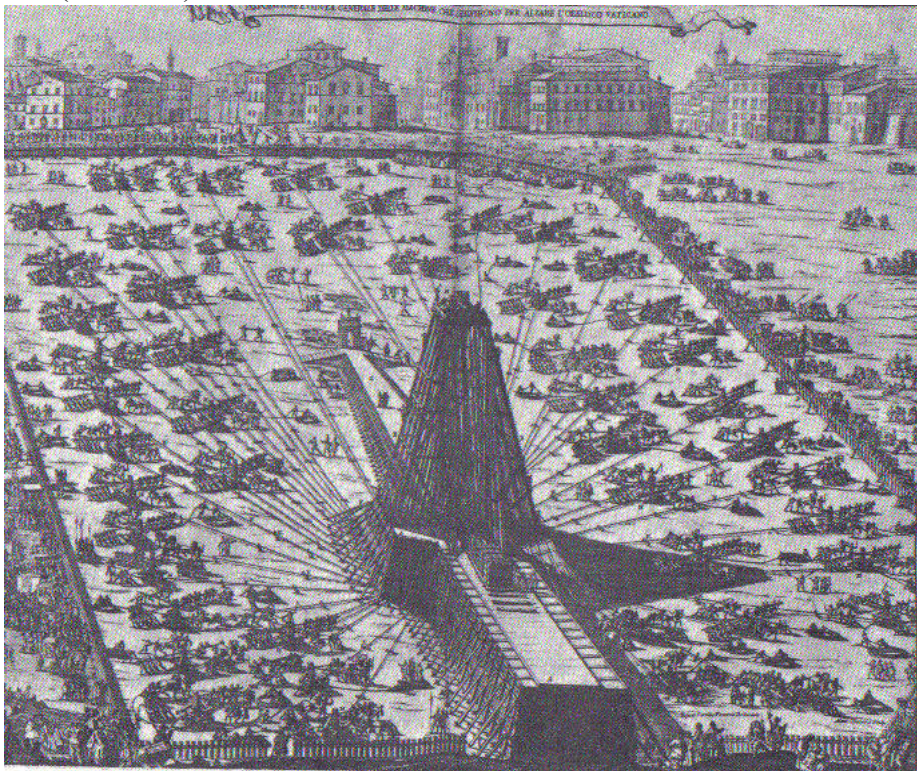
Nedostatkom vodných pohonov bolo, že v severnejších oblastiach voda zamrzala. Preto pretrvával veterný pohon mlynov (obr. 1.69)





*Obr. 1.69 Holandské veterné mlyny v r. 1590*

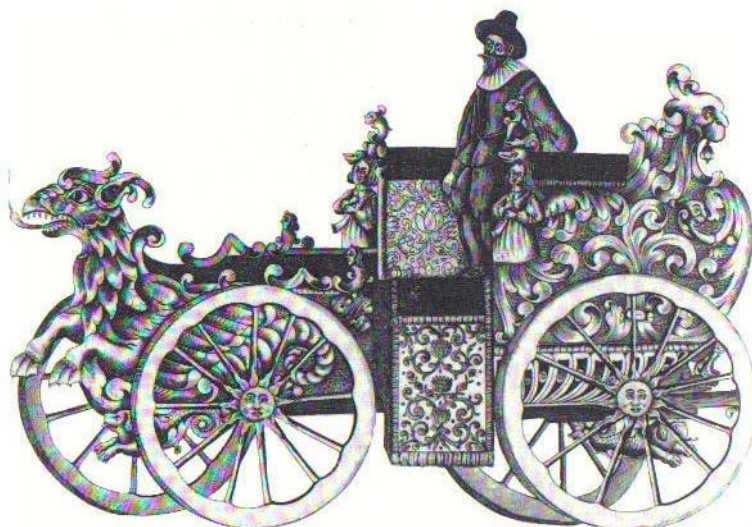
V r. 1586 v Ríme stavali 327 – tonový obelisk technikou, známou z čias Egyptskej ríše (obr. 1.69).



*Obr. 1.69  
Stavba obeliska  
v Ríme [9]*

R. 1644 C. SCHITT (1608-1666) vo svojom diele *Technica curiosa* uvádza prvý krát *Cardanovú spojku* na prevod pohybu medzi dvoma rôznobežnými hriadeľmi. Zrejme neprávom sa tento vynález prisudzuje G. CARDANOVI (1508-1576). Zariadenie sa používalo vo vežových hodinách a gepl'och už dávno, pred jeho použitím v moderných automobiloch.

R. 1649 norimberský kolár J. HAUTSCH zhotovil štvorkolesové vozidlo, ktoré bolo poháňané silou svalov sluhov v ňom ukrytých. Nádherný hintov zakúpil švédsky korunný princ Karol X. Gustáv a ako atrakciu ho zaradil do korunovačného sprievodu (obr. 1.70).



Obr. 1.70 Vozidlo  
H. HEUTSCHLA (1649)  
[7]

R. 1654 predviedol mešťanosta Magneburgu O. GUERICKE Fridrichovi Wilhelmovi existenciu vzduchoprázdneho priestoru. Kovové masívne poglobule, ktoré na seba presne zapadali a boli spojené s kohútikom a čerpadlom. Po vyčerpaní vzduchu priliehali navzájom tak pevne, že ich neodtrhol záprah 16-tich koní. Okrem toho zostrojil manometer.



Obr. 1. 71 OTTO GUERICKE, fyzik a mešťanosta  
Magneburgu



Obr. 1.72 Pokus s vákuovými pologul'ami [21]

R. 1663 E. SOMERSET z Wencстера získava patent na akúsi parnú pumpu, ktorá mala slúžiť na pohon vodomotov. R. 1678 ju aj T. SAVERY zostrojil. Aj keď otázka skutočnej konštrukcie a užitočnosti stroja je sporná, samotný patent je dokladom dlhej cesty k parnému stroju.

R. 1674 dánsky astronóm OLÉ ROMER zhotovil ozubené kolesá s epicykloidnými zubami. Cykloidné ozubenie sa vyznačuje tým, že kolesá majú optimálny bočný tlak pri zaťažení. Ozubenie sa však stalo citlivé na zmeny osovej vzdialenosti kolies.

Nizozemský fyzik a astronóm CH. HUIGENS v liste, adresovanom Parížskej akadémii podrobne opísal prachový stroj, ktorý vynašiel s D. PAPIKOM r. 1673. Šlo pritom o spaľovací motor s iskrovým zapáľovaním, ktorý vytváral veľké priečne sily a možno ho považovať za predchodcu plynového motora (1860). Prototyp sa však nepodarilo skonštruovať.

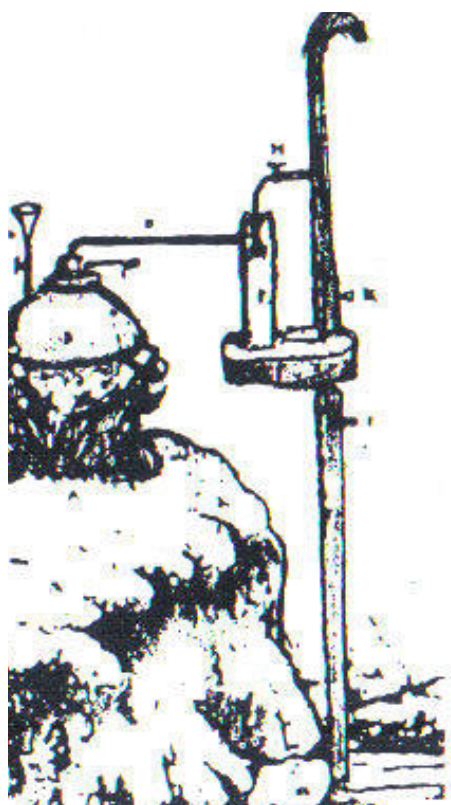
Po tomto neúspechu experimentoval PAPIK ďalej s parnou silou. R. 1668-1689 skonštruoval pre bessenské knieža parný motor, ktorá mal poháňať čerpacie zariadenie vo fontánach. Podobné zariadenie skonštruoval T. SAVERY, ktoré slúžilo ako banské čerpadlo (1705).



Obr. 1.73 DENIS (DIONYSIUS) PAPIK (1647-1712)

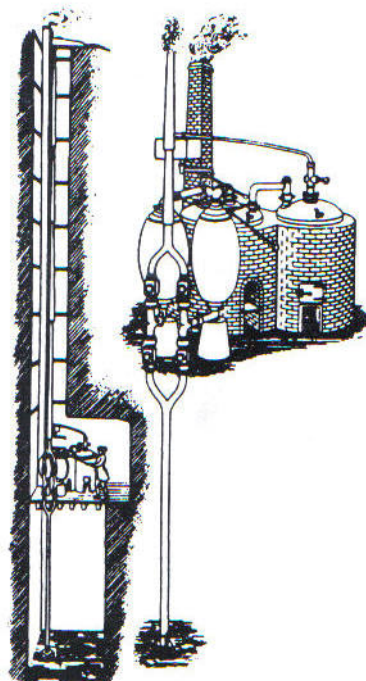


*Obr. 1. 74 PAPINOV atmosferický valec (1690) [9]*



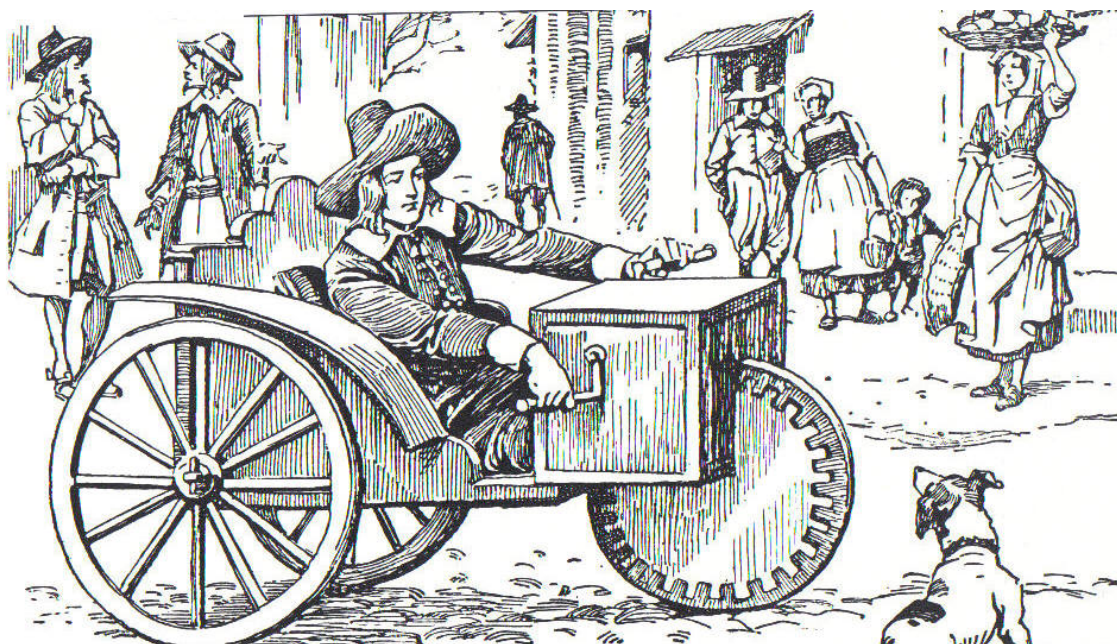
*Obr. 1.75 Prvá parná pumpa T. SAVERYHO z r. 1678 [9]*

*Obr. 1.76 SAVERYHO parné čerpadlo z r. 1700*



R. 1680 čiastočne ochrnutý hodinár S. FERFLER skonštruoval v Altdorfe pri Norimberku najskôr trojkolesové a o osem rokov neskôr štvorkolesové vozidlo, poháňané silou svalov, aby sa mohol v nedeľu dostať do kostola (obr.1.77). Vozidlá, poháňané ľudskou silou a schopné presadiť sa na trhu sa opakovane objavovali aj predtým. Ich realizácia bola znemožňovaná vtedajšími podmienkami, najmä pre zlý stav ciest v Európe všetky zlyhali.

Sila svalov nestačila na prekonávanie prekážok na nerovnej ceste.



Obr. 1.77 Ručne poháňané vozidlo FERFLERA [21]

R. 1687 I. NEWTON dáva základy klasickej mechaniky v knihe *Philosophiae principia mathematica*.



Obr. 1.78 ISAAC NEWTON (1643-1727)

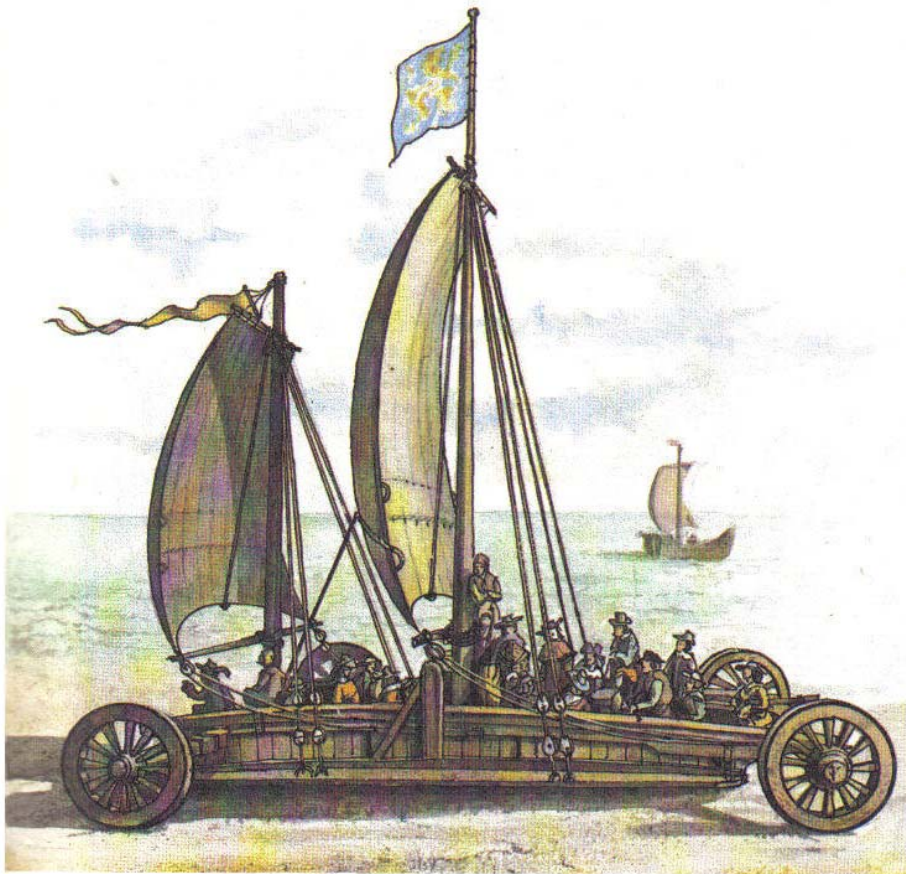
R. 1690 sa lekár E. RICHARD nechal prevážať po Paríži na šľapacom vozidle (obr. 1.79).

Obr. 1.79 Doktor  
RICHARD cestuje na  
lekárske konzílium [7]



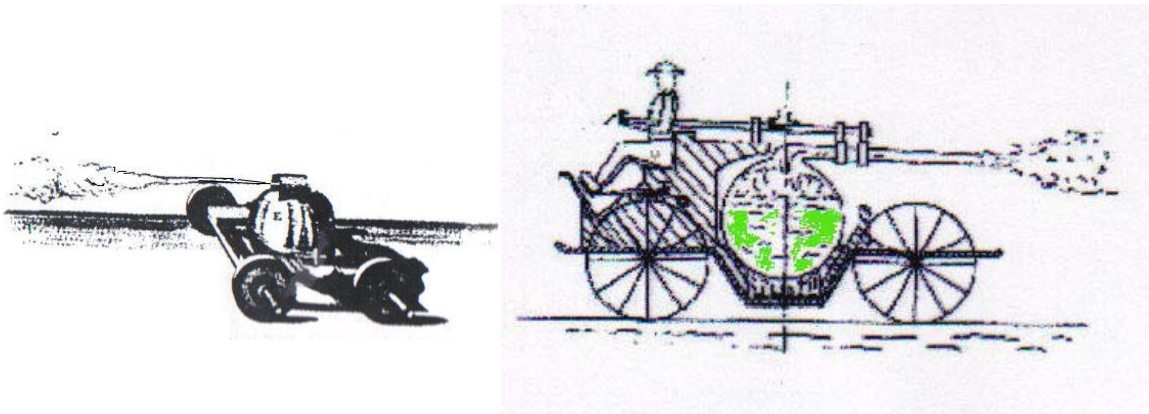
R. 1703 švajčiarsky fyzik J. BERNOULLI pozdvihol teóriu pohybu v poli vonkajších síl na prírodný zákon. Nazval ho „*princíp zachovania všetkých živých síl*“. To, čo nazval živou silou však nemožno zamieňať s neskoršou energiou. V jeho ponímaní ide o pohybovú, alebo kinetickú energiu. Zákon zachovania energie sa stal jedným z dôležitých zákonov mechaniky a modernej filozofie prírody.

Na konci storočia vzniklo z konštrukcie S. STEVINA plachtové vozidlo, poháňané silou vetra (obr. 1.80). Bol to úsporný a tichý pohon. Vozidlo bolo ponúkané Wilhelmovi II. Pre jeho armádu. Uvieslo 30 cestujúcich a dosahovalo rýchlosť 30 km/h. Podobné riešenie mal už R. VENTURIUS r. 1472.



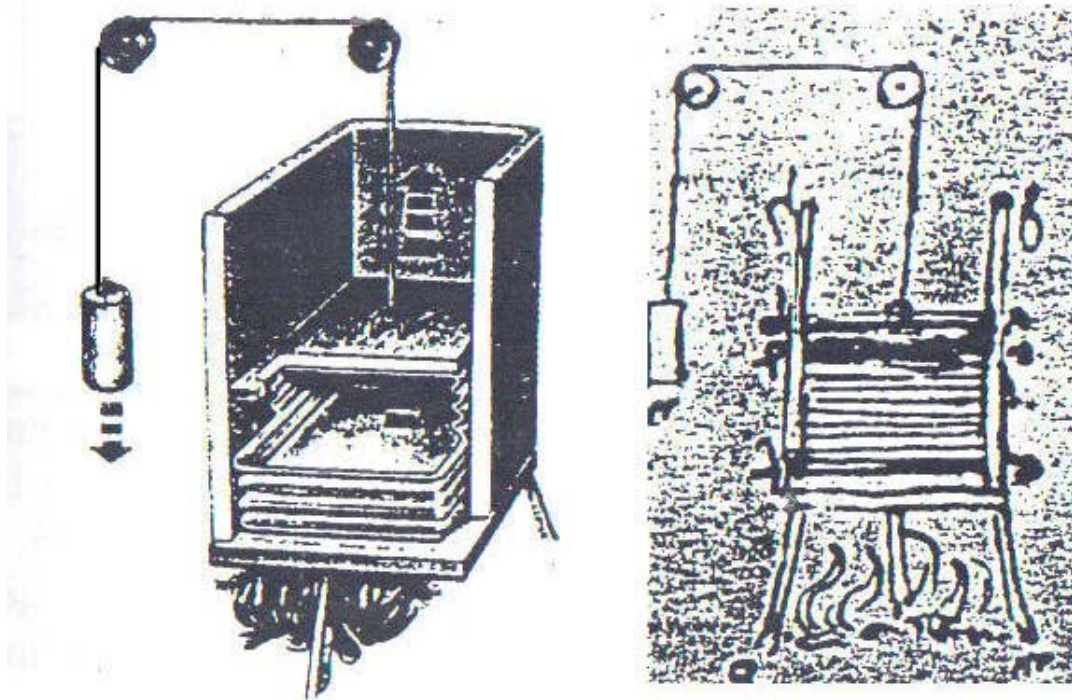
*Obr. 1.80  
Plachtové  
vozidlo S.  
STEVINA  
pre 30  
cestujúcich  
[7]*

Para sa začala nezadržateľne presadzovať na pohon strojov a vozidiel. WILLEM GRAVESANDE (1688-1721) použil princíp Herónovej banky na pohon malého vozidla. Guľu, naplnenú vodou ohrial na bod varu nad ohňom. Potom ju pripevnil na podvozok a uvoľnil otvor. Sila unikajúcej pary tlačila guľu dopredu. Bol to ďalší pokus o využitie reaktívnej sily po HERÓNOVI.(100 n.l.). Táto predstava vyústila do nerealizovaného návrhu veľkého parného vozidla (obr. 1. 81 vpravo).



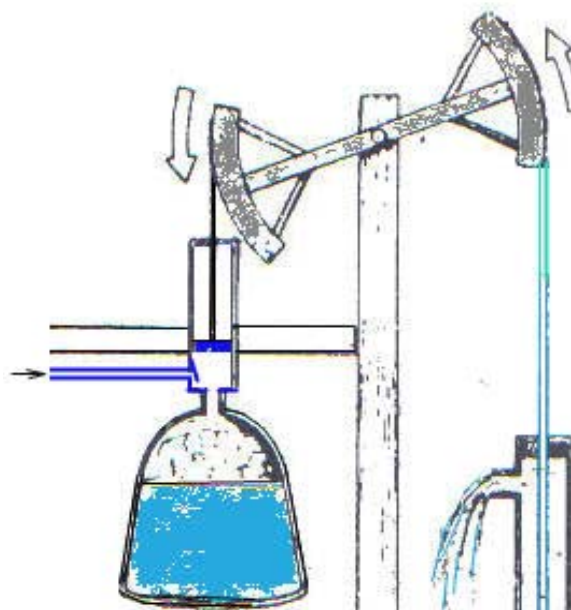
*Obr. 1.81 Reaktívny motor, skonštruovaný WILEMOM GRAVERSANDE v r. 1710  
a neskoršia predstava o „parnom vozidle“, poháňanom reaktívnou silou pary*

Paradoxom je náčrt parného motora z pera LEONARDA DA VINCI, ktorý sa nápadne podobá návrhu D. PAPINA a vznikol o dve storočia skôr (obr. 1.82).



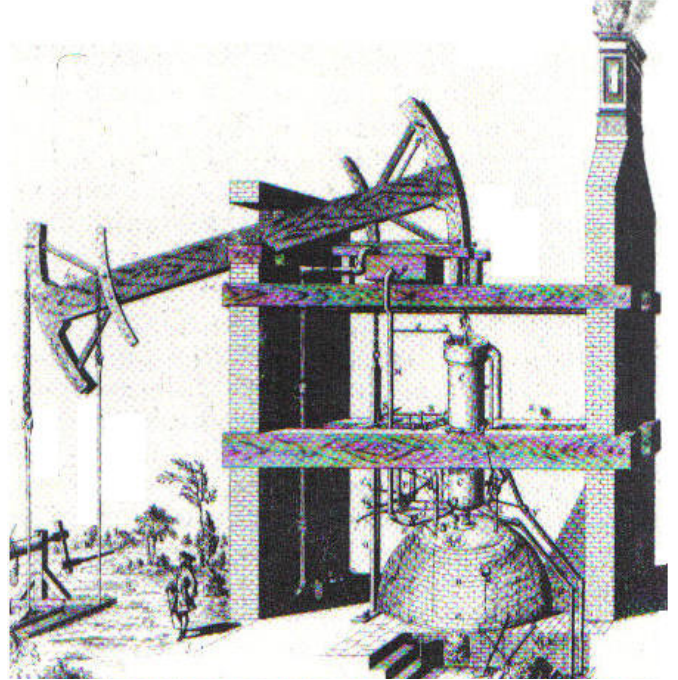
Obr. 1. 82 Leonardov parný motor na originálnej kresbe (vpravo) a neskoršie rozšífrovanej náčrt [18]

R. 1705 Angličania T. NEWCOMEN a J. CAWLEY zostrojili na základe predchádzajúcich PAPIŇOVÝCH skúseností prakticky použiteľný parný stroj, tzv. vahadlový stroj. Bol to atmosférický stroj nového typu, na ktorom sa vákuum pod piestom a podtlak vytváral vstrekaním valca studenou vodou. Základný princíp stroja pretrval jeden a pol storočia. Vahadlo a sústava pák prenášali silu z pracovného valca na čerpadlo v banskej šachte. Stroje tohto typu pracovali v mnohých baniach. Od r. 1722 aj v Novej Bani na Slovensku. Volali ho „ohňový stroj“.



Obr. 1.83 Princíp práce stroja (stav po vstreknutí vody do valca a kondenzácii pary)





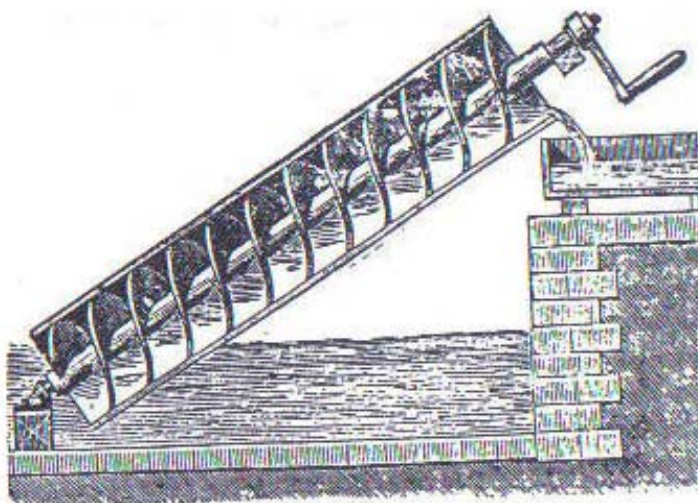
*Obr. 1.84 Dobové zobrazenie atmosférického piestového parného stroja T. NEWCOMENA na medirytine a model stroja (Slovenské technické múzeum Košice)*

### 1.3 Márne snahy o „večný motor“ [4]

**Relustante natura irritus labor est (Seneca)  
Marná práca, keď sa príroda stavia proti**

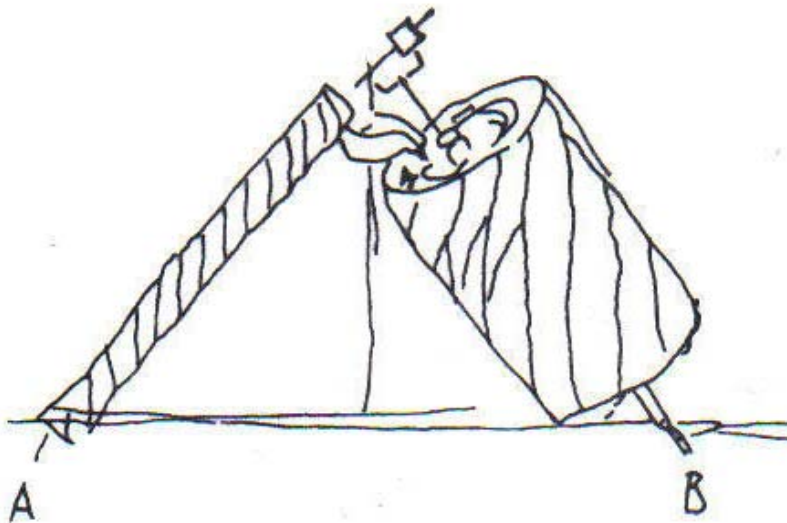
Na obr. 1.85 je princíp ARCHIMEDOVEJ skrutky (287 – 212 pred n. l.). Vo vnútri dutého valca je vytvorená plochá skrutkovica. Pri rotácii valca voda postupne stúpa nahor. Slúžila na čerpanie vody z lodí. Panuje názor, že Semiramidine visuté záhrady boli zavlažované práve sústavou Archimedových skrutiek.

Obr. 1. 85 Princíp  
Archimedovej  
skrutkovice  
použitý na  
čerpanie vody



Žiaľ, tento princíp bol často zneužívaný na zostrojenie večne pracujúceho stroja „*perpetuum mobile*“. História strojov, pracujúcich bez dodávky energie si zasluhuje pozornosť, preto jej ju sčasti venujeme. Takéto riešenia vznikali často, najmä v období renesancie.

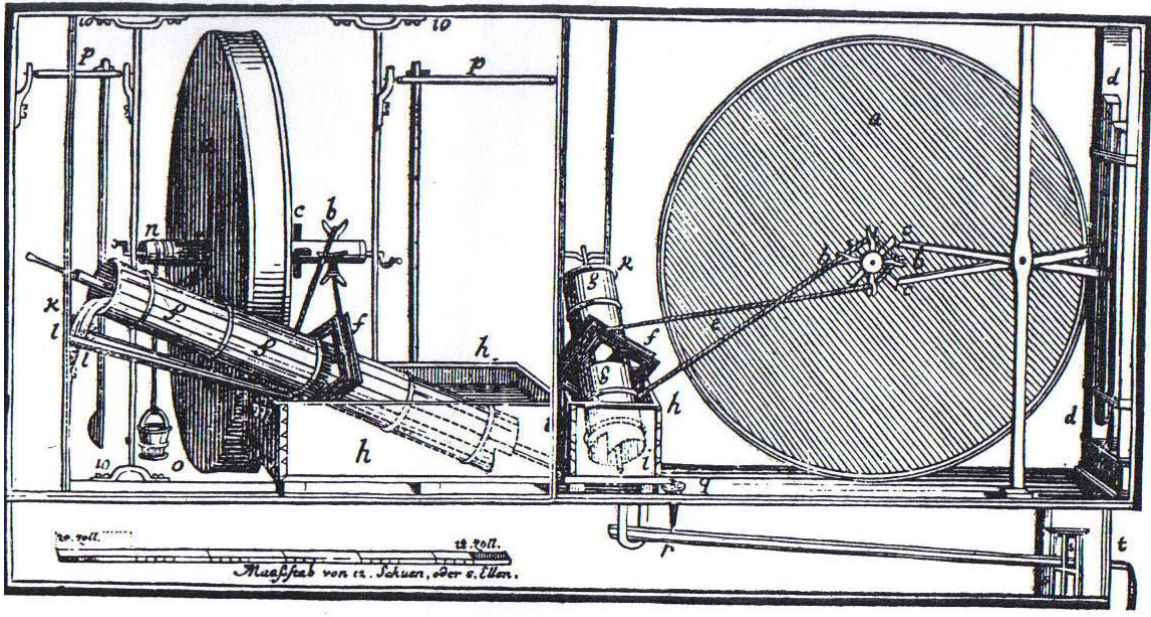
Vodná energetika bola vždy viazaná na riekku. Technika však potrebovala motor, ktorá by mohol pracovať kdekoľvek. Ostávalo umelo vytvoriť tlak vody. Pretože bol známy princíp transportu vody nahor, vzniklo v rozličných obdobiach viac riešení, založených na tom, že pomocou rotujúceho valca sa voda dopravuje nahor a poháňa vodné koleso. V čase, keď ešte nebol známy zákon zachovania energie sa takéto myšlienky rodili celkom bežne. Iba niektorí významní technici pochopili, že to nie je možné. Jedným z nich bol LEONARDO DA VINCI. V jeho zošitoch sa našla schéma hydraulického *perpetuum mobile* (obr. 1.74). Rozličné opísal aj vo svojom diele „*Codex Atlanticus*“, napísanom r. 1493 – 1495. Horizontálna čiara predstavuje úroveň vody v nádrži. Odtiaľ stroj berie vodu. Zariadenie pozostáva z dvoch rotujúcich bubnov, spojených navzájom prevodom. Valec s vnútornou skrutkovicom (*Archimedová špirála*) dopravuje vodu do džbánu a odtiaľ do vnútra väčšieho valca a otáča ho.



Obr. 1.85 Originálna kresba hydraulického PM zo zošity LEONARDA DA VINCI [18]

LEONARDO pochopil, že takéto zariadenie nemôže fungovať. Vodu, ktorá nemá rozdiel hladín nazval *aqua morta* - „mŕtva voda“. Pochopil, že padajúca voda môže vyniesť len to isté množstvo vody nahor a nemôže vykonávať doplnkovú prácu. Pretože vedel o stratách trením, vyslovil záver: „*Nemožno uviesť do pohybu mlyn pomocou mŕtvej vody*“. Táto myšlienka o nemožnosti získania energie z ničoho bola neskôr rozvinutá DECARTESOM a ďalšími a v konečnom dôsledku priviedla k definícii zákona zachovania energie. Stalo sa tak však príliš neskoro, zatiaľ stihli mnohí „vynálezcovia“ vypracovať mnohé projekty hydraulických PM.

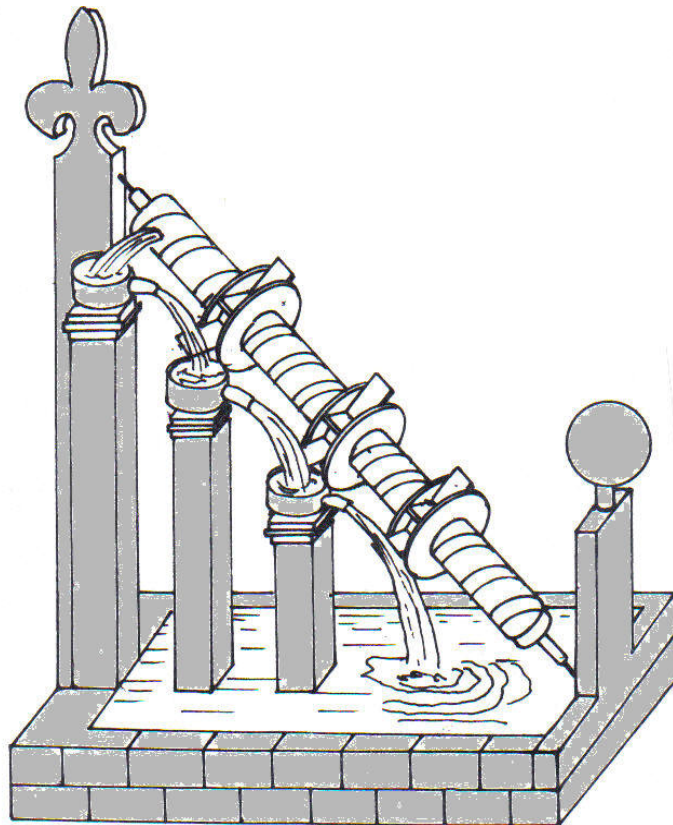
R. 1705 JOHANES ERNST ELIAS (pseudonym ORFFYREUS) zostrojil dve konštrukcie „*perpetuum mobile*“. Charakteristickým znakom prvého (obr. 1.86) boli dve vertikálne kolesá, ktoré sa stále otáčali a mohli na lane dvíhať až 50 kg závažia. Veľa učencov potvrdilo riadny chod stroja. V skutočnosti to bol podvod, pretože stroj fungoval od manuálneho pohonu z vedľajšej miestnosti. Druhé slúžilo na čerpanie vody a bolo poháňané rovnako.



Obr. 1.86 Orffyerovo perpetuum mobile

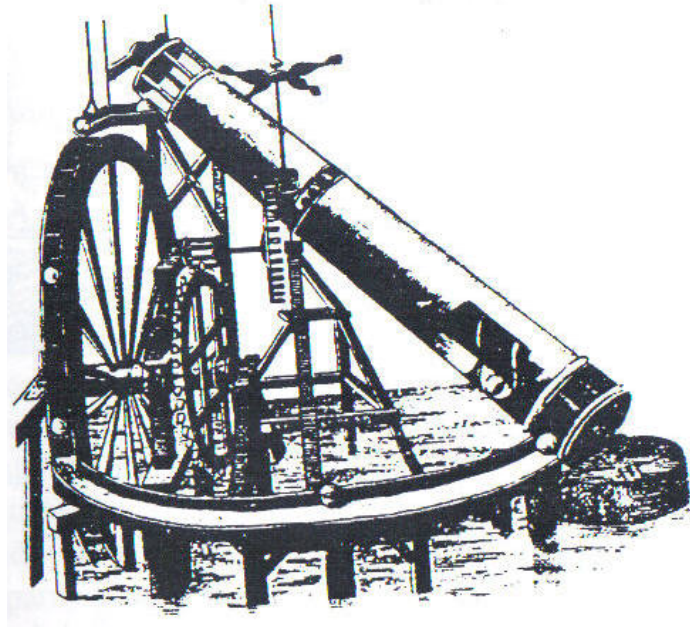
Aj ďalšie „večné motory“ „pracovali“ na tomto princípe. Spomedzi mnohých uvedieme niekoľko typických príkladov. WILKINS chcel problémy predchádzajúcich neúspešných návrhov vyriešiť tak, že voda bude výškové rozdiely prekonávať postupne (obr. 1.87). V konečnom závere napísal stručne a výstižne: „Došiel som k záveru, že toto zariadenie nie je schopné funkcie“. Tento milovník vedy – episkop dal v 17. storočí dôstojný príklad, ako treba priznať poblúdenie a nájsť istotu.

Obr. 1.87  
Trojstupňové  
kaskádovité PM  
s jedným skrutkovým  
čerpadlom

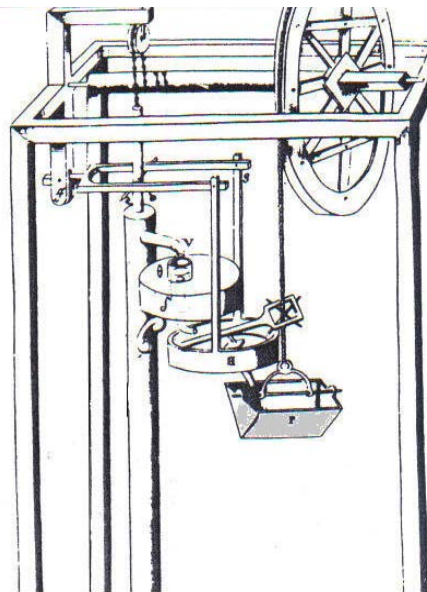
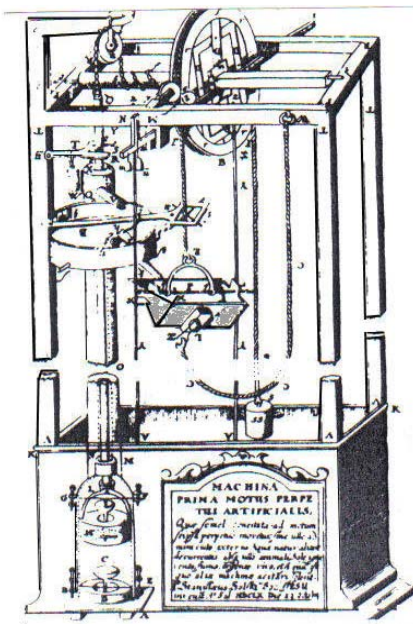


V niektorých prípadoch sa miesto vody využívali kovové gule. Jedným z príkladov použitia gulí, ktoré obiehajú, pričom poháňajú veľké koleso a dopravujú sa nahor vo valci Archimedovou skrutkou je na obr. 1.88.

Obr. 1.88 Samočinný stroj z r. 1747



Spomedzi ďalších hydraulických PN si pozornosť zaslúži stroj poľského jezuitu STANISLAVA SOLSKÉHO, ktorá na uvedenie pracovného kolesa do chodu použil vedro s vodou podľa obr. 1.89. Hore čerpadlo naplňalo vedro s vodou, to zaťažené klesalo nadol a poháňalo koleso. Potom sa odľahčené zdvihlo späť.

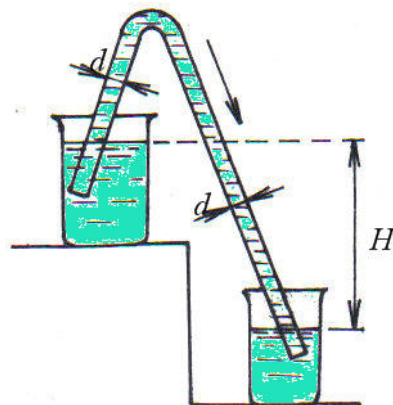


Obr. 1.89  
Hydraulické PN  
S. SOLSKÉHO  
z Krakova z r.  
1660. Obrázok  
pochádza z knihy  
Technica curiosa  
od jezuitského  
pátra Carpara  
Schozza  
(Würsburg 1664)

Stroj sa pri predvážaní vo Varšave v r. 1661 veľmi zapáčil kráľovi KAŽIMÍROVI. Ani tento svetský úspech však nemohol zakryť fakt, že tieto PM nepracovali.

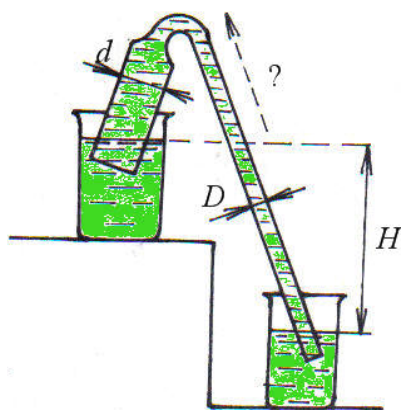
Vážnu úlohu pri ďalších pokusoch mali spojené nádoby. Ešte z antických čias je známy princíp prečerpávania vody z vyššej úrovne na nižšiu pomocou rúrky, alebo hadice podľa obr. 1.90 .

Obr. 1.90 Známy princíp prečerpávania tekutín z vyššej úrovne hladiny na nižšiu



Princíp funkcie spočíva v tom, že v pravej časti nádoby je viac kvapaliny o výšku  $H$ . Táto bude ťahať kvapalinu z ľavej časti rúrky nahor. Je zřejmé, že kvapalina potečie samospádom z hornej úrovne na dolnú.

V r. 1600 vznikla paradoxná otázka u mestského architekta v Padove VICTORIO ZONKA, ako by sa tento princíp dal využiť v opačnom smere. Nápad spočíval v tom, že ak spravíme ľavú časť rúrky hrubšiu, podľa obr. 1.91 preváži väčší objem vody v ľavej aj keď kratšej rúrke pravú stranu a voda potečie nahor.

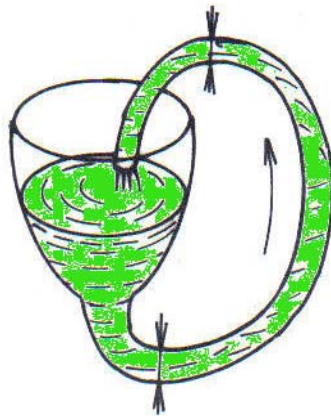


Obr. 1.91 Použitie rúrky s rozličným prierezom

Omyl spočíva v tom, že podľa zákonov hydrauliky závisí smer pohybu vody len na výške stĺpca, nie na priemere rúrky (alebo objeme kvapaliny). Táto axióma bola rozpracovaná PASCALOM (1623-1662), ale mnohými nebola pochopená ani neskôr.

Obet'ami tohto omylu boli aj ľudia, ktorí pracovali v popredí vtedajšej vedy a techniky.

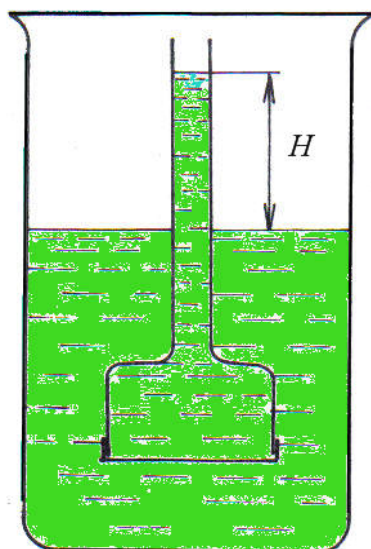
Príkladom je sám Denis PAPIN (1647-1714), ktorá vymyslel známy „*Papinov hrniec*“ a poistný tlakový ventil, odstredivé čerpadlo, prvé parné stroje s valcom a piestom. Stanovil závislosť tlaku pary na teplote a ukázal, ako na tomto základe toho získať vákuum. V r. 1685 v časopise „*Filozofické práce*“ publikoval projekt PM. Jeho princíp je mimoriadne jednoduchý (obr. 1.92)



Obr. 1.92 Model hydraulického PM Papina

V banke v ktorej sa priemer postupne znižuje je naliata ortuť. Predpokladal, že hmotnosť ortuti vytlačí tekutinu nahor a tá sa bude nepretržite prelievať späť. Stačí potom pod prúd umiestniť pracovné koleso a PN dodáva energiu. Pochopiteľne, hladina kvapaliny v tenkej rúrke zostala na rovnakej úrovni ako v hrubej, ako je tomu v ľubovoľných spojitých nádobách. Osud nápadu bol podobný ako ostatných hydraulických PN. Autor sa k nemu už nikdy nevyjadril a začal sa zaoberať užitočnejšou prácou – parným strojom.

Uvedieme ešte jeden PM, predložený nie menej známym matematikom JOHANNOM BERNOULIM (1667-1748). Je založený na princípe, uvedenom na obr. 1.93



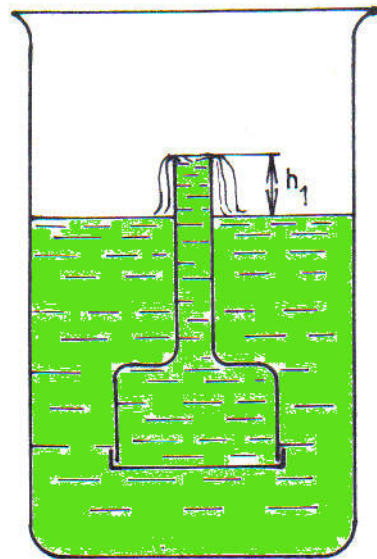
Obr.1.93 Asmotický PM Johanna BERNOULIHO

Vo väčšej nádobe je vložená rúrka, ktorá je zo spodnej časti uzatvorená organickou membránou. Membrána má tú vlastnosť, že prepúšťa vodu, ale nie je priepustná pre soľ, alebo cukor. Ak do rúrky známe roztok soli a do banky čistú vodu, voda bude presakovať cez membránu a meniť koncentráciu soľného roztoku do tej doby, kým tlak na membránu nebude rovný osmotickému tlaku. Tento tlak závisí na koncentrácii roztoku a bráni ďalšiemu prenikaniu vody do rúrky a v rúrke sa hladina stabilizuje vo výške  $H$ . Na tomto princípe prebieha pučanie semien rastlín vo vode, vedeniu vody v rastlinných a ďalším biologických procesom.

BERNULLI predpokladal, že na tomto princípe by bolo možné nepretržite čerpať vodu cez rúrku nahor. Postavil to na svojej teórii premeny morskej slanej vody na riečnu. Podľa jeho názoru, slaná morská voda prechádza vrstvou zeme, pričom soli sa zachytávajú a voda sa mení na sladkú, potom steká do mora riekami. Takáto cirkulácia vody by predstavovala prírodný PM (*perpetuum mobile naturale*), preto možno zostrojiť aj dokonalé laboratórne PM. Chyba spočíva v tom, že tento princíp funguje opačne. Sladká voda by mala presakovať do morskej, nie naopak. Morská voda ako je známe sa odparuje a padá do riek vo forme dažďa.

Že osmotický tlak (*osmóza* – presakovanie priepustnou stenou) nie je možné využiť na zdvih vody v hydraulickom PM možno ľahko dokázať. Urobme tak, ako navrhol BERNULLI, ale odrežme časť rúrky, podľa obr. 1.94.

Obr. 1.94 Vysvetlenie princípu



Voda bude skutočne vytekať z rúrky na nižšiu úroveň. Zdá sa, že sa cieľ dosiahol. No netreba sa predčasne tešiť. Prúd kvapaliny o chvíľu ustane a úplne zmizne. Vysvetlenie je jednoduché. Tečie roztok soli, nie čistá voda. Tým stúpa koncentrácia roztoku v nádobe. Po vyrovnaní koncentrácie roztok v rúrke a nádobe sa proces zastaví a soľný roztok sa stane rovnakou „mŕtvou vodou“, ako o tom písal LEONARDO.

Obdobie 12. až 13. storočia možno charakterizovať tým, že mnohí učitelia verili, že PM možno zostrojiť. Ich vieru neotriasli ani početné neúspechy vynálezcov, ani práce



STEVINA, GALILEA TORICELIHO, PASCALA, NAWTONA, ktoré možnosť zostrojenia PN vylučovali. Teória bola pozadu za praxou, ktorá usilovala o nové experimenty. Miesto perpetuum mobile boli ich výsledkom vždy „*perpetuum stables*“ (večná rovnováha, nepohyblivosť). Nebol k dispozícii všeobecný zákon, ktorá by nepripúšťal existenciu PM. Takýmto zákonom sa stal zákon zachovania a premeny energie. V histórii sa často objavuje paradoxná situácia v tom, že niečo čo neexistuje má vplyv na reálnu situáciu. PLANK napísal: „... *hľadanie perpetua mobile malo pre fyziku aspoň taká význam, ako alchymia pre chémiu, napriek tomu, že výsledky experimentov neboli pozitívne*“.

Formovanie zákona zachovania všetkých foriem pohybu matérie začalo veľmi dávno. Už antickí autori otvorili o nezničiteľnosti nielen hmoty, ale aj jej pohybu. Chápali, že vonkajší svet prechádza na tepelný pohyb častí telies.

Menovite v 16. storočí sa idea o zachovaní mechanického pohybu a nemožnosti jeho vzniku z ničoho postupne rozvíjala v prácach fyzikov:

G. GALILEO (1564-1642): „*Stroje nevyvíjajú silu, iba ju premieňajú. Kto tvrdí niečo iné, nerozumie mechanike*“.

P. DECARTES (1596-1650): „*V celej matérii je definované množstvo pohybu, ktoré sa nezväčšuje, ani nezmenšuje a ak jedno teleso spôsobuje pohyb druhého, stráca toľko pohybu, koľko ho odovzdalo*“.

I. BERNULLI (1667-1768): „*Nič zo síl sa nestráca, hoci vizuálne to tak vyzerá*“

G. LEIBNIC (1646-1716): „*Princíp rovnosti príčiny a účinku, t.j. princíp vylúčenia PM je základom môjho výpočtu živej sily. V súlade s tým živá sila zachováva svoju veľkosť. Pri rozličných dejoch (zdvih závažia do určitej výšky, stlačenie pružiny) nedochádza ani k minimálnemu zisku, alebo úbytku živej sily. Opačne, časť živej sily pohlcujú častice telesa, alebo druhých telies.*“

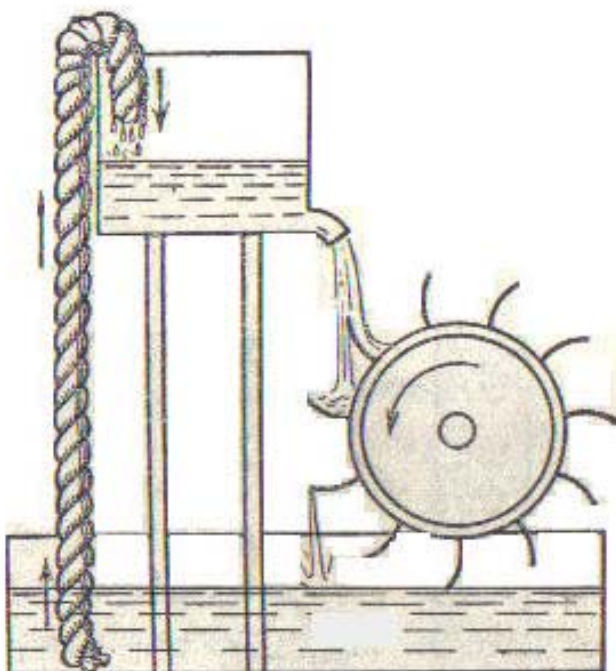
M. V. LOMONOSOV (1711-1765): „*Všetky premeny v prírode prebiehajú tak, že ak sa niečo z jedného telesa odoberie, pribudne druhému. Tento zákon platí aj pre pohyb. Koľko ho jedno teleso stratí, toľko ho iné prijíma.*“

Treba povedať, že „zákon zachovania sily“ (neskôr práce) bol uznávaný už v druhej polovici 17. storočia. Napr. Parížska Akadémia vied už v r. 1775 prijala oficiálne vyhlásenie o tom, že „*nebude sa zaoberať žiadnym strojom, ktorá sa pohybuje sám*“

### **Non tentanda quae effici omnino non possunt (Qantilianus) Je zbytočné pokúšať sa o to, čo je úplne nedosiahnuteľné**

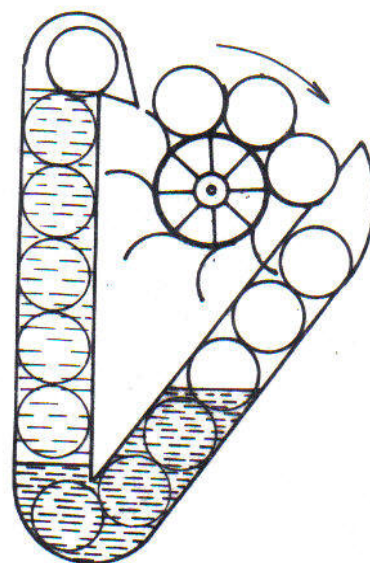
Ďalší príklad sa vzťahuje na obdobie konca 19. storočia (obr. 1.95). Je založený na starej kapilárnej myšlienke. Kvapalina sa v dôsledku kapilárnych síl bude pohybovať nahor, až pretečie do nádrže, odkiaľ bude poháňať koleso. Je zrejmé, že tie isté sily, ktoré kvapalinu vytiahli nahor jej nedovolia stekať do nádrže. To by z každého odrezaného pňa stromu musela vytekať voda.

Obr. 1.95 Kapilárny motor



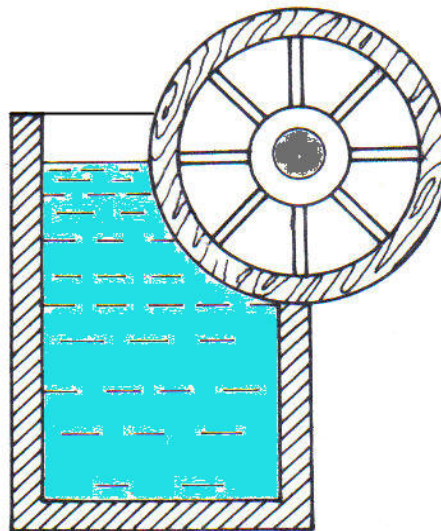
Na obr. 1.96 je ešte hydraulický motor, založený na nadľahčovaní telies v kvapalinách. V ohnutej rúrke sú dve tekutiny o rozličnej hmotnosti (napr. voda a ortuť). Vzhľadom na výrazne odlišnú hustotu sú hladiny kvapalín v rozličnej výške. Korkové gule by podľa autora mali vyplávať z vody a vracat' sa späť do ortuti, pritom poháňať žliabkové koleso. Je zrejmé, že gule nemajú dôvod nasilu sa tlačit' do ortuti a preto zariadenie nebude pracovať.

Obr. 1.96 Hydraulický PM na báze dvoch kvapalín rozličnej husto



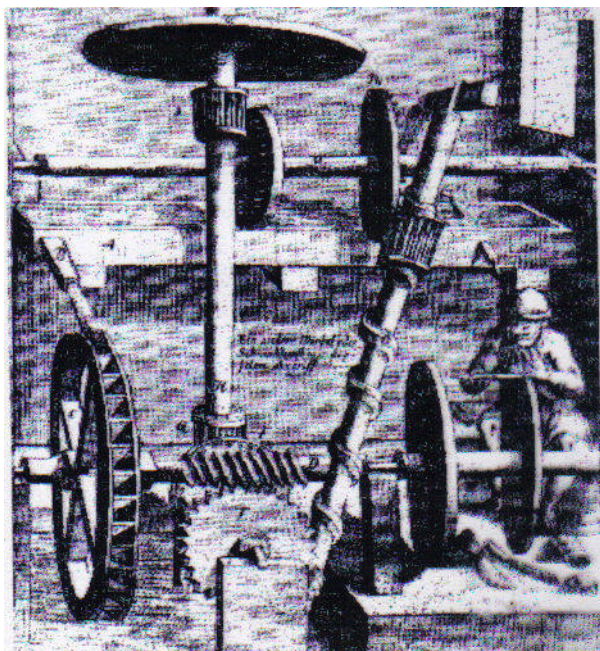
Ďalší nápad v tomto smere predstavuje riešenie na obr. 1.97. Archimedov zákon by mal podľa autora nápadu pôsobiť tak, že bude dvíhať časť oblúka dreveného kolesa, čo povedie k jeho neustálej rotácii v naznačenom smere. Chyba úvahy spočíva v tom, že sila nebude pôsobiť smerom hore, ale kolmo na povrch valca, preto v žiadnom prípade koleso neroztočí.

*Obr. 1.97 Princíp hydraulického PM, založený na chybnej interpretácii Archimedovho zákona*

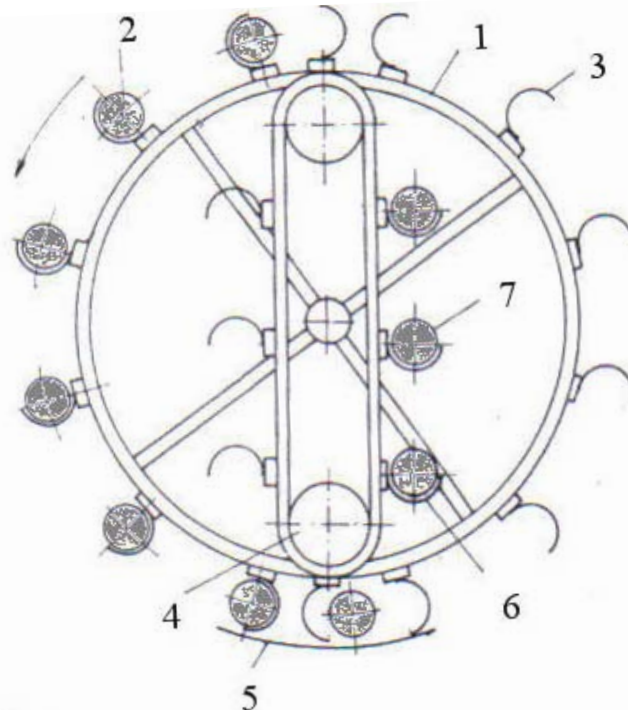


Na obr. 1.98 je jeden z návrhov hydraulického PM. Autor nevie nič o stratách v prevodoch a tvrdí, že zariadenie bude vykonávať prácu.

*Obr. 1.98 Ďalšia predstava. Samohybné hydraulické perpetuum ktoré dokonca „poháňa“ brúsny kotúč*



Návrhy samohybných strojov v podstate vychádzajú z neznalostí základov mechaniky a objavujú sa aj v súčasnosti. Na obr. 1.99 je patentová prihláška nemenovaného slovenského „vynálezcu“. Zariadenie má fungovať tak, že gule na veľkom priemere kola prevážia hmotnosť guľ, ktoré sa vracajú vnútorným dopravníkom, spojeným prevodom s kolesom. Posúdenie reálnosti ponechávame na čitateľa.



Obr. 1.99 Výkres prihlášky patentu z r. 1979. „Gravitačné koleso“, 1 – koleso, 2 – žliabky, 3 – gule, 4 – naháňané koleso, 5 – vodiaca doska, 6 žliabky, 7 – valec

V rozbere množstva variantov mechanických a hydraulických PM, ktoré vznikli už po objavení zákona zachovania energie by bolo možné pokračovať. Analýza takýchto riešení je ale dobrým tréningom na aplikáciu odpovedajúcich fyzikálnych zákonov.

Pre zaujímavosť uvedieme prípady fungujúcich PM (*pseudo PM*).

Sú to zariadenia, ktoré fungujú a podľa všetkých vonkajších znakov pripomínajú PM. Ako však zistíme pri podrobnejšom skúmaní k PM nemajú žiadny vzťah. Odtiaľ prívlastok „*pseudo PM*“.

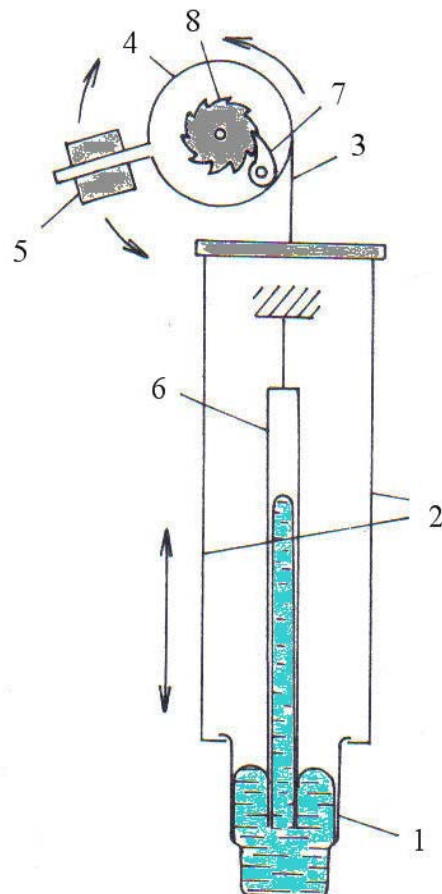
Podstata ich činnosti je známa, existujú však aj riešenia u ktorých je objasnenie princípu funkcie pomerne náročné.

Praktické využitie našli tieto riešenia na pohon hodín a rozličných technických hračiek, modelov strojov a pod. Ich základnou charakteristikou je skutočnosť, že ozaj pracujú neobmedzená čas a zdá sa, že bez zrejmej príčiny. Na ľudí, ktorí nepoznajú podstatu príčiny obyčajne robia silný dojem. U niektorých zástancov tzv. „*energo-inverzie*“ tieto hračky predstavujú „prototypy PM“. Treba však povedať, že vždy existuje plné vedecké objasnenie takéhoto riešenia.

Pokiaľ je známe, prvým vynálezcom, ktorému sa podarilo zostrojiť fungujúci motor, pracujúci bez vonkajšieho zdroja bol holandský inžinier a fyzik CORNELIUS DREBBEL (1592-1633). Okrem iného vynášiel termostat. Tým dal možnosť automaticky regulovať teplotu, čo uplatnil v ďalšom vynáleze – inkubátore. Skonstruoval prvú ponorku s ktorou v Anglicku prekonal pod vodou vzdialenosť medzi Westminsterom a Greenwichom (okolo 12 km) za 3 hodiny. Pripisuje sa mu aj autorstvo výroby kyseliny sírovej. R. 1607 predviedol anglickému kráľovi „večné hodiny“, ktoré si dal patentovať r. 1598. Zdrojom pohonu bol rozdiel potenciálov v okolí (tlaku, teploty, chemického zloženia). Tlak a teplota sú rozdielne vo dne a v noci. Tieto rozdiely možno aplikovať na získanie mechanickej práce. Je to v plnom súlade so zákonmi termodynamiky.

Najjednoduchší spôsob ako využiť kolísanie parametrov okolia je umiestniť doň tlakomer, alebo teplomer s pohyblivými prvkami, ktoré budú robiť niečo užitočné. Presne tak postupoval DREBBEL. V jeho hodinách je tekutinový „termiskop“ v ktorom sa úroveň kvapaliny mení v závislosti na zmene teploty, alebo tlaku. Spojiť plavák na hladine kvapaliny s mechanizmom pohonu hodín je už len otázka mechaniky. DREBBEL vysvetľoval prácu svojho motora existenciou „slniečného ohňa“. Bolo to nielen v duchu vtedajšej doby, ale je to správne aj zo súčasných pozícií, pretože všetky zmeny v atmosfére sú dôsledkom slnečného žiarenia.

Originálny výkres sa nezachoval, ale jeho myšlienku aplikovali viacerí vynálezcovia. R. 1770 Angličan KOX navrhol *barometrický motor*, podľa obr. 1.100. .

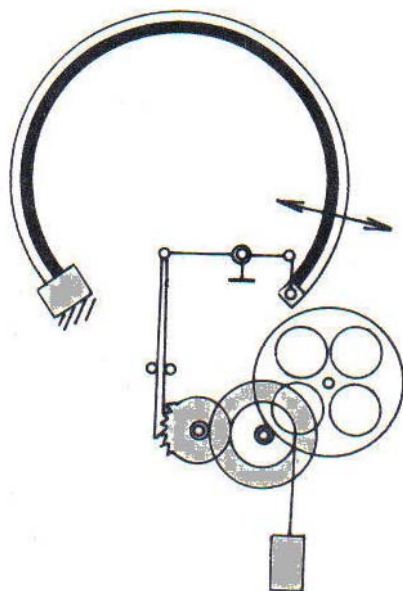


Obr. 1.100 Schéma „barometrického motora“. 1 – pohár, 2 – ťahadlo, 3 – povraz, 4 – koleso – 5 – prítizávažie, 6 – rúrka, 7 – západka, 8 – rohatka

Pohár 1, naplnený ortuťou je zavesený na ťahadlách 2, spojených cez povraz 3 s kolieskom 4. Na ramene kolesa 4 je proti závažie 5. V pohári 1 je ďalej vsunutá rúrka 6 s vákuom. Pri poklese tlaku sa ortuť premiestni z rúrky do pohára a opačne. Pretože rúrka je fixovaná, pohár sa posúva nahor a nadol a cez prevod pootáča kolesom 4. Na kolese je západka 7, ktorá v jednom smere pootáča natáhovací mechanizmus hodín.

Zariadenie bolo odpovedajúco mohutné. V pohári bolo asi 200 kg. ortuti, preto mohlo natáhať veľké hodiny.

Rovnako ako kolísanie tlaku sa dá využiť aj kolísanie teploty. Veľmi jednoduchý a vtipný mechanizmus takejto konštrukcie vyrobil švajčiarsky hodinár P.DROZ r. 1760. Vyrobil dvojvrstvovú pružinu (bimetal), podľa obr. 1.80 z mosadze a železa. Už vtedy bolo známe, že koeficient teplotnej rozťažnosti mosadze (na vonkajšej strane pružiny) je väčší ako železa. Preto pri zvýšení teploty sa pružina bude stáčať a pri znížení roztáčať.

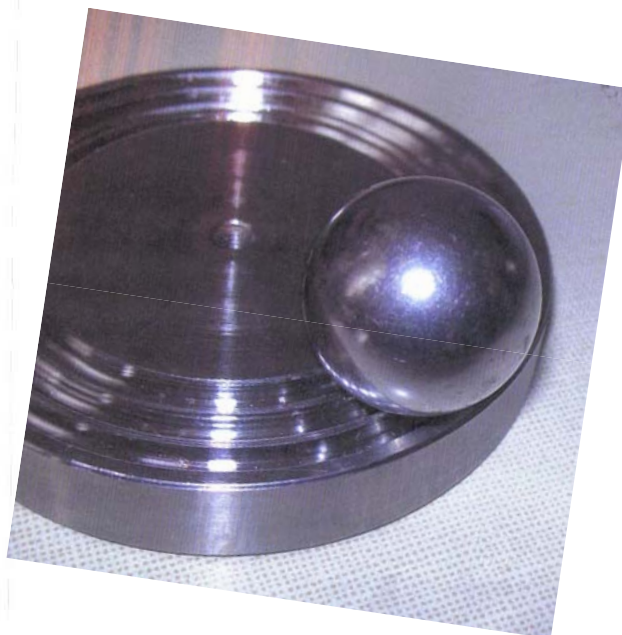
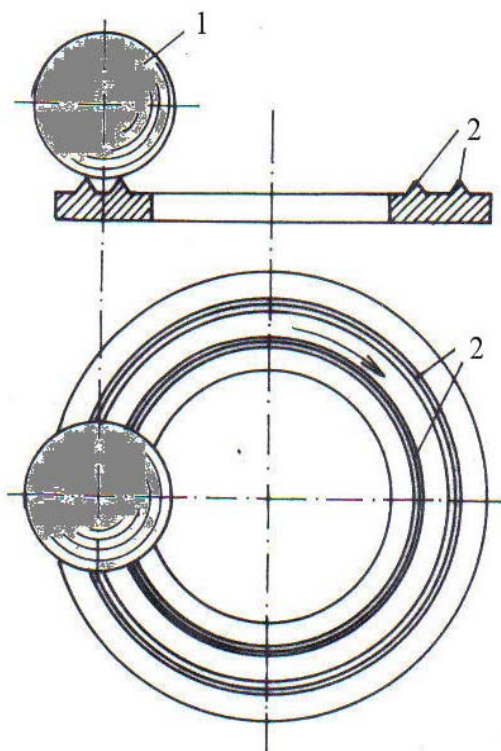


Obr. 1.101 Princíp mechanizmu natáhovania hodín s využitím bimetalu

Systémom prevodov sa tento striedavý pohyb preniesol na jednosmerný pohyb ozubeného kolesa, ktoré dvíhalo závažie, alebo napínalo pružinu. Tento princíp sa v širokej miere aplikuje v tepelných prístrojoch.

Druhá skupina *pseudo PM* je viazaná na zmenu parametrov okolia. Ich činnosť prebieha na prvý pohľad bez akéhokoľvek rozdielu potenciálov. Medzi nimi je známa „samobežná guľa“ alebo „píjúca kačica“.

Princíp samobežnej gule je na obr. 1.102. Na olovených kruhových koľajniciach trojuholníkového profilu je medená, alebo bronzová guľa, ktorej priemer je 2 – 3x väčší ako rozteč koľajníc. Keď experimentátor položí guľu na koľajnice, začne sa táto bez viditeľnej príčiny pohybovať dookola. Ak guľu zastavíme a znova pustíme, bude pokračovať v ceste. Tento experiment má značný vonkajší efekt, pretože na prvý pohľad nevidno príčinu pohybu gule.



a

b

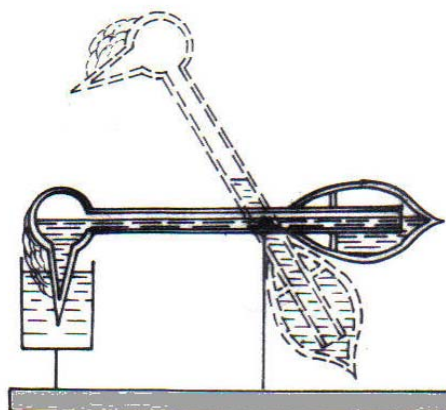
Obr. 1.102 Princíp „samobežnej gule“ – a; 1 – zohriata guľa, 2 – koľajničky, autorov model - b

Vysvetlenie je však veľmi jednoduché. Guľa sa pred experimentom musí nahriať. Tepelná vodivosť olova je veľmi malá. Preto guľa pri dotyku s koľajnicami ohrieva miesto kontaktu. Olovo sa teplom rozťahuje a vytvára na koľajniciach výstupok z ktorého sa guľa kotúľa. Ďalšie takéto kopčeky sa vytvárajú nepretržite, kým guľa nevychladne.

Tento príklad je názornou ilustráciou princípu KARNÓ. Ak existuje rozdiel teplôt, máme pohyb. Ak neexistuje, niet pohybu. Ináč povedané, vnútorná energia gule sa rozdeľuje do koľajnic, až dôjde k vyrovnaniu.

„Pijúca kačica“ nepotrebuje predtým ohrev, ani sa tak rýchle neroztočí ako guľa. Je upevnená tak, že má možnosť otáčania okolo horizontálnej osi, pričom si vždy namočí zobák do vody, aby sa „napila“ a znova zdvihne hlavu, podľa obr. 1.103 .

Obr. 1.103 Pijúca kačica

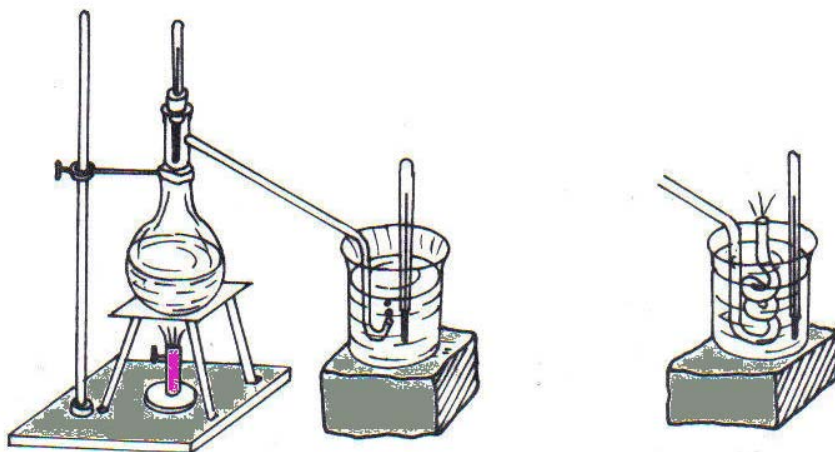


Tento pohyb prebieha bez viditeľnej príčiny a dovtedy, kým je v nádobe voda. Nijaký rozdiel teplôt medzi vodou a okolitým vzduchom nie je. Príčina pohybu sa objasní, keď sa zoznámime s jej konštrukciou. Hlava kačice je vlastne nádoba, ktorá je spojená rúrkou s brucho. Brucho je ďalšou nádobkou, do ktorej rúrka vchádza tak, že dosahuje takmer na dno. Vnútro je naplnené ľahko vyparujúcou kvapalinou, napr. éterom ( $\text{H}_5\text{C}_2\text{-O-C}_2\text{H}_5$ ), tak, aby pri horizontálnej polohe jej úroveň bola asi v strede rúrky.

Aby kačica začala piť, treba jej namočiť zobák do vody. Vata, umiestnená na hlave sa navlhčí. Pretože brucho obsahuje viac kvapaliny ako hlava, preváži ju a odoberá teplo dutiny hlavy. Pritom klesá tlak pár a kvapalina je vťahovaná do hlavy. Tým hlava preváži brucho a kačica sa napije. Proces sa opakuje, kým je čím navlhčiť vatú (Navonok to vyzerá, že prestala piť, lebo jej došla voda).

Záštancovia „inverznej teórie“ práve na tom argumentujú možnosť zostrojiť PM. Veď teplota okolia je rovnaká, tlak je rovnaký, napriek tomu sa kačica pohybuje. Vtip je v rozdiel teplôt vo vnútri kačice a okolia. Pretože okolie nemá obyčajne 100% vlhkosť, dochádza k odparovaniu vody z vaty, čím teplota vaty bude vždy menšia ako okolia. Tento teplotný rozdiel je príčinou činnosti kačice. O pravdivosti tohto tvrdenia sa môžeme ľahko presvedčiť, ak prikryjeme kačicu skleneným zvonom. Vzduch pod zvonom sa o chvíľu nasýti parami, jeho relatívna vlhkosť sa zvýši natoľko, že voda sa prestane odparovať a pohyb sa zastaví.

Zaujímavý variant „samovoľného“ získania rozdielu teplôt uviedol ruský kryštalograf A.V.ŠUBNIKOV r. 1936. Postavil otázku, či možno ohriať 100 stupňovou parou vodu na viac ako  $100^\circ\text{C}$ ? Odpovedá nasledovným experimentom. V banke (obr. 1.104) je naliata voda. V hrdle je umiestnený teplomer, ktorý pri uvedení vody do varu ukazuje vždy  $100^\circ\text{C}$ . Z boku hrdla banky vychádza rúrka, ktorá končí v nádobe s nasýteným roztokom soli. Okrem toho je na jej dne nasýpaná ďalšia soľ a do roztoku je vsunutý teplomer.



Obr. 1.104 Šubnikovov pokus. a – solný roztok sa ohrieva parou na  $110^\circ\text{C}$ , b – roztok sa ohrieva na  $100^\circ\text{C}$



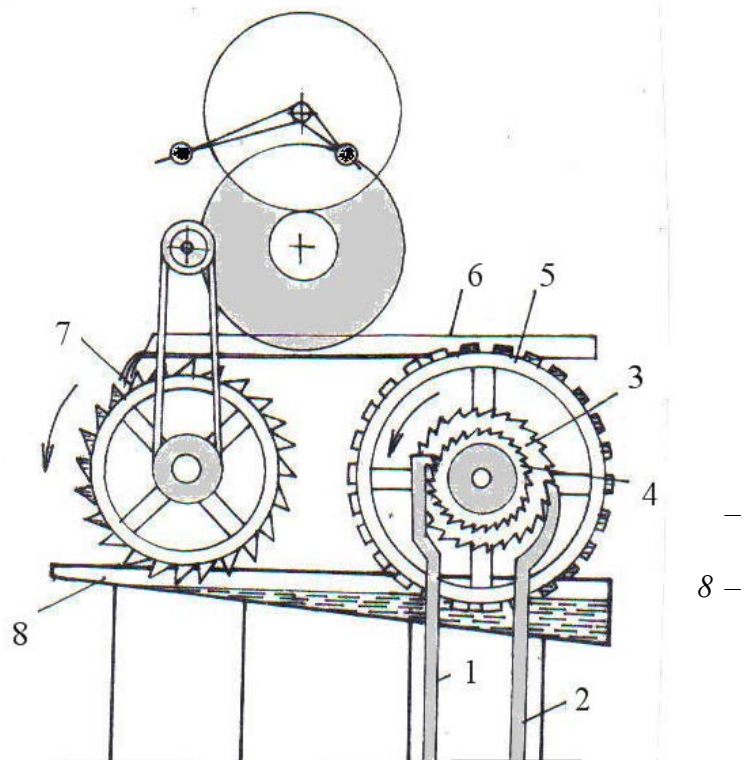
Pri ohrievaní vody v banke do bodu varu bude para v bublinách prechádzať cez roztok soli dovtedy, kým aj tento nezovrie. Teplota varu nasýteného roztoku soli je asi  $110^{\circ}\text{C}$ . Túto teplotu skutočne ukazuje druhý teplomer. Teda vodná para, ktorá má teplotu  $100^{\circ}\text{C}$  ohrieva roztok na  $110^{\circ}\text{C}$ . Ako je to teda s 2. zákonom termodynamiky?

Ak vychádzame z cieľa pokusu, ohriať sto stupňovou vodou inú kvapalinu nad túto teplotu, museli by sme pokus upraviť tak, že bude prechádzať rúrkou cez roztok bez bublín, podľa obr. b. V takomto prípade sa žiadna kvapalina, teda ani roztok soli neohreje viac ako na  $100^{\circ}\text{C}$ . Tým sme pokazili radosť všetkým vynálezcom PM na tomto princípe.

Príčina ohrevu roztoku nad  $100^{\circ}\text{C}$  v prvom prípade totiž spočíva v tom, že tu dochádza nielen k jednoduchému ohrevu, ale aj ku zmiešaniu vodnej pary so slanou vodou. Bublínky pary v slanej vode kondenzujú a rozmiešavajú ju, pričom sa rozpúšťa ďalšia soľ, ktorá je na dne nádoby do stavu, blízkeho nasýteniu. Tieto dva procesy vedú ku zvyšovaniu teploty nad  $100^{\circ}\text{C}$ . Vyrobiť na tejto báze PM sa nedá.

V súvislosti s teplotnou rozťažnosťou možno uviesť veľmi starý princíp, znázornený na obr. 1.105 .

Obr. 1.105 Naťahovanie hodín na princípe teplotnej rozťažnosti materiálu. 1 – 2 – tyče z materiálu s veľkým koeficientom teplotnej rozťažnosti, 3, 4 – rohatky, 5 – koleso s lopatkami, 6 – žliabok, 7 – pracovné koleso, 8 – nádrž s ortuťou



Ide o pootáčanie rohatiek 3 a 4 pohonu ortuťového čerpadla 5 pomocou dvoch stačí 1 a 3, ktoré teplom menia svoju dĺžku. Vynesená ortuť poháňa koleso 7, ktoré je spojené s pružinovým kolesom hodín. Môže vzniknúť logická otázka, prečo rohatky nie sú priamo spojené s pružinovým kolesom hodín a iste by bolo možné vymyslieť ďalšie mechanizmy, založené na teplotnej rozťažnosti materiálov. To ponechávame na čitateľa a vraciame sa k pôvodnej téme.

#### 1.4 Ďalší vývoj parného stroja

R. 1732 anglický technik I. POTTER postavil v Novej bani atmosferický parný stroj NEWCOMENOVEJ konštrukcie. Bol to prvý stroj tohto druhu na Európskom kontinente a čerpal vodu z tamojších, celkom zatopených baní. Pri jednom zdvihu vytiahol až 125 l vody. Za minútu urobil 12-13 zdvihov, takže za 24 hod. vyčerpал asi 22 000 hektolitrov vody. Základnými časťami stroja bol kotol, valec s piestom, vahadlá a rozvodový mechanizmus. Kotol sa naplnil vodou asi do dvoch tretín. Kúrením pod ním sa vytvorila para, ktorá sa púšťala pod piest. Piest sa dostal do hornej polohy. Vtedy sa uzatvoril prívod pary a do valca sa vstrekla studená voda. Para skondenzovala a vo valci sa vytvoril podtlak. V dôsledku toho sa piest posunul do hornej polohy a kyvadlo vykonalo prácu. Postupné čerpanie vody umožnilo obnoviť prácu v baniach. V rokoch 1732-1735 sa I. POTTER zúčastňoval na stavbe ďalších „anglických“ strojov na šachte Jozef a šachte Magdaléna v Banskej Štiavnici.

R. 1736 J. HULL (1699-1758) dostal prvý patent na kolesový čln, poháňaný Newcomenovým atmosferickým parným strojom. Nevedno, či myšlienku aj realizoval.

R. 1737 vydáva Francúz B. F. BÉLIDOR (1697-1761) svoje dielo: „*Architecture hydraulique*“, dôležité pre poznanie vývoja vodných motorov.

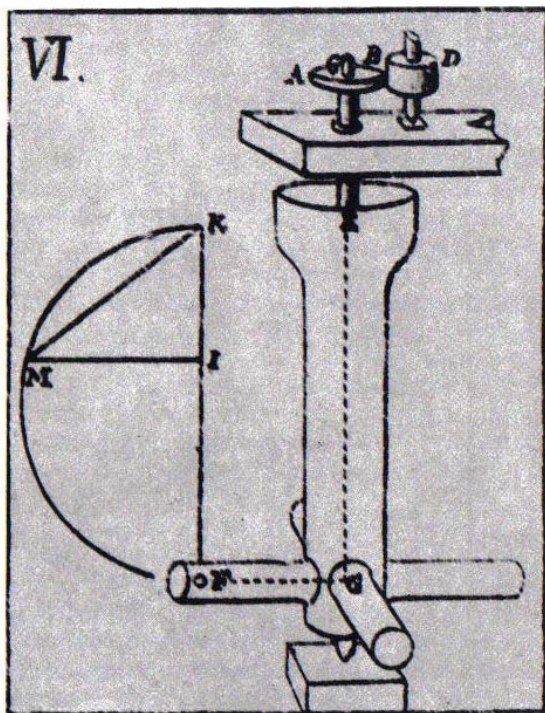
R. 1748-1749 nemecký konštruktér WINTERSCHMIDT a na Slovensku J. K. HELL (1713-1789) konštruujú v praxi použiteľné vodostlpcové stroje na čerpanie vody z baní. Tieto piestové stroje (konštrukciou pripomínajú parné) poháňala tlaková energia vysokého stĺpca vody. Hellov stroj čerpal 384 litrov vody za minútu z hĺbky 148 m.

R. 1750-1754 bratislavský rodák J. A. SEGNER (obr. 1.85) robil pokusy v Nemecku s reakčnou turbínou, ktorú po ňom nazvali *Segnerovým kolesom*. Malo veľký význam pre vznik vodných turbín, neskoršie viedlo ku konštrukciám reaktívnych motorov. V podstate ide o nádobu, ktorá má dole rúrku na tangenciálne vytekanie vody. Pri vytekaní vody pôsobí reakčná sila, ktorá otáča rúrkou opačným smerom. Ide teda o znova objavenie princípu HERONA (1. stor.), ktorý pracoval s ohriatym vzduchom. Originálne výsledky dosiahol v matematike (dôkaz tzv. Descartovho znamienkového pravidla, grafická metóda na určenie funkčných hodnôt polynómu, zdokonalenie postupu na výpočet hodnoty a pod.).



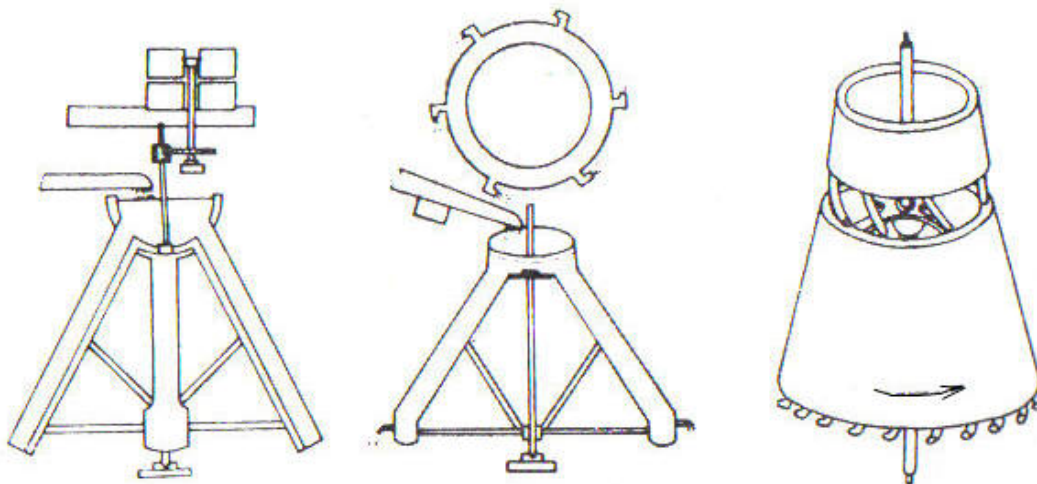
Obr. 1.106 JÁN ANDREJ SEGNER (1708-1777)

Na obr. 1.107 je pôvodný Segnerov náčrt kolesa.



*Obr. 1.107 Segnerov náčrt vodného kolesa z r. 1750 [21]*

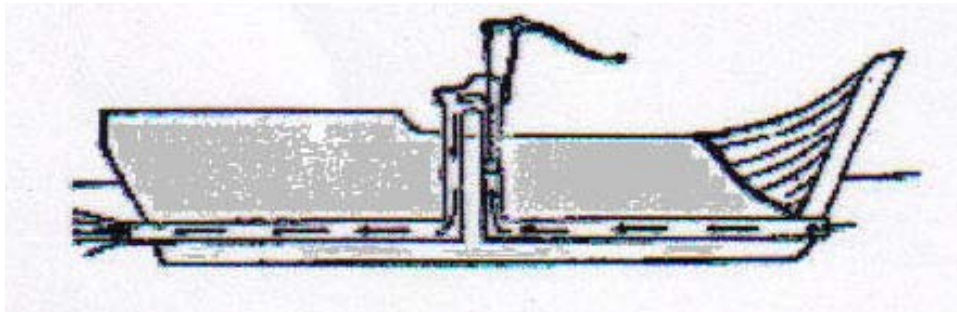
Segnerove koleso výraznejšie zdokonalil Švajčiar I. EULER (1707-1783). Dokázal, že jeho malú účinnosť (50%) možno zvýšiť zošíkmením dýz, a zväčšením ich počtu. Na obr. 1.108 sú jeho konštrukcie.



*Obr. 1.108 Náčrty Segnerového kolesa, podľa Eulerovej úpravy [21]*

Tým vlastne zostrojil primitívnu vodnú turbínu, ktorá sa zatiaľ v praxi neuplatnila pre malý výkon.

V minulosti vznikali zaujímavé nápady, ako využiť reaktívny pohon dopravných prostriedkov. Jeden z nich je na obr. 1.109. Pumpou sa prečerpáva voda zpred lode a vyteká pod tlakom v zadnej časti lode. Reaktívnou silou poháňa loďku dopredu.



*Obr. 1. 109 Návrh reaktívneho vodného pohonu lode prečerpávaním vody*

R. 1752 Švajčiar D. BERNOULLI (1700-1782) navrhuje, aby lode boli poháňané vrtuľovým kolesom. V ďalších dvoch generáciách pokusy s vrtuľovým pohonom robil celý rad vynálezcov a technikov, dlhý čas neúspešne.

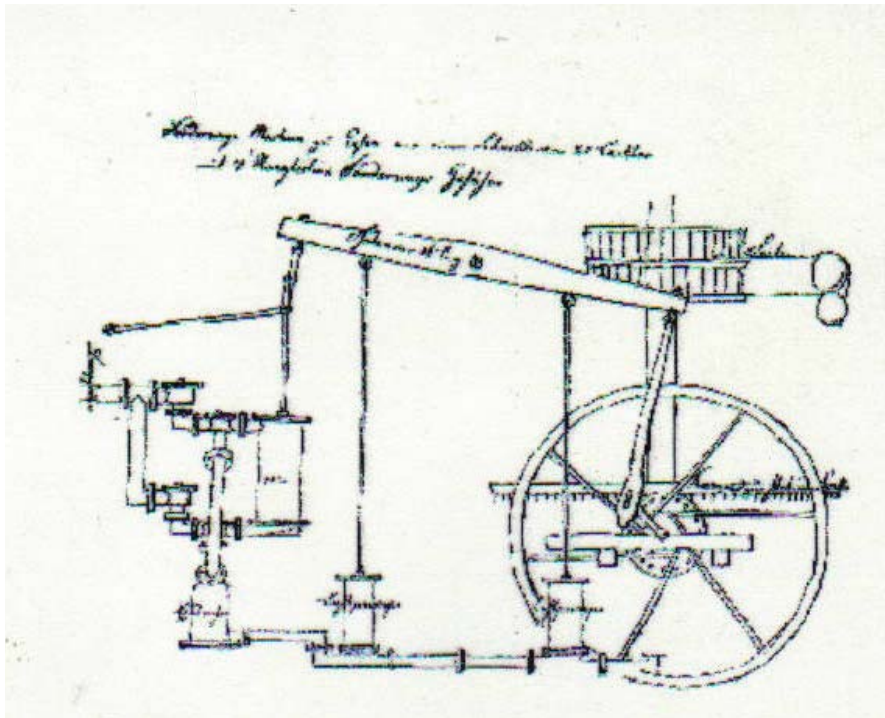
R. 1753 Slovák J. K. HELL (1720-1792) zostrojil tzv. vzdušný stroj, pracujúci na princípe Herónovej banky. Stroj bol určený na čerpanie vody zo šachty Amália v Banskej Štiavnici. R. 1758 stavia v Banskej Štiavnici atmosferický parný stroj Newcomenovho typu s výkonom 9,2 kW.

R. 1764-1766 ruský mechanik I. I. POLZUNOV (1728-1766) skonštruoval dvojvalcový atmosferický parný stroj, ktorý poháňal dúchadlá vysokých pecí v Altajských hutníckych závodoch. Bolo to jedno z prvých použití „ohňového stroja“ na strojový pohon okrem čerpania banských vôd. Dvojvalcový stroj umožňoval nepretržitú prácu.

R. 1765-1769 škótsky mechanik J. WATT (obr.1.110). skonštruoval jednočinný vahadlový parný stroj a získal naň anglický patent (obr. 1.111).

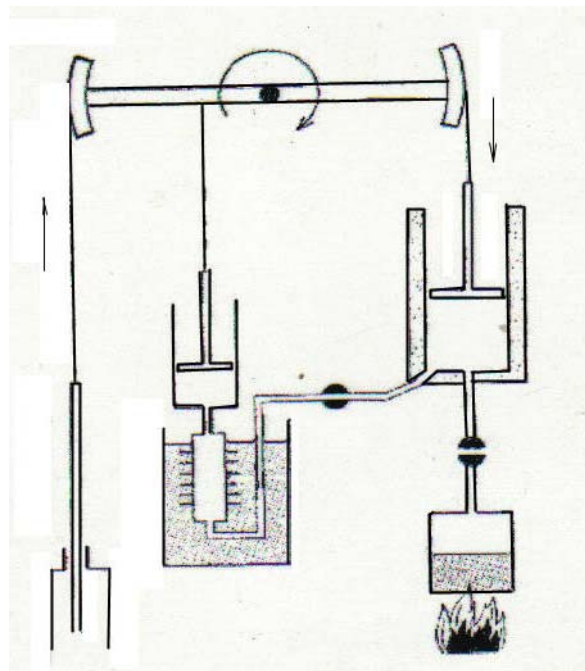


*Obr. 1.110 JAMES WATT  
(1736-1819) [21]*

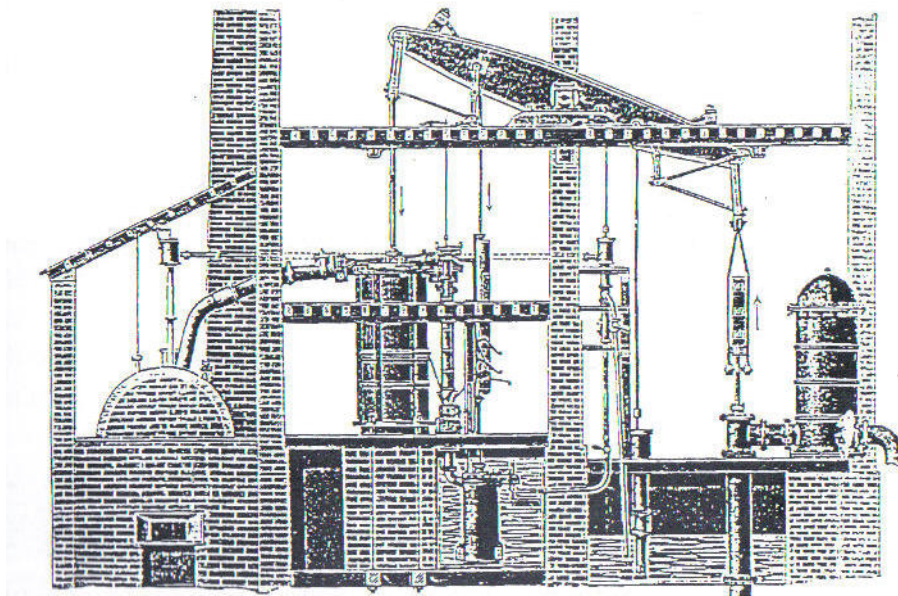


Obr.  
1.111 Wattov  
nákras  
vahadlového  
parného  
stroja

Zdokonalil Newcomenov parný stroj. Oddelil kondenzátor a vývevu a pridal plášť pracovného valca. Tým neobyčajne zvýšil výkon parného stroja.

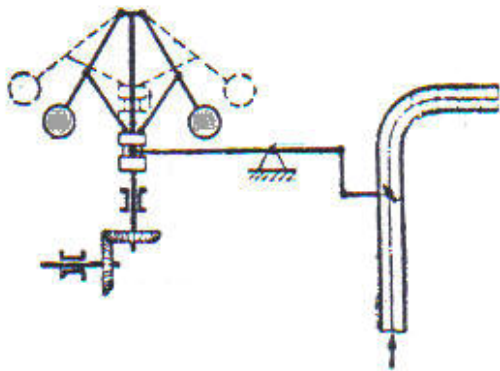


Obr. 1.112 Spätná fáza činnosti  
parného stroja



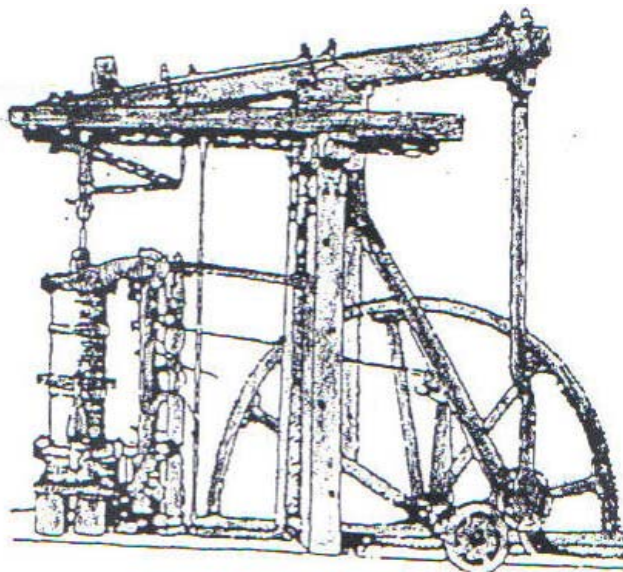
*Obr. 1.113 Kompletný Wattov parný stroj [13]*

Hnací stroj vybavil planétovou prevodovkou a zotrvačníkom a tak sa stal schopný vykonávať rotačný pohyb. Zmenil aj tvar parného kotla na pravouhlý. R. 1784 vyvinul paralelogramové vedenie a tak získal odstredivý regulátor na udržovanie stálej frekvencie otáčania. Tým, že kondenzátor bol oddelený od valca, nemusel sa hrubý valec vždy ochladzovať, čo znamenalo úsporu až 75% energie. WATT valec tepelne odizoloval a ohrieval odpadovým teplom, aby znížil straty tepla. Namiesto atmosférického tlaku vzduchu, ktorá tlačil piest späť to vo Wattových motoroch od r. 1782 vykonávala para. Watt následne použil paru na oboch stranách piesta. Vznikol dvojčinný nízkotlakový parný stroj. Aj ten ešte pracoval ako vahadlový. Keď Watt zmenil vertikálny pohyb cez planétovú prevodovku (neskôr cez ojnicu) na rotačný a mŕtve body prekonal zotrvačníkom, stal sa parný stroj výhodný agregát na pohon priemyselných strojov. Lenže stroj ešte nemenil frekvenciu otáčania. Preto Watt využil jednoduchý princíp odstredivého regulátora. Keď narástla rýchlosť odstredivou silou sa od seba vzdialili dve guľky, umiestnené otočne okolo zvislej osi. Tento pohyb sa preniesol na škrtiacu klapku, ktorá priškrtila prívod pary (obr. 1.114).



*Obr. 1.114 Wattov odstredivý regulátor prívodu pary (Slovenské technické múzeum Košice) a jeho funkcia, vľavo*

Je zaujímavé, že menej známy francúzsky konštruktér PICKARD prihlásil patent na použitie kľukového mechanizmu pri prevode vratného pohybu parného stroja na rotačný. To znemožnilo WATTOVI v ďalších rokoch používať kľuku a vymyslel zložitejšie prevody (obr. 1.115).



*Obr. 1.115 WATTOV dvojčinný nízkotlakový parný stroj. Zotrvačník sa poháňal ozubeným prevodom (model z r. 1790)*

Prvý Wattov parný stroj na Slovensku začal pracovať v Štiavnických baniach, kde poháňal stupu pri šachte Karol.

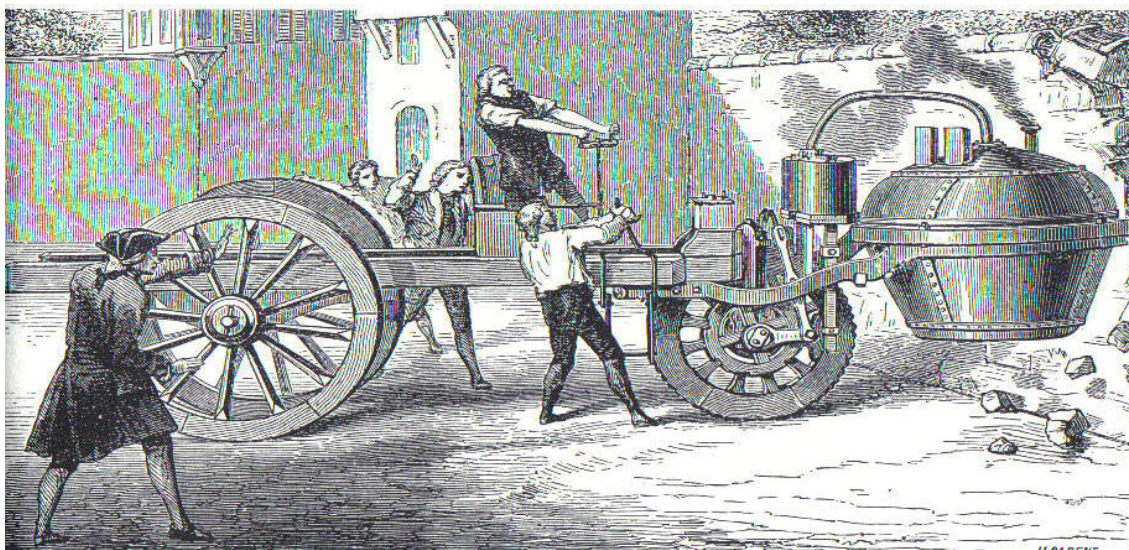
Watt celý život konštruoval len nízkotlakové stroje, hoci veľmi dobre poznal možnosti vysokotlakových konštrukcií, ale z bezpečnostných dôvodov ich odmietal.

Po ďalších konštrukčných zdokonaleniach sa stal parný stroj univerzálnym motorom vrcholnej fázy priemyselnej revolúcie. Umožnil odpútať výrobu od vodných tokov, zbavil ju závislosti na premenlivosti vodnej sily a otvoril cestu k zdokonaleniu moderných priemyselných veľkomiest. Zvyšovaniu výkonov strojov už nebránili prírodné podmienky.

Vie sa, že r. 1759 J. ROBERTSON navrhol svojmu priateľovi J. WATTOVI aby použil parnú energiu na pohon cestných vozov. Uskutočnenie tejto myšlienky nebolo jednoduché. Až o 10 rokov zostrojil parný voz francúz J. CUGNOT. Bol to trojkolesový parný automobil. Ani toto vozidlo však nie je prvým parným vozidlom sveta. Už r. 1765 sa vraj flámsky misionár V. VERBIEST vozil na parou poháňanom voze po uliciach Peking. Bol to štvorkolesový „vehikel“ v ktorom otvorený oheň z horiaceho uhlia zahrieval vodný kotol a vznikala para, ktorá poháňala koleso turbíny.

CUGNOTOV voz si vyslúžil označenie parné auto. Prirodzene, že tento dopravný prostriedok mal ešte slabý výkon. Prvý model, obsadený štyrmi osobami dosahoval pri dvadsať minútovej jazde rýchlosť len 4 km/h. Potom sa naplnený parný kotol vyprázdnil.

Druhé CUGNOTOVO vozidlo, vyrobené na dopravu kanónov bolo už podstatne silnejšie a dosahovalo rýchlosť až 10 km/h (obr. 1.116).



Obr. 1. 116 CUGNOTOV parný voz na prepravu kanónov [21]

Pretože malo ťažisko príliš vpredu, malo veľmi zlé jazdné vlastnosti a ťažko sa ovládalo. Už pri skúšobnej jazde, keď ho riadil sám konštruktér, narazilo do múru a zničilo sa. Objednávateľ, ktorým bola francúzska armáda stratil záujem o projekt parného voza, ktorá chcelo pôvodne využívať delostrelectvo.

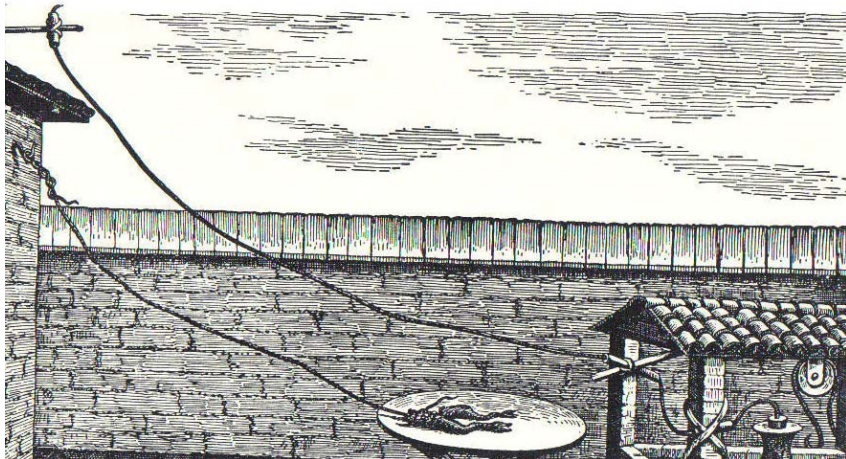


R. 1782 dali v Anglicku do prevádzky prvý parný mlyn.

R. 1783 Angličan J. WILKINSON zavádza parný pohon kovárskeho buchara, tiež robí pokusy s pohonom valcovačky, ktoré ukončil r. 1796.

R. 1784 Angličan W. MURDOCK, Wattov spolupracovník skonštruoval model vysokotlakového parného stroja. Pre Wattov odpor však v pokusoch prestal pokračovať.

R. 1780-1791 taliansky anatóm L. GALVANI objavuje svojimi pokusmi so žábimi stehienkami nový zdroj energie, mylne sa domnieva, že ide o energiu živočíšnu (obr. 1.117).



Obr. 1.117 I.  
GALVANI a jeho  
pokus [21]

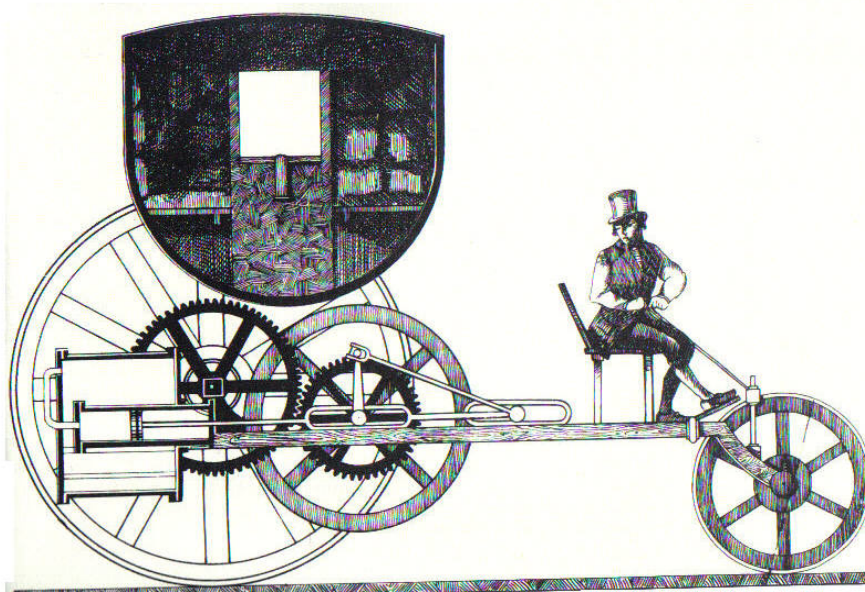
Pozoroval, že čerstvo odrezané žabie stehienka sa silne strhnú, keď sa ich dotkne svalu, alebo obnaženého nervu dvoma rozličnými kovmi, ktoré sú spojené vodičom. GALVANI to vysvetľoval mylne ako „*zvieraciu elektrinu*“, ako ju poznáme napr. u raji elektrickej. Vysvetlenie priniesol v r. 1795-1800 jeho krajan A. VOLTA, ktorý pokus zopakoval.

R. 1793 taliansky fyzik ALEXANDRO VOLTA skúmal stykovú elektrinu, ktorá vznikala dotykom dvoch rozdielnych kovov. Objavil vlastne prvý galvanický článok. Túto stykovú elektrinu objavil v nadväznosti na pokusy L. GALVANIHO so žábimi stehienkami. VOLTA dospel k poznatkom, ktoré umožnili zostaviť rad napätia kovov. Neskôr ho pomenovali podľa neho „*Voltovej rad*“. Pretože VOLTA ešte nemal prístroj na meranie napätia, použil na zisťovanie elektromotorickej sily svoj jazyk. Porovnával intenzitu chuťových pocitov, ktoré vyvolávali dva rozličné kovy, pritlačené na vlhký jazyk a zostavil nasledovné poradie: zinok-cín-olovo-železo-mosadz-platina-zlato-striebro-grafit. Čím ďalej boli od seba v tomto rade dve látky, tým intenzívnejšia bola „*prúdová chuť*“. Prúd pretekal vždy od člena radu vľavo ku pravému. R. 1794 rozšíril svoj rad napätia na 28 látok, medzi nimi boli aj zlúčeniny kovov. Tento základný poznatok bol dôležitý pre ďalší vývoj galvaniky a elektrických batérií.

Viaceri konštruktéri sa snažili postaviť loď, poháňanú parou. Určité úspechy mal Američan J. FITCH (1743-1798), ktorý predvádzal na rieke Delavare parný čln, na ktorom parný stroj poháňal sústavu vesiel. V nasledujúcich rokoch postavil niekoľko parných lodí a nakoniec navrhol vrtuľový pohon.

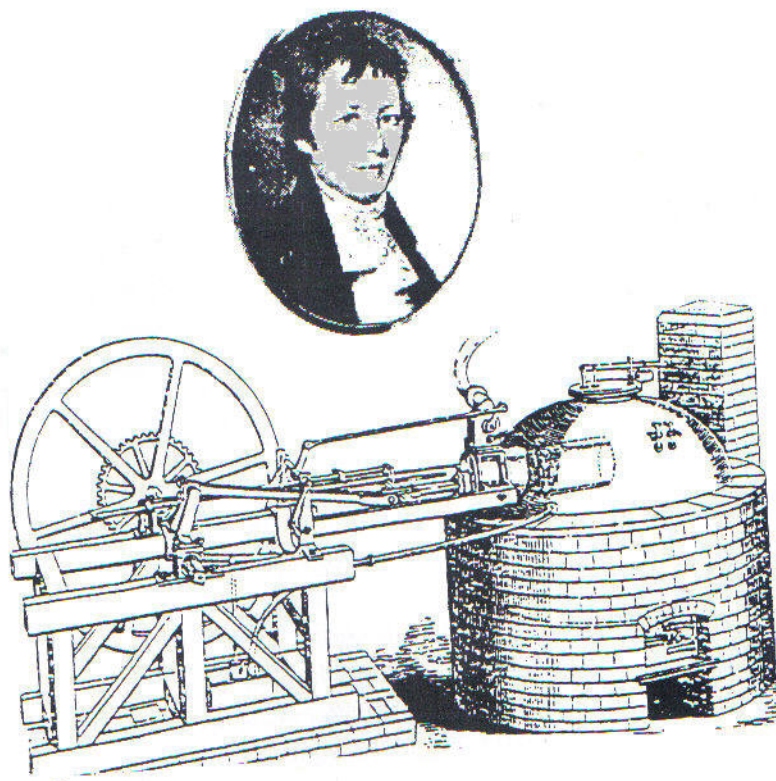
R. 1788 Angličan W. SIMINGTON (1764-1831) spolu s MÜLLEROM postavili kolesovú parnú loď, ktorá sa pohybovala rýchlosťou 5 míľ/h.

Po r. 1800 sa skončila platnosť WATTOVHO patentu na parný stroj. Mnohí konštruktéri vystúpili s ďalšími vylepšeniami. R. TREVITHICK (1771-1833) v Anglicku a O. EVANS (1755-1819) v Amerike stavajú prvé vysokotlakové parné stroje, ktoré dosahujú parným vozidlom rýchlosť 15 km/h (obr. 1.118). Konštrukcie vychádzajú zo starých kočov.



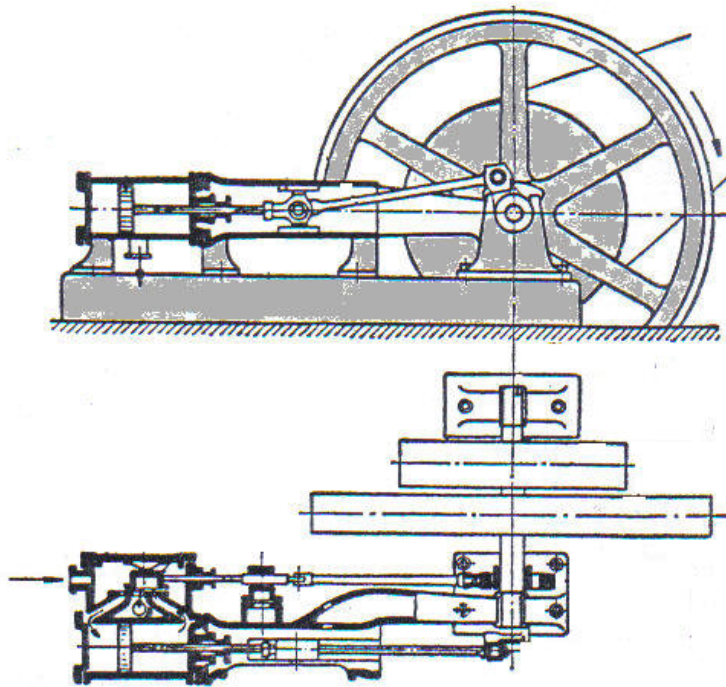
Obr. 1.118  
TREVITHICKOV  
„parný  
kočiar“ [21]

Obr. 1.119 TREVITHICK so  
svojim parným strojom z r.  
1800 [21]



Pôvodný Wattov stroj z r. 1782 bol časom neobyčajne zdokonalený. Para z kotla je vedená do posúvačovej komory. Kanálmi je rozvádzaná do valca, kde pohybuje piestom vpravo a vľavo. Piest je pevne spojený s piestnou tyčou, tá vychádza upchávkou z valca a je pripojená ku križiaku, ktorá sa vedie vo vedení. V križiaku je kývne uložený koniec ojnice, ktorej druhý koniec je na kľuke. Kľuka je zaklinovaná na kľukovom hriadeľi so zotrvačníkom a remenicou, dokonale uloženom v ložiskách. Priamy pohyb piestu sa týmto kľukovým mechanizmom mení na otáčavý kľukového hriadeľa. Keď sa hriadeľ otočí raz, vykoná piest dva zdvihy. Remeň z remenice alebo zotrvačníka poháňa pracovné stroje.

Obr. 1.120  
Vylepšený parný  
stroj



Rozvod pary sa realizuje posúvačmi, alebo ventilmi. Pri posúvačovom rozvode je posúvač poháňaný posúvačovou tyčou od excentra na hriadeľi kľúže po zabrusenej dosadacej ploche valca, čím uzatvára alebo otvára kanáliky vo valci, rozvádza paru. Piest na obrázku je asi v prostriedku zdvihu. Posúvač uzavrel jeden kanál, para prúdi na ľavú stranu piesta. Para na ľavej strane prechádza kanálikom do dutiny posúvača a otvorom do výfuku. Až dobehne piest do pravej úvrati, posunie sa posúvač vľavo a para bude tlačiť piest naľavo a súčasne uniká para kanálikom von. U prvých parných strojov rozvádzal paru pracovník, až neskôr boli vynájdené samočinné rozvody.

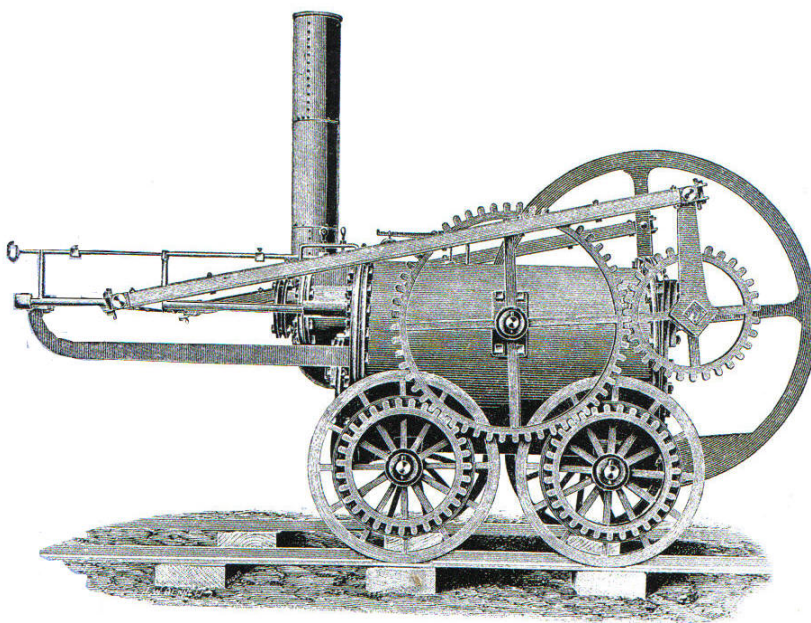
A. WOLF (1766-1837) nadväzuje na staršie projekty J. C. HORNBLOWERA (1753-1815) a konštruuje združené parné stroje s násobnou expanziou.

H. MAUSLAY (1771-1831) a ďalší navrhujú parné stroje s priamym rotačným pohybom cez váhadlá. Súčasne sa množia návrhy nových systémov parných kotlov (vodorúrové plameňové, vysokotlakové) a parných rozvodov. Tak sa v prvých desaťročiach 19. storočia parné stroje rýchlo zdokonaľovali a uplatnili sa vo všetkých priemyselných odvetviach, poľnohospodárstve, železničnej a lodnej doprave.

R. 1802 už existovali mláťačky na parný pohon. Dokonalejšiu mláťačku zostrojil až neskôr, roku 1811 aj tvorca prvých lokomotív R. TREVITHICK. Skonstruoval prvý „pouličný rušeň“ s dvojčinnám parným strojom, ktorý v Londýne vzbudil veľkú pozornosť.

Angličan H. MAUSLAY stavia prvé mechanické hobľovacie stroje na parný pohon.

Prvé parné lokomotívy R. TREVITHICKA postavené pre anglické železiarne v Coalbrooklade a v Penydarrane utiahli náklad 10 ton rudy a niekoľko desiatok osôb. Ďalšiu prevádzku brzdili len nedostatočne pevné koľajnice.



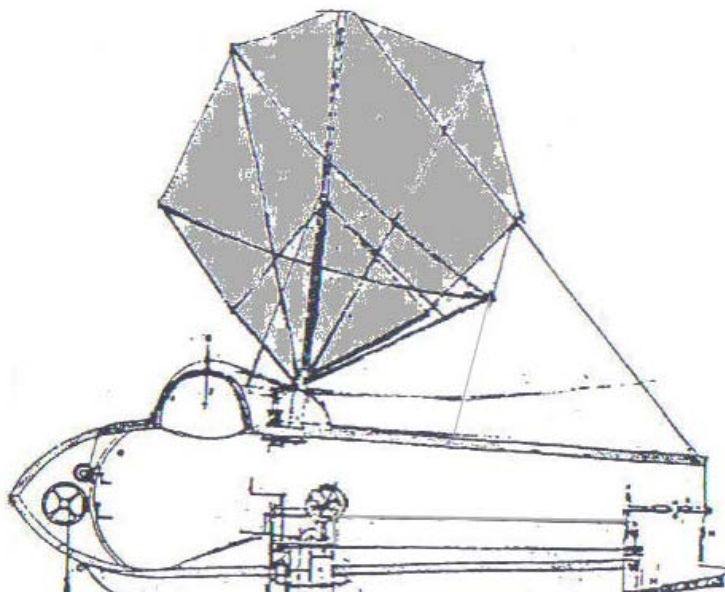
Obr. 1.121  
Jedna z lokomotív  
TREVITHICKA pre  
nákladnú a osobnú  
dopravu (1805) [21]



Obr. 1.122 Funkčný model  
funkčného jednočinného  
parného stroja z autorovej  
zbierky

Na objednávku francúzskeho Ministerstva námorníctva zhotovil Američan R. FULTON po tri roky trvajúcej stavbe ponorku tvaru cigary, ktorú nazval Nautilus. Trup ponorného člna z medi bol 6,48 m dlhý a 1,94 m široký. Ponorka pre jednu osobu sa uvádzala do chodu ručnou kľukou cez prevodovku a hriadeľ poháňala skrutku. Nové na ponorke bolo hĺbkové kormidlo. Pri plavbe na hladine bolo možné použiť plachtu. Pri plavbe pod vodou bola plachta zrolovaná a stožiar sklopený na trupe ponorky (obr. 1.123).

Obr. 1.123  
Prierez ponorkou  
Nautilus (1800) [21]

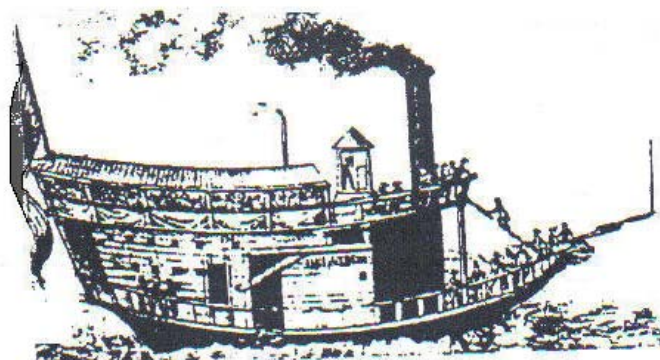


R. 1806-1807 stavia F.J.GERSTNER (1750-1832) na pôde pražskej Polytechniky prvý parný stroj v Habzburskej monarchii. Bol to dvojčinný parný stroj s oddeleným kondenzátorom a priamym prevodom na rotačný pohyb.

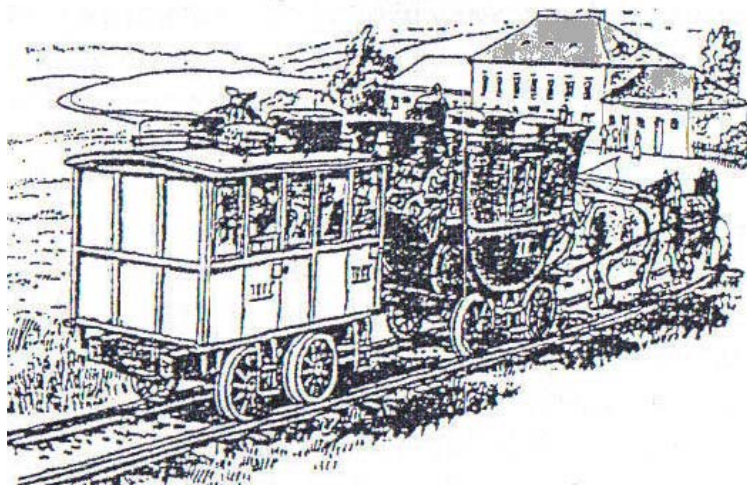
R. 1807 Angličan W. CUBITT značne zdokonalil účinnosť veterných mlynov, keď skonštruoval krídla, ktoré sa automaticky natáčali podľa smeru vetra

R. 1807 Američan R.FULTON (1765-1815) uskutočnil so svojim parníkom Clermont úspešnú diaľkovú plavbu na rieke Hudson z New Yorku do Albany. Vzdialenosť 150 míľ preplával za 32 hodín. V nasledujúcom roku zavádza pravidelnú paroplavbu. R. 1814 stavia prvú parnú vojnovú loď Demologus (obr. 1.124). Na pohon parníkov používa kolesá. a Wattov parný stroj. Od r. 1807 zaviedol pravidelné linky s paroplavbou.

Obr. 1.124 Fultonovo plavidlo  
[21]

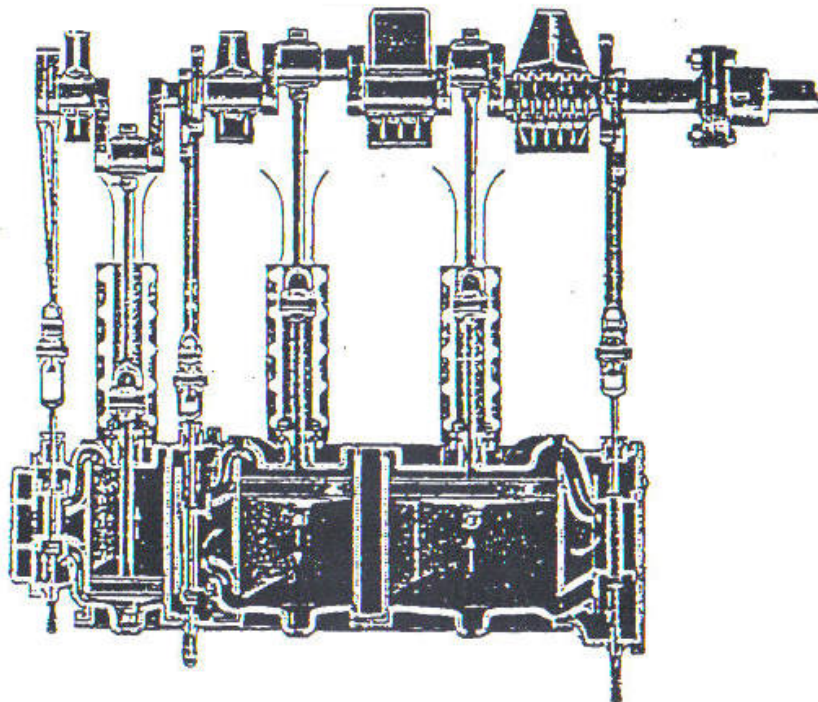


R. 1808 bola prvý krát na európskom kontinente postavená trať medzi Lincom a Českými Budějovicami s konským pohonom. Mala vyplniť dávnu túžbu, spojenie medzi Dunajom a Vltavou, resp. Labe a tým medzi Čiernym a Severným morom. Prevýšenie trate bolo 328 m. Slúžila na dopravu nákladu aj osôb (obr. 1.125).



*Obr. 1.125 Dobový pohľad na trať České Budejovice – Linz [21]*

Na pohon lodí bol vyvinutý lodný parný stroj. Podstatou je použitie viacerých valcov s rozličným priemerom a rovnakým zdvihom. Para sa dostáva postupne k pravému, strednému a ľavému valcu. Pohyb piestov zabezpečuje 3x zalomený hriadeľ (obr. 1.126).



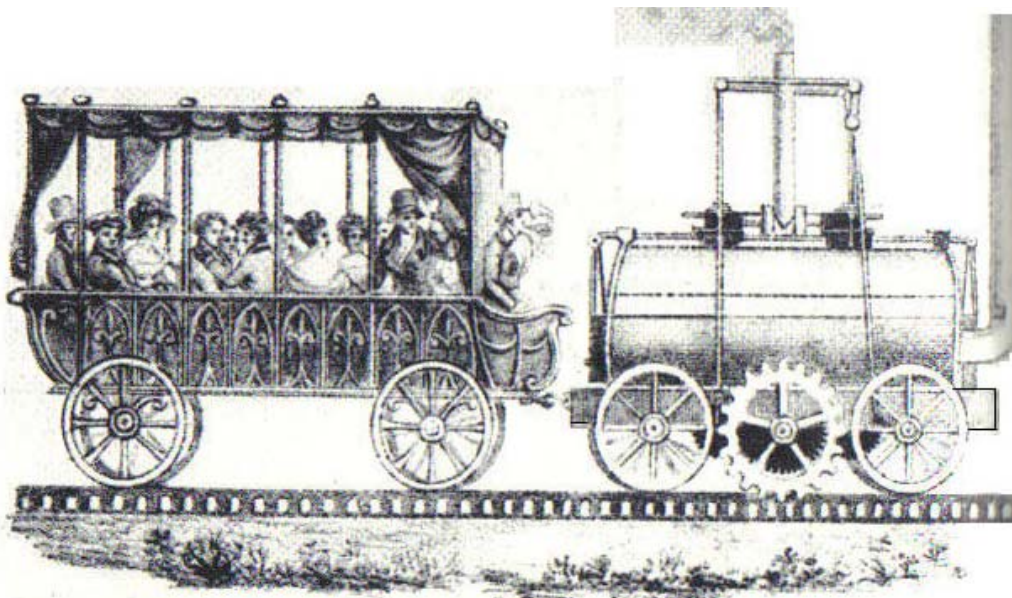
*Obr. 1.126 Lodný parný stroj[21]*

R. 1810-1811 F. KÖNIG (1774-1833) konštruje v Anglicku valcový rýchlosis na parný pohon, ktorá je 10 krát rýchlejšia ako ručný. Umožnilo to prudký rozvoj kníhtlače

12. augusta 1812 v Middletone vo Veľkej Británii uviedli do prevádzky prvú ozubenú železnicu, postavenú podľa patentu J. BLENKONSONA (obr. 1.99). Koľajnice mali na vonkajšej strane navarené zuby. Rušeň bol totiž pomerne ľahký. Problém trenia medzi koľajnicami a kolesom spôsobil niektoré kuriózne riešenia. Napr. rušeň bratov CHAPMANOVCOV sa posúval dopredu pomocou reťaze. Wiliam BRUTON vyvinul dokonca rušeň bez kolies, jeho stroj kráčal dopredu na chodúľach. Bol to príklad jednej zo slepých uličiek v dejinách dopravy.

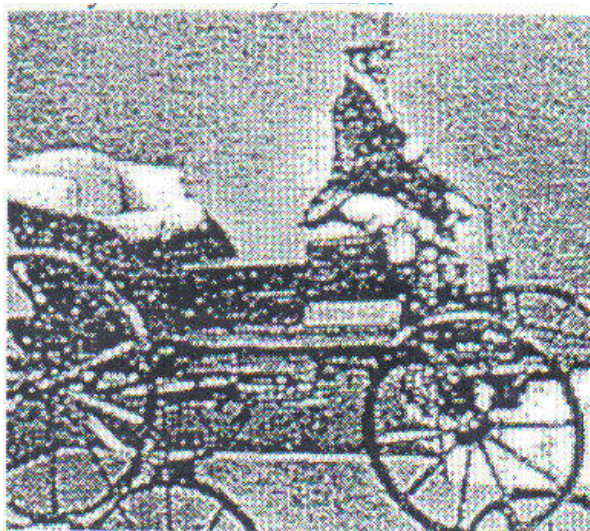
R. 1814 Angličan G. STEPHENSON (1781-1848) konštruje prvú výkonnú parnú lokomotívu pre závodnú dopravu v uhoľnej bani. Utiahla 30 t nákladu.

V Rusku v Sankt Peterburgu aj na Urale postavili prvé ruské parovozy. Konštruktérom bol A.ČERBANOV. Parovoz slúžil na prevážanie rudy neďaleko Tagiľa medzi Hornou a Dolnou Šaldou.



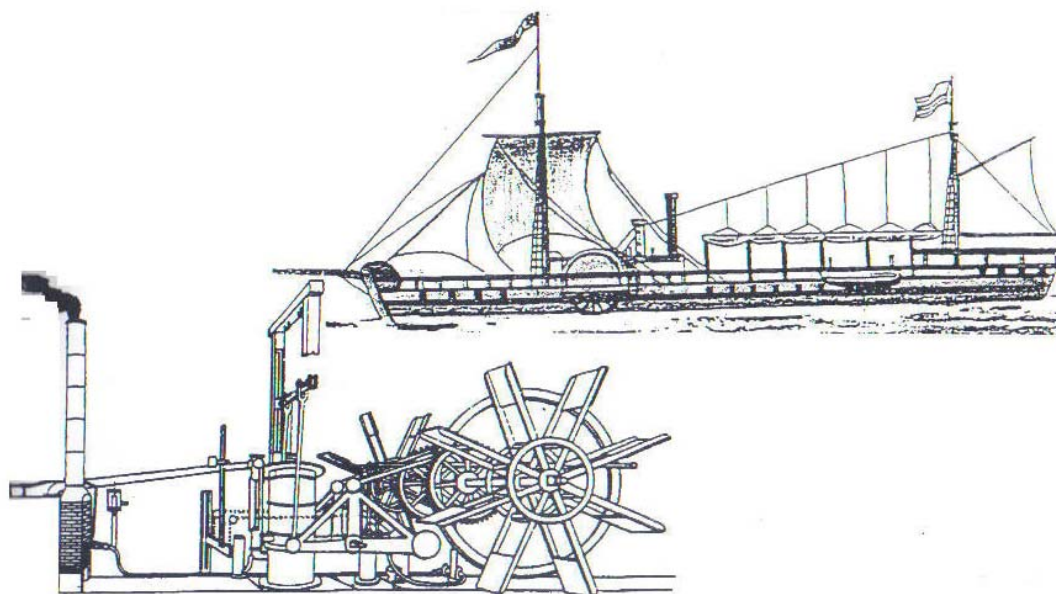
*Obr. 1.127 Vlak s BLENKINSONOVÝM rušňom z r. 1812. Pohon sa neprenáša trením kolies, ale ozubeným kolesom [21]*

R. 1815-1817 P.BRUNICH a J.BOŽEK, majstri dielni pražskej Polytechniky konštruujú dva parné vozy. (obr. 1.128). R. 1815 predviedol BOŽEK svoj voz na verejnosti v pražskej Stromovke. Produkciu zopakoval r. 1817 a súčasne predviedol parný čln.



*Obr. 1.128 Parný voz BRUNICHA a BOŽEKA*

Plavidlo Cleromont bolo prvým parníkom, ktorý začal premávať na pravidelnej linke. Spájaj mestá New York a Albany. Americký inžinier Robert FULTON staval svoju parou poháňanú loď už od r. 1803.

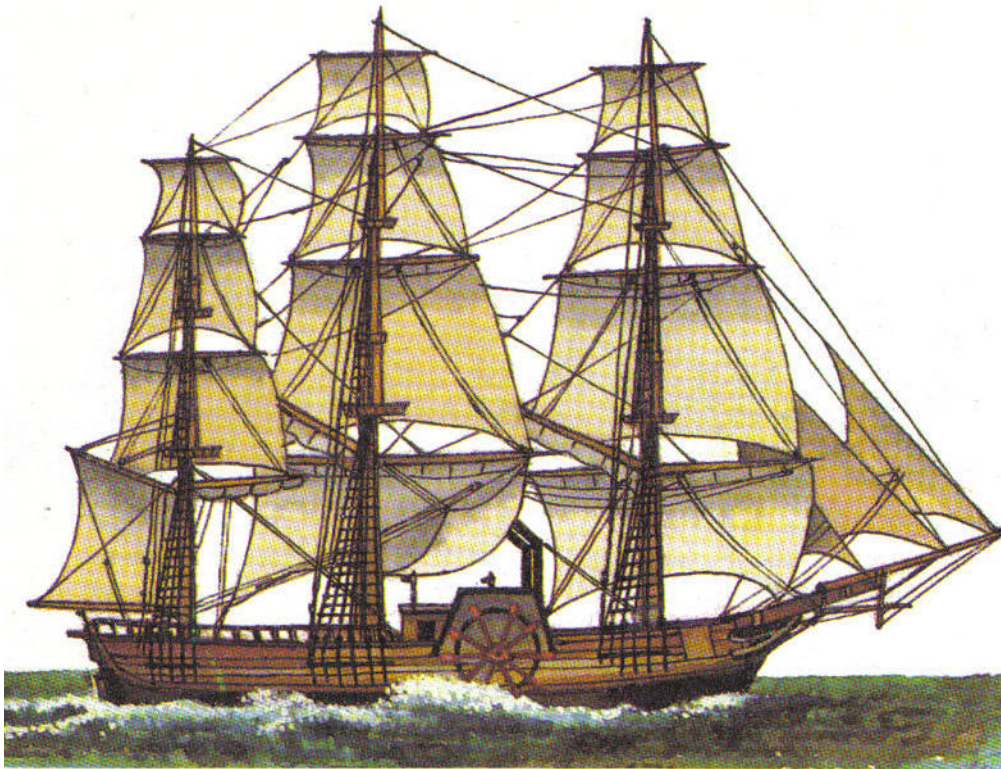


*Obr. 1.129 Parník s lopatkovými kolesami Cleremont a jeho stroj*

Škót B.N.WILSON robí pokusy s vrtuľovým pohonom lodí a lodnú skrutku umiestňuje v ráme, podobne ako J.RESEL (1793-1854).

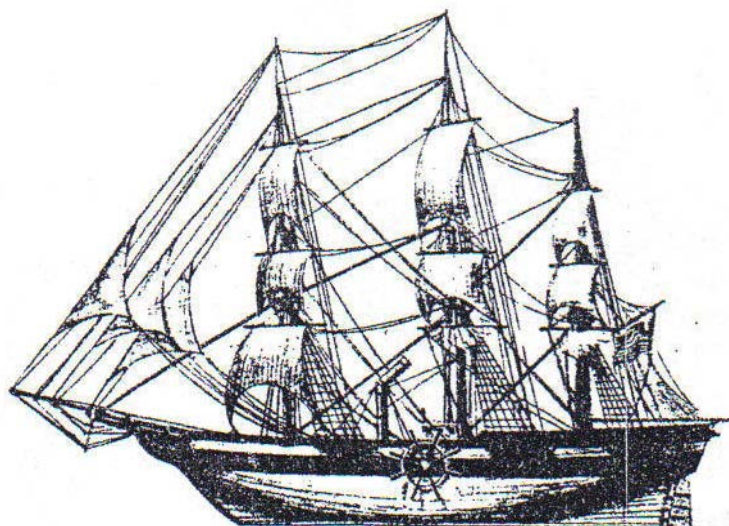
R. 1819 preplával Atlantický oceán plachticový parník „Sevannah“. Na prvý pohľad pripomínal plachticu.





*Obr. 1.130 Parník Savannah[21]*

Sírius, 703 tonový americký parník bol medzistupňom medzi plachetnicou a parníkom. Mal zmenšenú plochu plachiet (obr. 1.131).



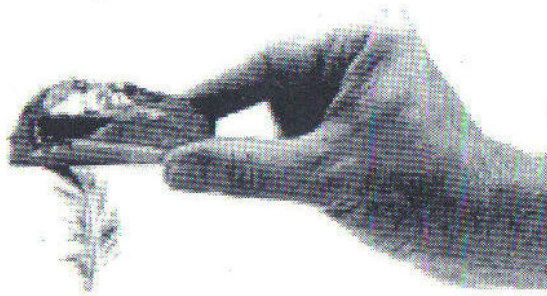
*Obr. 1.131 Paroplachtová loď Sírius [21]*

R. 1820 Angličan R.G.GURNEY (1793-1875) začína stavať cestné parné vozy. Používali sa na osobnú dopravu ako prvé autobusy. V obmedzenej miere sa vyvíja verejná cestná parná doprava.

V rovnakom roku v Anglicku postavili prvý kovový parník Aeron Manby.

## 1.5 Počiatky elektriny a turbín

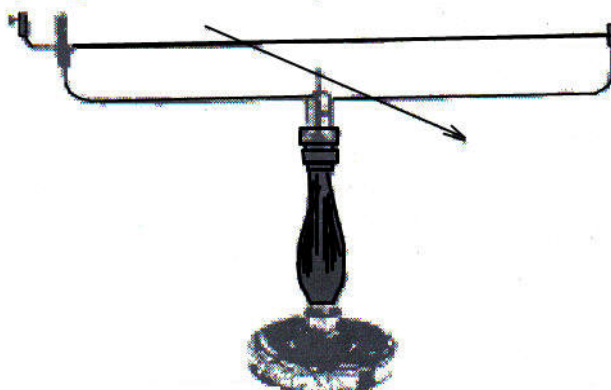
Hoci elektrinu poznali už starí Gréci, pravdepodobne keď šúchali kúsky jantáru (obr. 1.132) a všimli si, že priťahuje ľahké predmety.



*Obr. 1.132 Demonštrácia existencie statickej elektriny*

Slovo „elektrina“ pochádza z gréckeho pomenovania jantáru „*elektrón*“. So štúdiom statickej elektriny začal už v 16. storočí WILLIAM GILBERT. Objavil napríklad že predmety „nabité“ elektrinou priťahujú, alebo odpudzujú iné „nabité“ predmety.

R. 1830 dánsky profesor fyziky H.CH.OERSTED (1777-1851) prvý zistil, že elektrický prúd vychýľuje magnetku a tak vyvoláva magnetické pole. Rozpoznal teda rozdiel medzi magnetizmom a elektrinou. Položil základy bádania o elektromagnetizme a dal podnet na mnohé základné vynálezy na poli elektrotechniky.

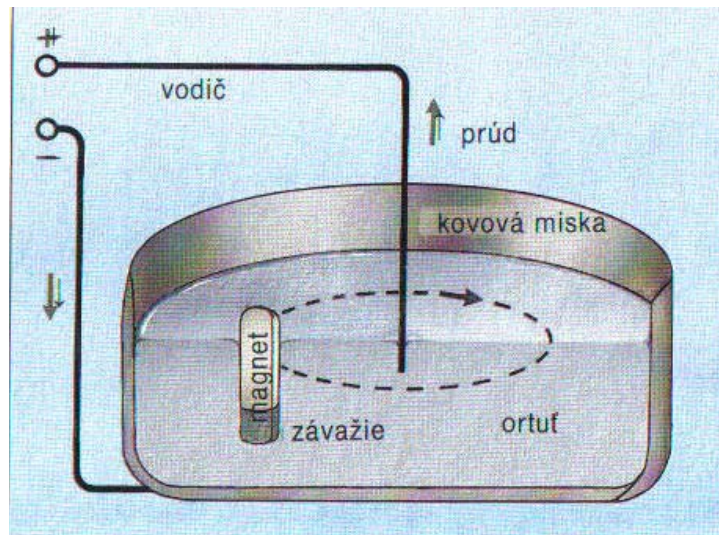


*Obr. 1.133 Demonštrácia objavu H.CH.OERSTEDA*

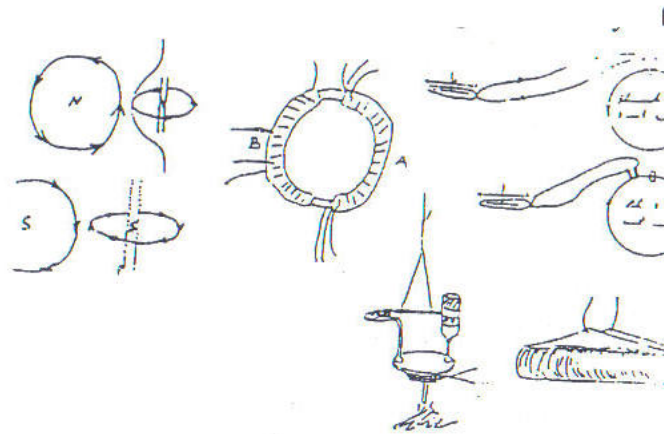
Teóriu elektromagnetizmu dopracoval neskôršie A.M.AMPÉRE, ktorý prakticky využil vychýľovanie magnetky na zostrojenie telegrafu. Na tieto práce nadviazal D.F.ARAGA, ktorý objavil, že železo sa zmagnetizuje v blízkosti vodiča, cez ktorý

prechádza prúd a že ihly v dutine cievky menia svoju magnetickú polaritu podľa smeru navíjania. Na to naviazol M.FARADAY, pričom bol blízko objaveniu princípu elektromotora. Permanentný magnet sa otáča okolo elektrického vodiča (1829).

Obr. 1.134 Pokus, pomocou ktorého objavil FARADAY existenciu elektrodynamické sily. Keď vodičom preteká prúd, magnet obieha okolo neho [21]



V nasledujúcom roku uvažoval o tom, či by sa tento princíp nedal obrátiť a teda, či sa z magnetizmu nedá získavať elektrina pohybom vodiča v magnetickom poli. Série týchto pokusov úspešne završil r. 1831.



Obr. 1.135 H. CH. FARADAY (1791-1867) a časť jeho experimentálnych záznamov[21]

R. 1821 nemecký fyzik T.J.SEEBECK vynášiel termočlánok, zdroj elektrickej energie, získanej premenou z tepelnej. K tomuto objavu dospel tak, že položil na seba bizmutový a medený kotúč a obidva pripojil ku koncu cievky. Zistil, že pri dotyku rúk sa magnetická ihla v cievke vychýlila. Vyvodil z toho záver, že teplo jeho rúk pôsobilo ako energia s magnetickým účinkom. Tak sa stal objaviteľom *termoelektriny*, ktorú nazval

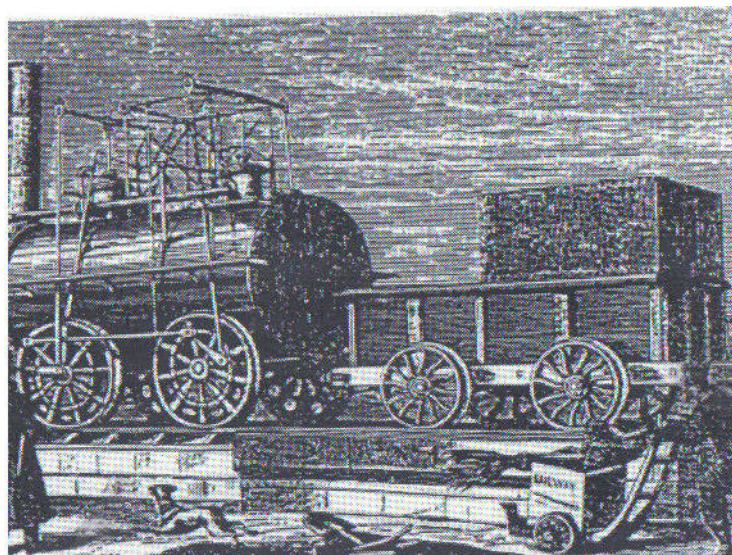
*termomagnetizmom*. Je to tzv. *Seebeckov jav* (medzi koncovými prierezmi vodiča sa udržuje napätie, ak je medzi nimi teplotný rozdiel).

R. 1823 Angličan S.BROWN (1776-1852) realizoval princíp atmosferického plynového motora a získal na motor patent. Plynová zmes sa spaľovala mimo valcov. Bolo to zdokonalenie myšlienky britského duchovného W.CECILA z r. 1820. Brown postavil štyri plynové motory, ktoré sa uplatnili v elektrárňach a použil ich aj na pohon pokusného cestného vozidla a motorového člna.

Myšlienka vyvinúť spaľovací motor, korá by ako palivo používal svietiplyn sa objavila už r. 1800 a pochádza od P.L.HUMERSINA. Ten navrhol princíp stroja, vo valcoch ktorého sa pri spaľovaní malo otvárať vákuum, proti ktorými pôsobil atmosferický tlak aby vznikol pretlak. HUMERSIN však uvažoval o motore, ktorý by využíval tlak priamo. Po udelení patentu začala pochopiteľne parnému stroju hroziť konkurencia.

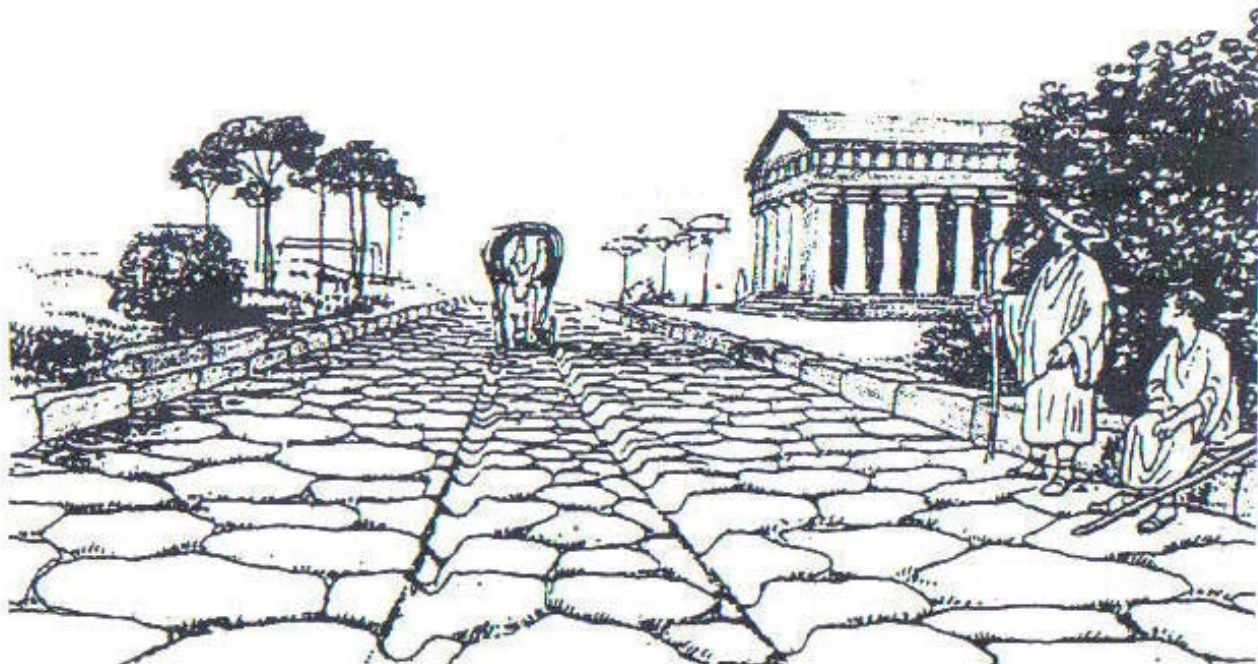
R. 1816 skonštruoval škótsky duchovný R.STIRLING spoľahlivo fungujúci motor na horúci vzduch, ktorý mal vonkajšie spaľovanie.

27. septembra 1825 T.STEPHENSON otvoril prvú verejnú železničnú linku osobnej dopravy. Spájala mestá Stokton a Darlington, vzdialené 39 km.

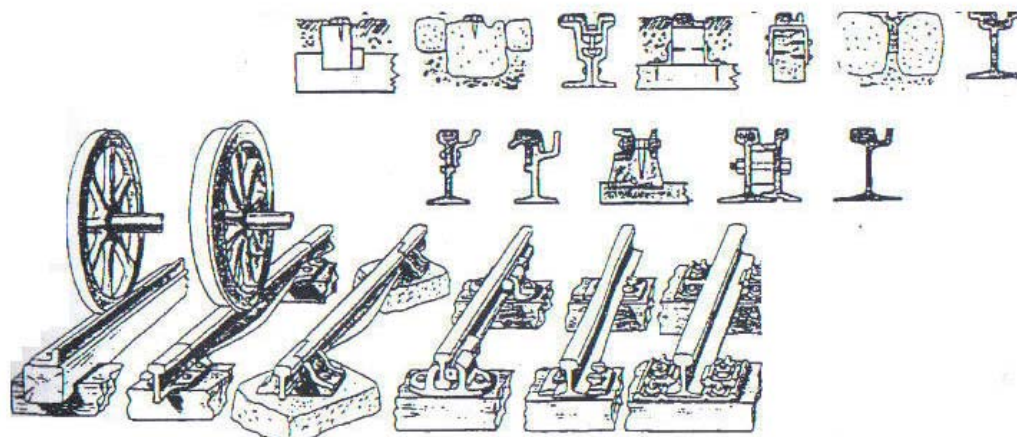


Obr. 1.136 G.STEPHENSON (1781-1848) a jeho Locomotion [13]

V tejto súvislosti je vhodné uviesť vývoj koľajníc. Už v stredoveku sa používali na vedenie vozov koľajnice vytvorené v kamennej dlažbe (obr. 1.137).



Obr. 1.137 Staroveké koľaje [21]

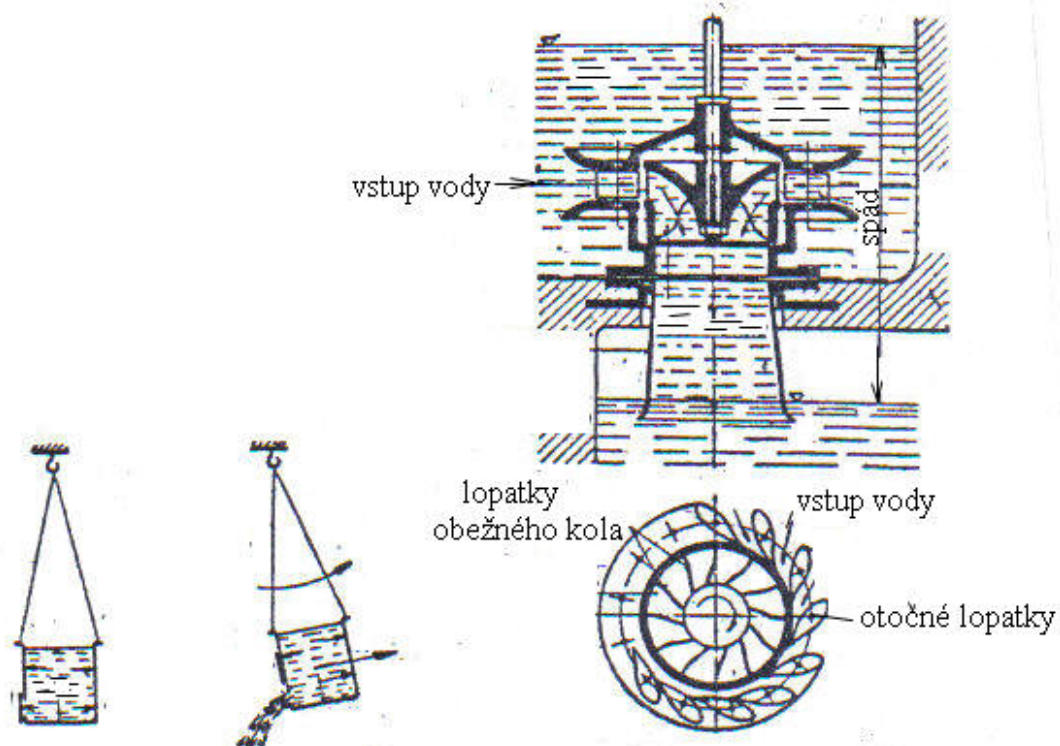


Obr. 1.138 Vývoj koľajníc [21]

R. 1825 anglický elektrotechnik W. STURGEON (1783-1850) zistil, že tyč z mäkkého železa sa stáva magnetickou, ak je ovinutá závitmi drôtu, ktorým prechádza prúd. V princípe tak bol objavený elektromagnet.

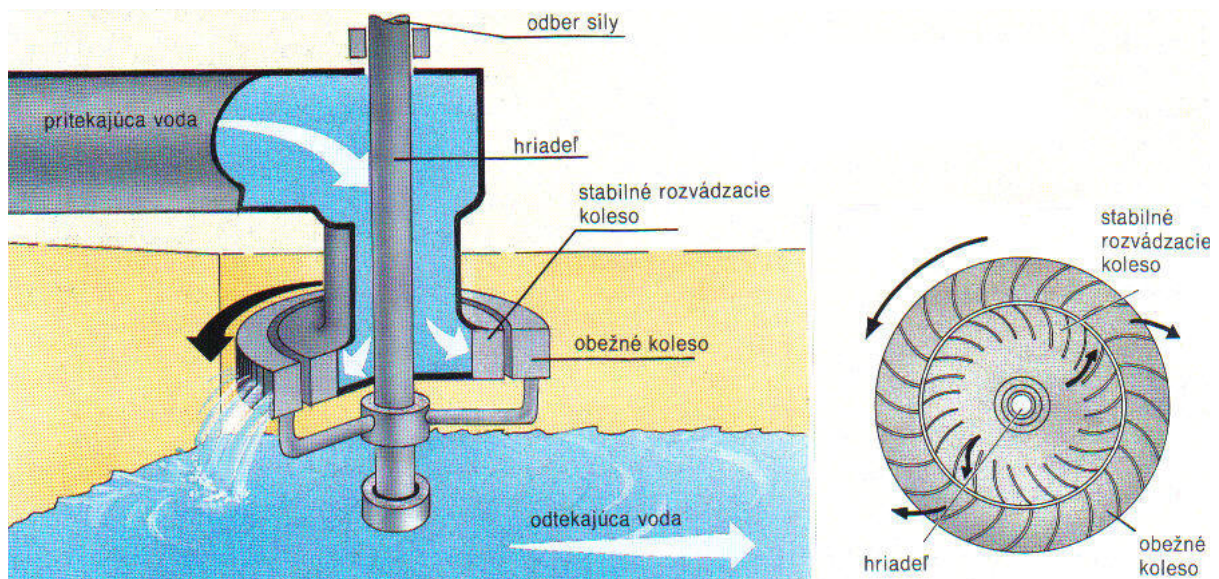
Na závese visí nádobka s vodou (obr. 1.139). Keď sa otvorí otvor v stene, voda vyteká a nádobka sa vychýli v opačnom zmysle. V mieste, kde voda vyteká nemôže byť zachytená tlak vody na stenu. Preto tlak na druhú stenu väčší. Nádobka sa vychýli rozdielom týchto

tlakov, ktorá nazývame spätným tlakom, čiže reakciou. Je to zjednodušený SEGNEROV pokus. Tento jav sa využíval u niektorých vodostrekov, alebo prístrojov na umelé zavlažovanie. U vodných turbín sa podobne využíva buď reakcia vody, alebo energia prúdiacej vody. Podľa toho poznáme turbíny reakčné a turbíny na využitie prúdiacej vody. Reakčná turbína funguje tak, že voda sa privádza k rozvodnému kolu potrubím, alebo kanálmi. Rozvádzacie kolo má otočné vodiace lopatky, ktorými sa voda vedie po celom obvode do obežného kola. Lopatky sa tak dajú roztočiť, že možno úplne zastaviť prietok vody. Privedená voda vyplní medzery medzi lopatkami. Nárazom vody a tlakom na lopatky a reakciou vody pri vytekaní z lopatiek sa kolo roztočí. Pri malom spáde býva os turbíny zvislá, pri vyššom vodorovná.



Obr. 1.139 Výklad reakcie vody a reakčná turbína

R. 1824 francúzsky inžinier C.BURDIN navrhol nový spôsob vodného kolesa. Vnútorne – stator malo zakrivené lopatky, ktoré viedli vodu proti obežným lopatkám vonkajšieho rotora. Stroj mal prekvapujúcu účinnosť 80-85%. Jeho nevýhodou bolo, že pri určitej rýchlosti lopatky spôsobovali turbulenciu, ktorá koleso brzdila. Turbíny dosahovali výkon 37 kW.



Obr. 1.140 BURDINOVA-FOURNEYOVA turbína[21]

R. 1826 konštruktér NEVILLE v Anglicku dostal patent na plamencový kotol do parných strojčekov. Kotol vybavil priečnymi medenými r, cez ktoré prúdili plyny a účinnejšie ohrievali vodu.

Slovenský vynálezca a fyzik Š.A.JEDLÍK (1800-1895), rodák zo Zemného pri Komárne zostrojil v Rábe (Gyor) r. 1829 prvý funkčný elektromotorček (4 roky pred Faradayom). Objavil možnosť premeny elektrickej energie na mechanický otáčavý pohyb elektromagnetickým spôsobom.

Jedlíkov elektromotor (obr. 1.141) pozostával z vertikálneho rámu so závitmi izolovaného vodiča. V rámčeku bol umiestnený horizontálny elektromagnet, na ktorom boli navinuté závitky. V strede bol podporený tyčou, na ktorej sa mohol otáčať. Na podstavci boli sústredné drážky, ktoré plnili úlohu karburátora. Do rýh nalial ortuť v ktorej sa pohybovali zakončenia vodičov. JEDLÍK obohatil svetovú techniku o ďalšie vynálezy, ako elektrický rušeň (1840), dynamo (1861), ktoré si však nedal patentovať, reťazové zapojenie a vybíjanie akumulátorov. Vyrobil aj výkonnú batériu z uhlíkovo-zinkových článkov (1854).



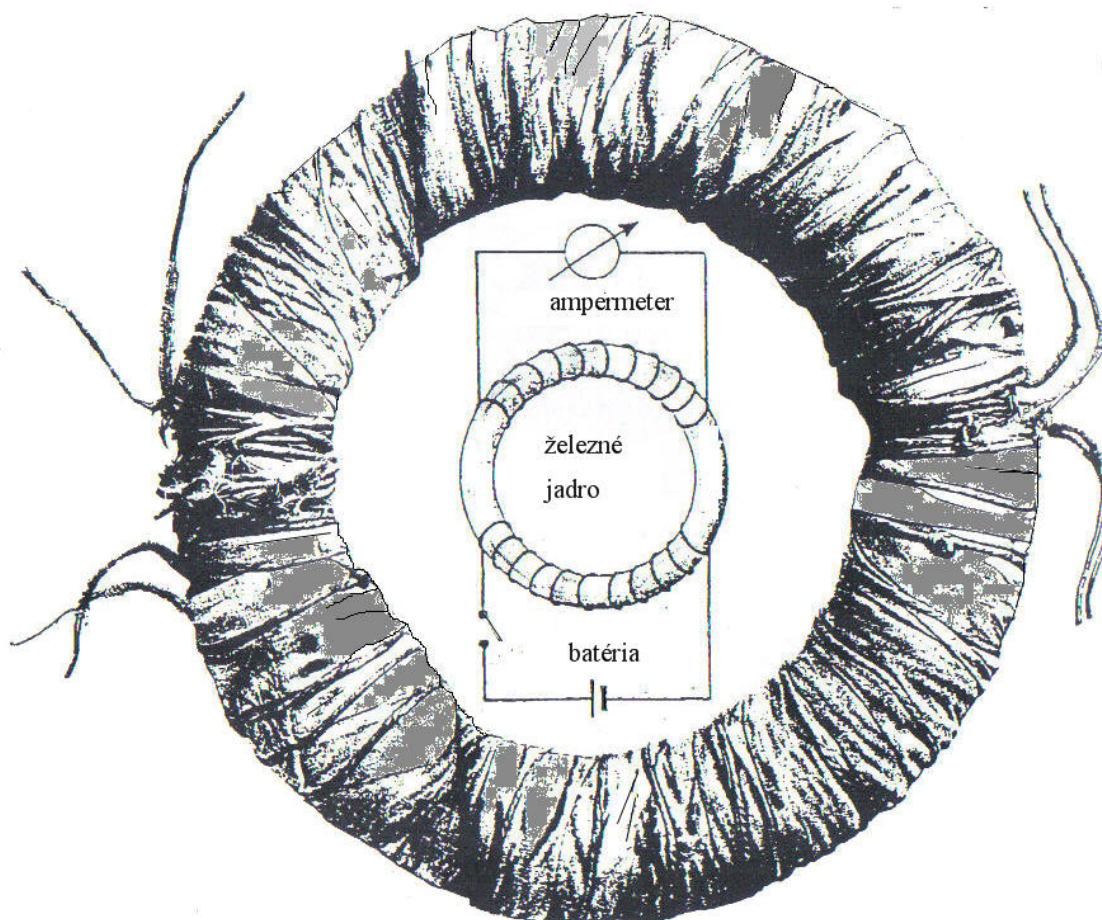
Obr. 1.141 ŠTEFAN ANIÁN JEDLÍK a jeho elektromotor [21]

Po osemročnej práci a stovkách nevydarených pokusov objavil FARADAY 27-29. augusta 1831 magnetickú indukciu. Vychádzal pritom z dvoch zásadných úvah:

- Ak prúd vyvoláva magnetizmus (1825), nemohol by naopak magnet vyvolávať prúd ?
- Ak statické elektrické náboje vyvolávajú v iných telesách presuny nábojov, teda prúdy (*influencia*, 1753), nemohol by pritom elektrický náboj, teda vlastne prúd prechádzajúci vodičom, vyvolať v susedných vodičoch znova prúd ?

FARADAY sa ako prvý pokúsil o technické riešenie tejto úvahy. Železné jadro obtočil dvoma oddelenými vinutiami. Keď zapol prúd do jedného vinutia, jadro sa zmagnetizovalo a v okamžiku vypnutia, alebo zapnutia sa v druhom vinutí indukovoval prúdový náraz.



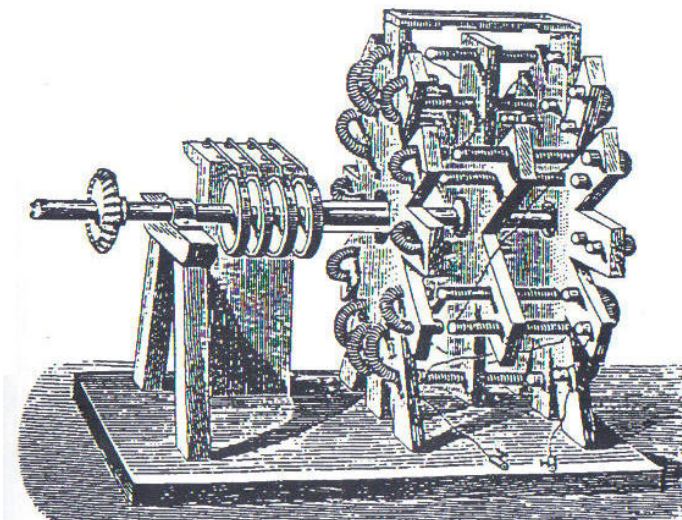


Obr. 1.142 Schéma Faradayovho pokusu s elektromagnetickou indukciou a reálna cievka [21]

Po r. 1832 A.M.AMPÉRE vynašiel pre prvé magnetoelektrické stroje (dynamá s permanentnými magnetmi) zberač prúdu, konektor, či komutátor.

Dvojdielny kolektor zostrojil až r. 1838 anglický vynálezca W.STURGEON (1783-1850).

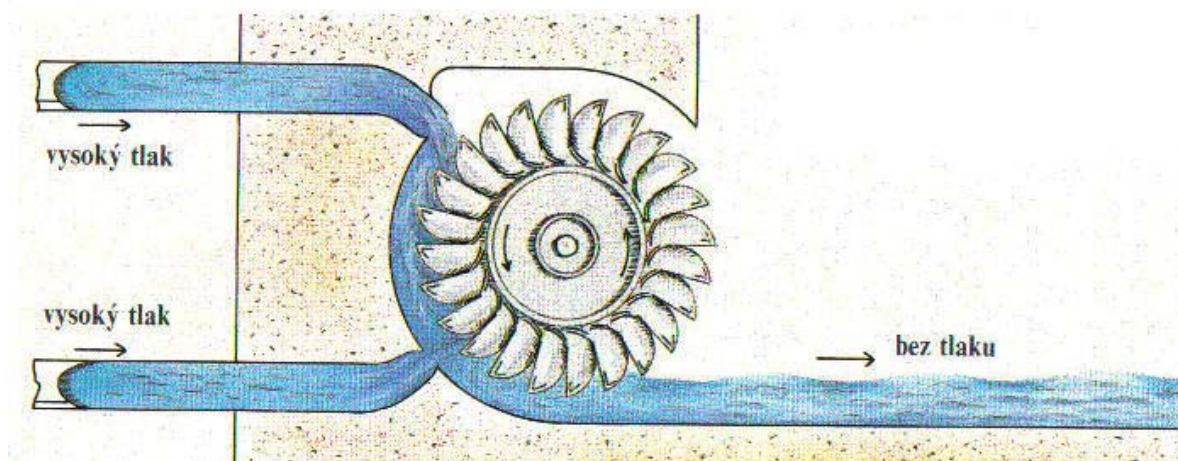
Po roku 1832 boli zostrojené prvé magneto - elektrické stroje - *dynamá* s trvalými magnetmi. Ďalší vývoj elektromotora na jednosmerný prúd vykonal významný ruský fyzik a elektromechanik nemeckého pôvodu BORIS SEMJONVIČ JAKOBY v Peterburgu v rokoch 1834-37. Tvoril jedným elektromagnetom pole (1825), ktoré sa v princípe rovnalo poľu od permanentného magnetu, dalo sa však prepólovať. Tyčový magnet medzi pólmi sa preto pri každej zmene prúdu pretočil o 180 stupňov. Keď sa teda po každej pol obrátke smer prúdu menil, čo zabezpečoval rotor so zbernými krúžkami, magnetová tyč sa začala otáčať. R. 1838 ho použil na pohon lode.



Obr. 1.143 MORITZ HERMANN JAKOBY (1801-1871) a jeho elektromotor [21]

Holandan S.STRATINGH postavil v Groningene r. 1835 prvý elektrický automobil, poháňaný elektromotorom.

Francúzski technici REAL a PICHOT prí vyskúšali viacstupňové rovnotlakové vodné turbíny. Princíp sa dá vysvetliť na otáčaní dverí. Človek, ktorý nimi prechádza otáča jedným krídlom počas celého prechodu približne rovnakou silou. To zodpovedá princípu pretlakovej turbíny. Kopnutie do dverí ich uvedie do rotačného pohybu jedným impulzom a odovzdá im celú pohybovú energiu. To je v podstate princíp vyššej účinnosti rovnotlakovej, alebo *vol'noprúdovej* turbíny. Je vhodná tam, kde je veľký spád, pričom konštruktéri prúd vody ešte zrýchľujú dýzami, ktoré smerujú súčasne na viac lopatiek.



Obr. 1.144 Dvojstupňová rovnotlaková turbína[21]

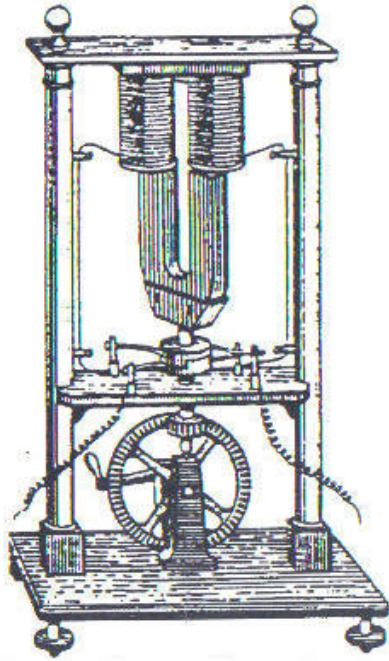
R. 1828 Angličania GURNEY a JAMES postavili neobyčajne veľké parné cestné vozidlá na osobnú dopravu. Konštrukčne vychádzali z honosných kočiarov s konským

poťahom. Parný stroj mali vzadu, alebo pod podlahou. Na obsluhu potrebovalo vozidlo vodiča a kuriča. Malo 6 miest pre cestujúcich v kabíne a ďalších 15 na laviciach vonku. Rýchlosť vozidla bola okolo 15 km/h.



*Obr. 1.145 Anglické parné vozidlo z r. 1828 [21]*

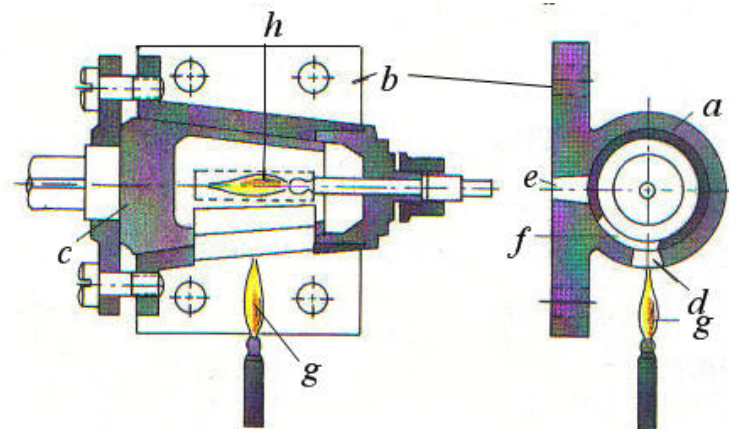
Ďalším významným vynálezom je generátor striedavého prúdu, ktorý zostrojil r. 1832 francúzsky mechanik H.PIXII. Okolo vertikálnej osi sa v jeho prístroji otáčal dvojitý magnet, ktorého póly vytvárali elektromagnetickou indukciou striedavý prúd v systéme dvoch cievok, ktoré boli navinuté na kuse železa tvaru podkovy.



Obr. 1.146 Prvý generátor striedavého prúdu  
PIXII, 1932 [21]

R. 1836 nemecký konštruktér BRACKENBURG zostrojil auto s výbušným motorom, ktorý spaľoval vo valci zmes vodíka a čistého kyslíka. V porovnaní s predtým používanými parnými motormi nemal jeho stroj žiadne pozoruhodné prednosti. Hoci neprodukoval odpadové plyny, pretože výsledkom spaľovania bola čistá voda, negatívny vplyv na prostredie mali škodlivé odpady, ktoré vznikali pri výrobe vodíka. Výkon motora, ktorý závisel na tlaku spaľovaného plynu nebol v porovnaní s vysokotlakovými prvými strojmi výkonnejší. Auto s plynovým motorom bolo aj menej bezpečné ako parný voz. Pri havárii parného automobilu mohol explodovať parný kotol a narobiť škody, ale výbuch vodíkovej nádrže by bol omnoho dramatickejší. BRACKENBURGOV stroj sa preto v praxi neosvedčil.

Z r. 1838 je známy patent zapalovania W.BARNETTA.



Obr. 1.147 Patent zapalovania spaľovacieho motora z r. 1838 [21]

V puzdre kohúta *a*, pripevnenom prírubou *b* na valci plynového motora obieha kohútik s rovnakou frekvenciou otáčania ako kľukový hriadeľ. Plynový plameň *g* zapaluje prúd plynu *h*, keď sa otvory *d* a *f* kryjú a od toho sa zase zapáli náplň valca, pri prekrytí otvorov *e* a *f*. Tlaková vlna zahasí plameň *h* a postup začína znova.

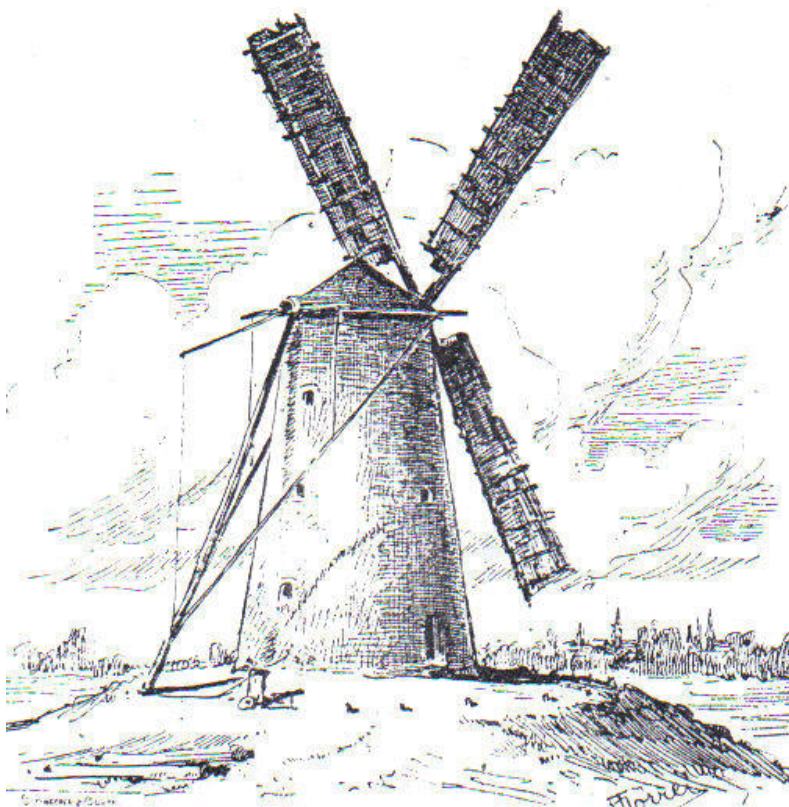
Od r. 1819 začína na Slovensku prevádzka prvých parných vlakov.

R. 1818 skrutkový parník Archimedes, dielo TERICCONA (1803-1880) a F.P. DMITTHA (1808-1874)., úspešne uzatvára dlhú históriu pokusov, použiť na pohon plavidiel lodnú skrutku. K úspechu prispeli najmä vysokootáčkové stroje v ktorých sa už mohol význam skrutky uplatniť.

R. 1845 anglický profesor fyziky CH.VHEANDSTONI (1802-1875) si dáva patentovať návrh, aby trvalé magnety magneto-elektrických strojov boli nahradené elektromagnetmi, napájanými z galvanických článkov. Bol to stroj s cudzím budením. Dynamá s vlastným budením boli objavené až po ďalších dvoch desaťročiach.

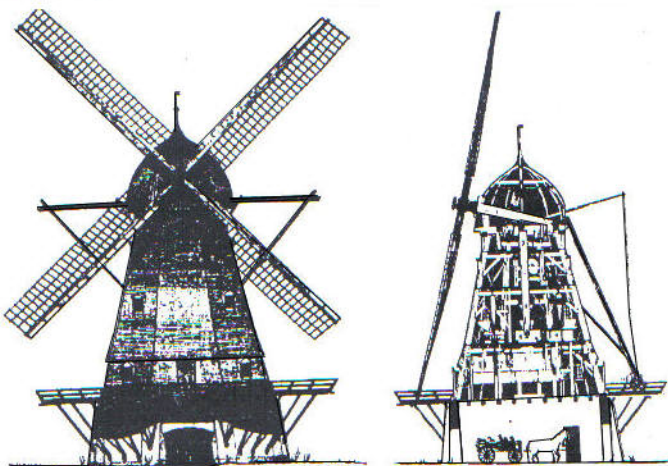
R. 1840 zapríčinilo využívanie parnej energie pokles významu veterných mlynov. Čoraz viac sa odstavovali, lebo nestačili konkurovať výkonnejšej pare. Ešte v tom roku ich bolo vo Veľkej Británii 10 000 a v Holandsku asi 8 000.

História veterných mlynov začala r. 900 v Perzii. V Európe ich poznali v 11. storočí. Prvé veterné mlyny boli kozlíkové, konštrukcia bola uložená na valivom ložisku a za vetrom sa otáčala ako celok (obr. 1.148).



*Obr. 1.148 Klasická konštrukcia holandského veterného mlyna, otáčaného vo smere vetra konským záprahom.*

Začiatkom 15. storočia prevládali holandské, alebo vežové veterné mlyny. Okolo osi sa už otáčala len strecha s krídlami (obr. 1.149). Výkon holandských mlynov s krídlami, dlhými 15 m bol asi 30 kW.



*Obr. 1.149 Holandský veterný mlyn s otáčavou strechou*

Strechu mlyna bolo potrebné na začiatku otáčať ručne. Až r. 1745 vynašiel Angličan E.LEE pomocné koleso, ktoré bolo umiestnené na záveternej strane mlyna, preto sa nehýbalo. Ak sa vietor obrátil, uviedol ho do pohybu a to pomocou súkolesia otáčalo strechu tak dlho, kým sa opäť nedostalo do závetria (obr. 1.150).



R. 1745 Edmund Lee zostrojil vežový veterný mlyn s pomocným veterným kolesom. Horná časť sa otáčala, takže plachty sa vždy obracali proti vetru. Používal sa na čerpanie vody a mletie obilí.

*Obr. 1.150 Veterný mlyn s automatickým otáčaním za vetrom (Science Museum Londýn)*

Krídla mali rozličné konštrukcie. S plachtovinou, ktorá sa dala zrolovať, s drevenými žalúziami, ktoré r. 1772 škótsky staviteľ mlynov A. MEIKLL upevnil na pružiny, ktoré ich pri pokojnom počasi držali zatvorené. Pri prudkom vetre sa otvorili a tak sa zabránilo poškodeniu mlyna. V Holandsku sú na rovinných veterné mlyny, pretože tam nie je vodná sila. Veterné kolá sa stavali obyčajne na vysoké veže, alebo strechy. Poháňajú najmä pumpy. Na našom území je málo stálych vetrov, preto tu nepracujú veterné motory hospodárne, nevyplatia sa. Zariadenie je drahé a výkon malý a nestály. Často sa ničia vplyvom poveternosti. Malé veterníky slúžili záhradníkom na čerpanie vody. Napr. veterné koleso priemeru 5m má pri rýchlosti vetra  $4,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  výkon 0,75 kW, teda pomerne malý na tak rozmerné zariadenie.

R. 1848-1852 nemecký chemik R.H.CORLISS (1817-1888) vynachádza veľmi dokonalý rozvod pary pre parné stroje. Umožnil tak vyrábať parné stroje s veľkým výkonom.

R. 1849 vznikli nárazové vrtačky (zbíjačky) na banské práce podľa patentu Američana J.COUCHA. Poháňal ich vodou, alebo parou. V anglických baniach sa prvýkrát použil stlačený vzduch ako pohonná sila banských strojov.

V rovnakom čase Angličan J.B.FRANCIS (1815-1892), pôsobiaci v Amerike vynachádza a stavia prvú vodnú radiálnu pretlakovú turbínu na pohon pradiarne v Lovelli. Oproti FOURNIEROVÝM turbínám Francis konštruoval obežné koleso vo vnútru rozvážacieho kolesa. FRANCISCOVÉ turbíny sa stali jedným z dôležitých vodných motorov modernej doby.

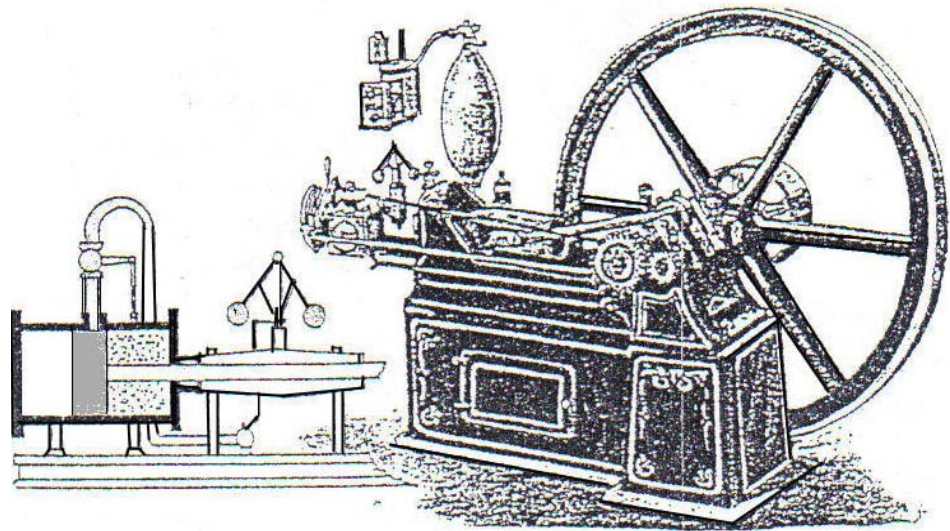
R. 1852 anglický inžinier JAMES THOMSON vnašiel princíp vodného prúdového čerpadla. Vypúšťal z dýzy prúd vody do koncentrickej rúry. Na jednom konci bola rúra s hrdlom tesne spojená, voľný bol iba nasávací otvor. Na druhom konci bola však široko otvorená. Bezprostredne po výstupe z dýzy strhával rozširujúci sa prúd vody so sebou vzduch. Tento princíp aplikoval už TREVITHICK pri fúkacej rúrke rušňov. Využíval nasávací účinok prúdu pary, ktorá opísal r. 1570 francúzsky staviteľ P.DELORME. O 6 rokov využil tento princíp vzduchoplavec H.GIFFARD (24.9.1852) a skonštruoval zariadenie (injektor), ktorým dopravoval napájaciu vodu do kotla svojho parného stroja využitím tlaku pary.

R. 1853 CHARLES BROWN vynašiel tzv, *Sulzerovo* ovládanie parných strojov. Známym sa stalo až r. 1867. Ako koncové zariadenie parného valca použil štyri dvojsedlové rúrkové ventily. Vodorovné valce mali oba prívodové ventily umiestnené hore, vypúšťacie dole na konci valcov. Ventily sa rytmicky otvárali a zatvárali rozvodným hriadeľom, uloženým rovnobežne s valcom. Rozvodný hriadeľ poháňal pár kužeľových ozubených kolies prostredníctvom kľukového hriadeľa. Ventily sa otvárali tyčou pomocou vačkových kotúčov na rozvodnom hriadeľi. Ak sa mali zavrieť, tyč sa jednoducho stiahla späť a pružina pritlačila ventily na sedlo. Pomocou tohto zariadenia sa dal ovládať stroj priamo prívodom pary.

R. 1853 I. ŠUSTALA (Schustala) zakladá v Kopřivnici výrobu vozov a kočov. Tam sa od r. 1857 začali vyrábať prvé automobily v českých krajinách. R.1859 francúzsky profesor fyziky G.R.PLANTÉ (1834-1889) vynašiel elektrické olovené akumulátory, ktoré sa po početných zdokonaleniach používajú doteraz.

R. 1858-1869 Belgičan J. LENOIR (1822-1900), ktorý pôsobil v Paríži vynášiel a skonštruoval prakticky použiteľný spaľovací plynový motor. Bol to výbušný dvojčinný motor, poháňaný svietiplynom. Zmes vo valci sa zapalovala elektrickou iskrou bez kompresného zdvihu. Spaľovanie prebiehalo striedavo nad a pod piestom. Tomu zodpovedali dva nasávacie prívody plynu a dva výfukové tlmiče. Vstup a výstup plynu bol regulovaný posúvačom. RENOIROVÉ motory sa aj napriek veľkej spotrebe začali používať, boli spoľahlivé a mali nehučný chod. Znamenajú začiatok éry spaľovacích motorov. Tento motor v podstate kopíroval dvojčinný parný stroj r z r. 1781.

Obr. 1.151  
Dvojčinný  
plynový motor  
ÉTINENNA  
LENOIRA  
[21]

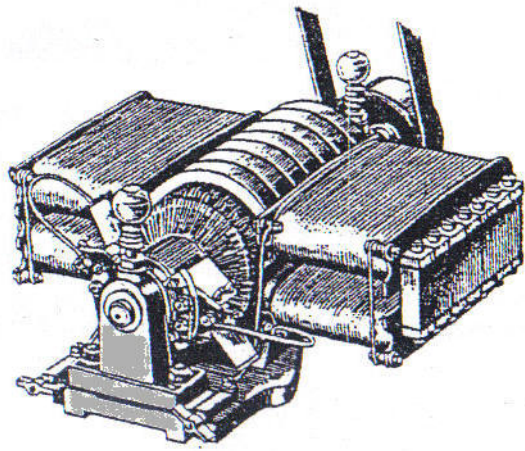


R. 1860 taliansky fyzik Antonio PACINOTTI zostrojil vo Florencii prvý elektromotor na jednosmerný prúd. Elektromotor pozostával zo železnej kotvy prstencového tvaru, okolo ktorej boli rovnomerne usporiadané navinuté cievky. Konce ich vinutí boli napojené na viaceré medené segmenty, usporiadané tiež do kruhu a navzájom odizolované. PACINOTTI nazval tieto segmenty kolektormi (zberače prúdu). Kotva rotovala medzi pólmi elektromagnetu tvaru podkovy, napájaného z batérie. Pacinottiho stroj, ktorý sa dal používať aj ako dynamo technici spočiatku nebrali osobitne do úvahy. Podstatná pokrok sa dosiahol až r. 1869, keď elektrotechnik Z.T.GRAMME z Liége uviedol na trh elektromotor s krúžkovou kotvou.

Nemec W.SIEMENS (1816-1892) a Angličan CH.WHEATSTONE (1802-1875) takmer súčasne skonštruovali nový, progresívny typ dynamo, generátora na výrobu jednosmerného prúdu. K úspešným konštrukciám im pomohol objav vratného budenia elektrických strojov, dynamometrický princíp.

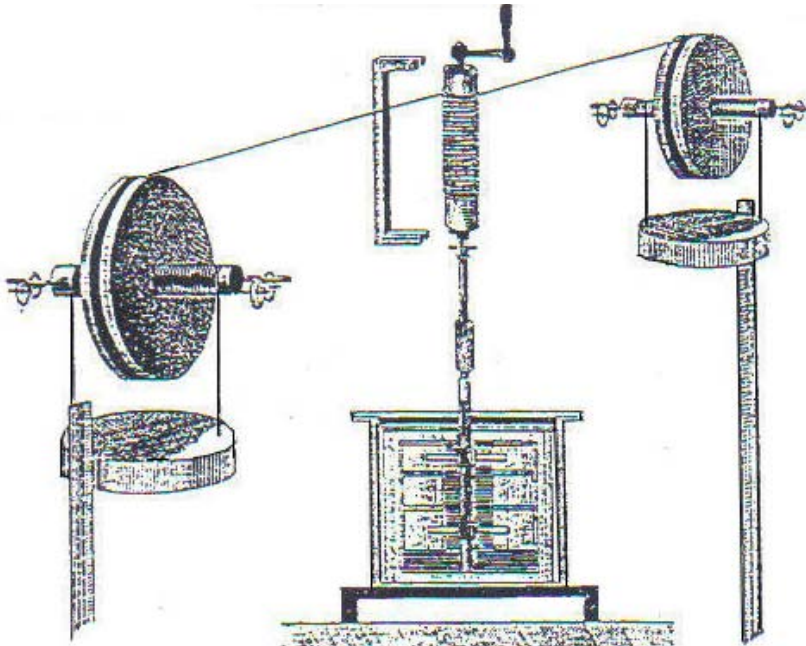






*Obr. 1.152 WERNER SIEMENS  
1816-1892) a dynamo  
SIEMENS  
& WHEATSTONE  
(1866-1867)*

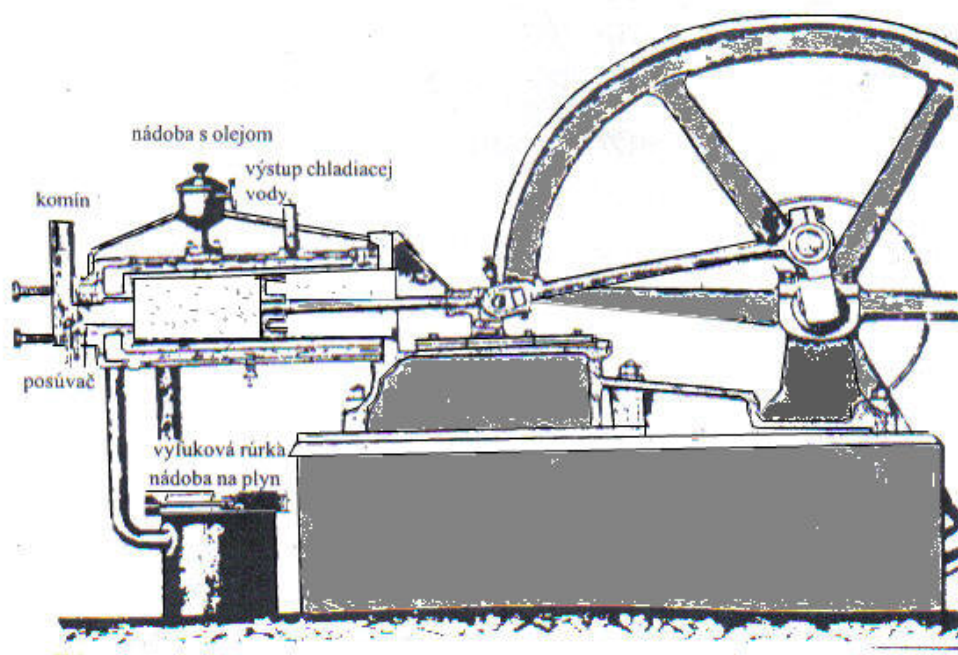
J.P.JOULE (1818-1889) nadviazal na zákon zachovania energie, objavený r. 1842. Experimentálne dokázal, že teplo môže vznikáť z mechanickej práce a r. 1843 stanovil jeho mechanický ekvivalent. Jeho pokus spočíval v tom, že ručne sa zdvihne závažie, ktoré potom voľne padá nadol, pričom sa polohová energia mení na pohybovú, ktorá sa využije na prekonanie trenia a takto vzniknuté teplo sa dá merať.



*Obr. 1.153 JOULOV  
pokus, ktorým určil  
ekvivalent tepla  
a práce [13]*

R.1862 francúzsky technik A.B.ROCHAS objavil princíp štvortaktného motora, ale prakticky ho nevyskúšal. Dal si ho však patentovať a tak neskôr vznikli patentové spory medzi ním a OTTOM.

R.1867 nemecký obchodník N.A.OTTO (1832-1891) skonštruoval za pomoci inžiniera E.LANGENA (1833-1895) štvortaktný spaľovací motor, ktorý svojou úspornosťou značne predstihol predchádzajúce Lenoirové motory. Pred výbuchom sa zmes vo valci stlačila. Pôvodným palivom bol svietplyn. Technické továrne na motory Deutz v Kolíne zrealizovali jeho myšlienku. Je zaujímavé, že OTTOVI bol udelený patent až 4. augusta 1877. Aj dva ďalšie patenty sú registrované na meno továrne Deutz, nie na OTTOVO meno. Boli však r. 1886-1889 dvoma súdnymi rozhodnutiami prehlásené za neplatné. Dôvodom bola skutočnosť, že ROCHAS publikoval tento princíp skôr, hoci OTTO o jeho práci nič nevedel. OTTOVE motory sa veľmi rozšírili. Od r. 1888 sa ich vyrobilo 30 000 a principiálne sa používajú dodnes.



*Obr. 1.154 Prierez OTTOVÝM motorom, vyrobeným v továrni Deutz. Má jeden vodorovný valec [21]*

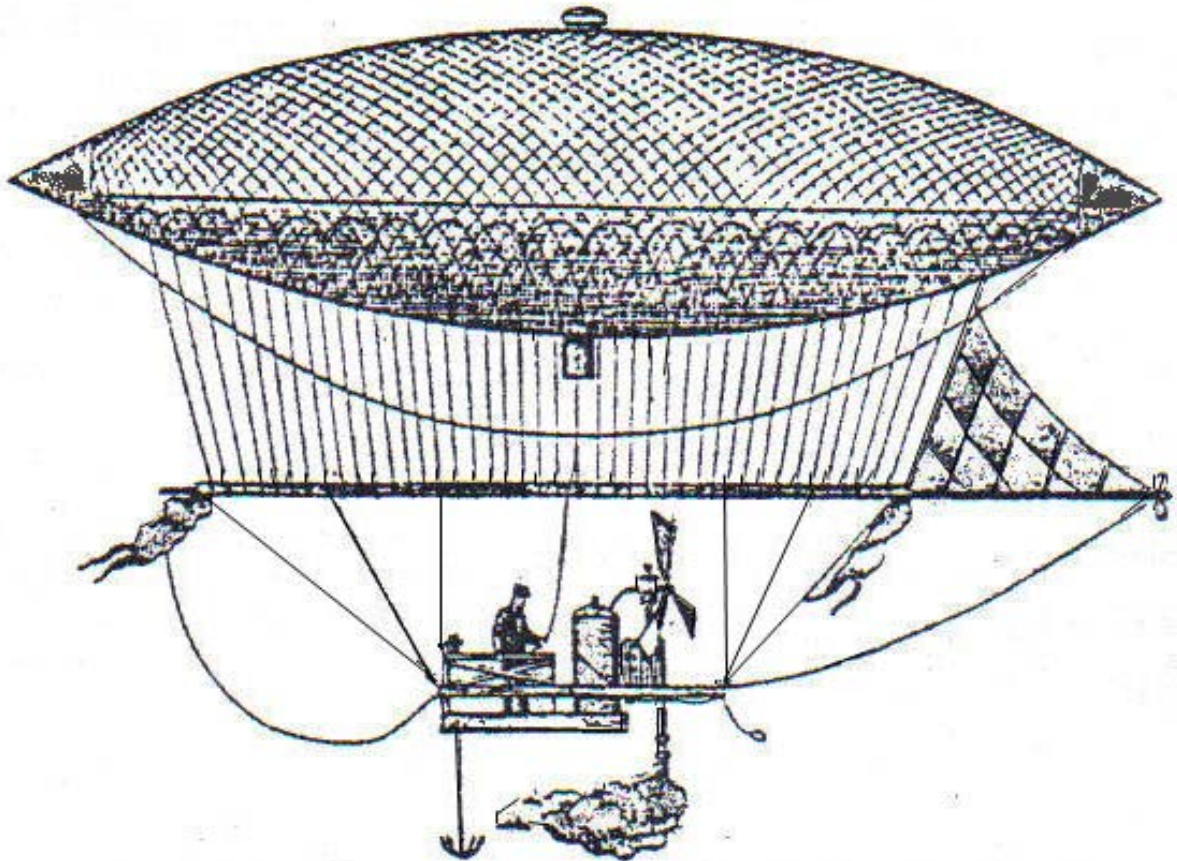
*Obr. 1.155 NIKOLAUS AUGUST OTTO (1832-1891)*

Je zaujímavé, že technické riešenie sa podarilo OTTOVI nájsť pri pozorovaní dymu z továrenského komína. Citácia: *Povedal som so, že výbušný plyn treba rozpáliť vo vopred nasatom*



vzduchu. Skončí to tak, ako mi dnes ukazujú dym. V mieste výstupu z komína je hustý a čím ďalej tým je redší.

Jeden príkladov použitia Lenoirovho motora v časoch rozvoja vzduchoplavby bola vzducholod' z r. 1852, ktorá využívala svietiplyn na pohon motora a naplnenie vzducholode (obr. 1.156).



Obr. 1.156 Vzducholod' z r. 1852 [9]

Základným nedostatkom kľukového prevodu priamočiareho pohybu na rotačný je mŕtva poloha, keď kľuka smeruje do osi kola. WATT tento problém riešil zložitejším prevodom. Existujú však aj iné riešenia. Na obr. 1.157 je model spoľahlivého prevodu bez mŕtvej polohy.



*Obr. 1.157 Model pákového paralelogramového prevodu lineárneho pohybu na rotačný.*

Pri pohybe ťahadla dopredu aj dozadu dochádza k záberu kovových planžiet zubov kolesa a pootáča ho

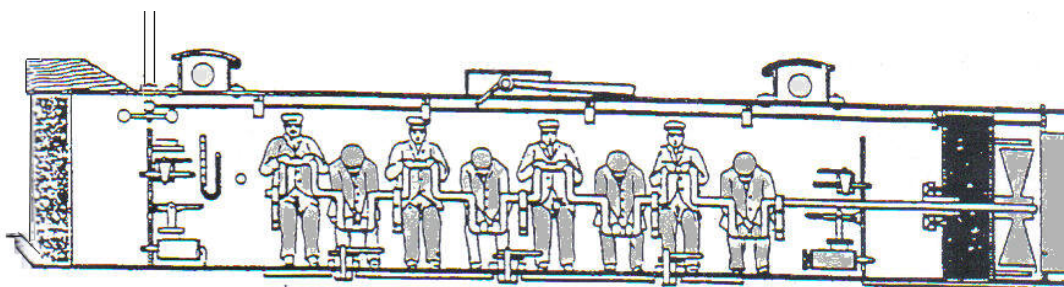
Model získalo Slovenské technické múzeum v Košiciach z Techniska Museet Stockholm (obr. 1.158).



*Obr. 158 Riaditeľ Slovenského technického múzea v Košiciach EUGEN LABANIČ s modelom prevodu*

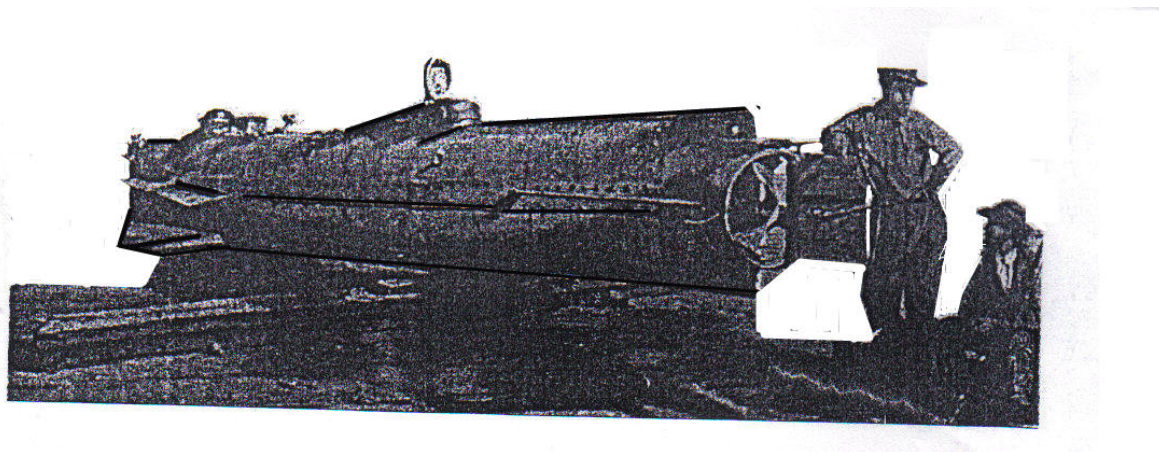
K technickým zaujímavostiam tohto obdobia patrí aj „osem kľukový motor“ na ručný pohon, použitý v ponorke. Vo vojne „Juh proti Severu“ sa obyvatelia Charlestonu

bránili proti útokom lodí Severanov tajnou zbraňou – ponorkou, ktorá vyplávala 17.2.1864. Cez jej otvory sa nasúkala do dvanásť metrovej rúry s metrovým priemerom posádka ôsmich mužov a kapitán. Plavidlo so záťažou v dvoch nádržiach sa ponorilo. Vzduch sa privádzal rúrou, vyčnievajúcou nad hladinu. Nedostatok kyslíka mala signalizovať zapálená sviečka . Ponorka sa plavila rýchlosťou 7 km/h. Vynálezcom bol H.L.HUNLEY, preto ju pomenovali CSS HUNLEY.



*Obr. 1.159 Pohonný systém ponorky Hunley*

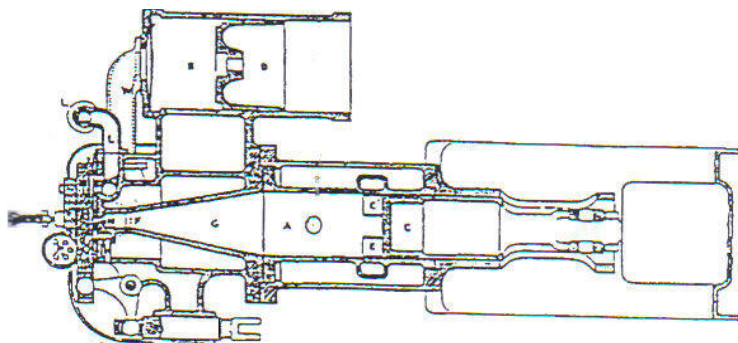
Do fregaty Housatonic zapichla ponorka kopijovité torpédo. V špici 6 m dlhého brvna bolo 41 kg. Čierneho pušného prachu. Po zapálení šnúry začala posádka unikáť, ale výbuch ich predišiel, konštrukcia ponorky nevydržala tlakovú vlnu a posádka zahynula. Ponorka bola v dobrom stave vylovená so značnými nákladmi (200 tis. dolárov) z hĺbky 5 m v r. 1995 (obr. 160).



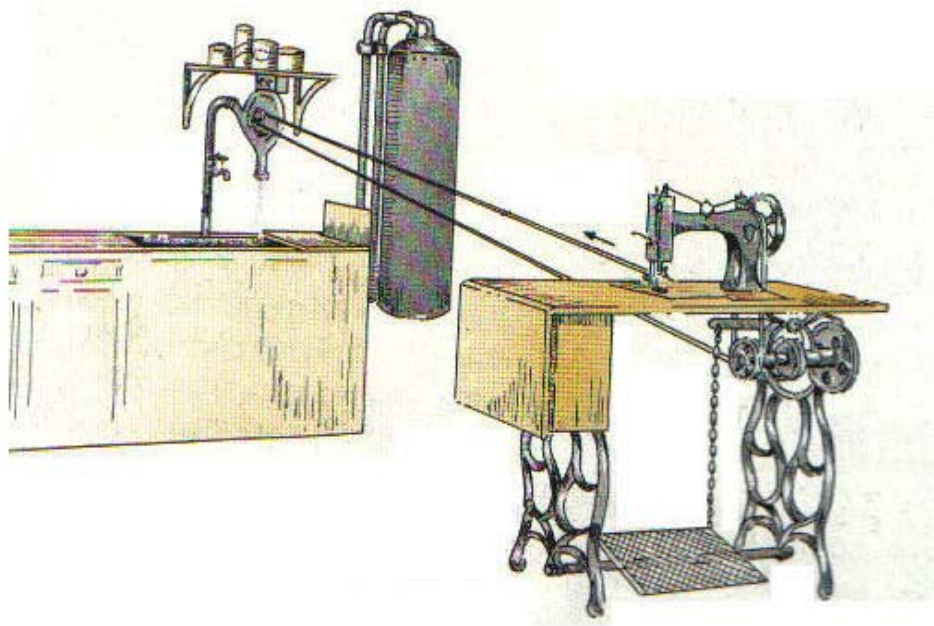
*Obr. 1.160 Vylovený vrak ponorky*

R. 1878 škótsky inžinier D.CLERK skonštruoval prvý dvojtaktný motor. Jeho princíp je ten, že keď sa piest pohybuje nahor, stláča zmes a súčasne nasáva novú do kľukovej skrine pod valcom. Po zapálení zmesi sa piest pohybuje dolu, pričom vytlačá čerstvú zmes zo skrine do valca nad piest. Súčasne z toho priestoru vytlačá výfukové plyny do výfuku. V porovnaní so štvortaktným motorom má dvojtaktný jednoduchšiu konštrukciu, ale väčšiu spotrebu paliva. Uplatnil sa najmä u motocyklov. Princíp motora je na obr. 1.161.

Obr. 1.161 Rez prvým dvojtaktným spaľovacím motorom, ktorý vyvinul D.CLERKA



V sedemdesiatych rokoch (okolo r. 1874) sa čoraz viac uplatňuje ako pohonný mechanizmus hydraulický motor, ktorý neskôr po víťaznom postupe elektromotorov upadol do zabudnutia (obr. 1.162).



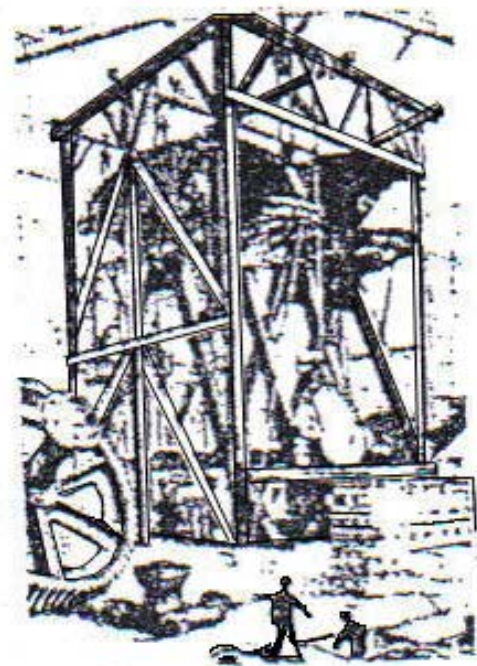
Obr. 1.162 Hydraulický motor ako hnací agregát šijacieho stroja [21]

Pretože zdrojom energie bol vodovod, hydraulický motor sa používal najmä v mestách a oblastiach, pravidelne zásobovaných vodou. Hydraulické motory pracovali na princípe malých turbín, známe sú aj iné typy. Uplatnili sa na pohon ventilátorov, šľahačov, pračiek, odstrediviek a šijacích strojov. Poháňali sa nimi orgány v kostoloch. Väčšie modely s turbínovými kolesami s priemerom až 125 cm sa využívali v dielňach, tlačiarňach, pekárňach a pod.

R. 1875 nemecký elektrotechnik F.HEFNER-ALTENECK (1845-1904) nahrádza v elektrických dynamách prstencovú kotvu bubnovou. Na svetovej výstave vo Viedni sa dokázalo, že elektromotor je v princípe obrátené dynamo. Dovtedy na túto skutočnosť upozorňovali len teoretickí Sanktpeterburskí učenci H.F.LENZ (1804-1865)

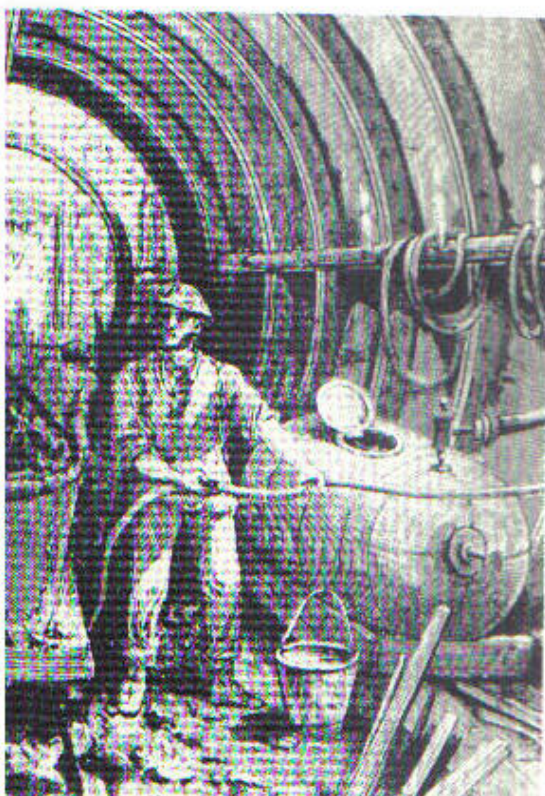
a M.H.JACOBI (1801-1874) v rokoch 1838 a 1850. Vo Viedni prenášalo elektrickú energiu od jedného dynama k druhému (elektromotoru), ktorá bol vzdialený 1 km. Bol to prvý pokus o elektrické diaľkové vedenie.

Para sa stavia do sebaobrannej pozície, ich dni sú však už spočítané. Vo viacerých farmách vykonáva parný stroj naďalej ťažšie práce. Koncom storočia sú známe výrobné závody, vybavené parným strojom a transmisnými, veľmi hlučnými rozvodmi.



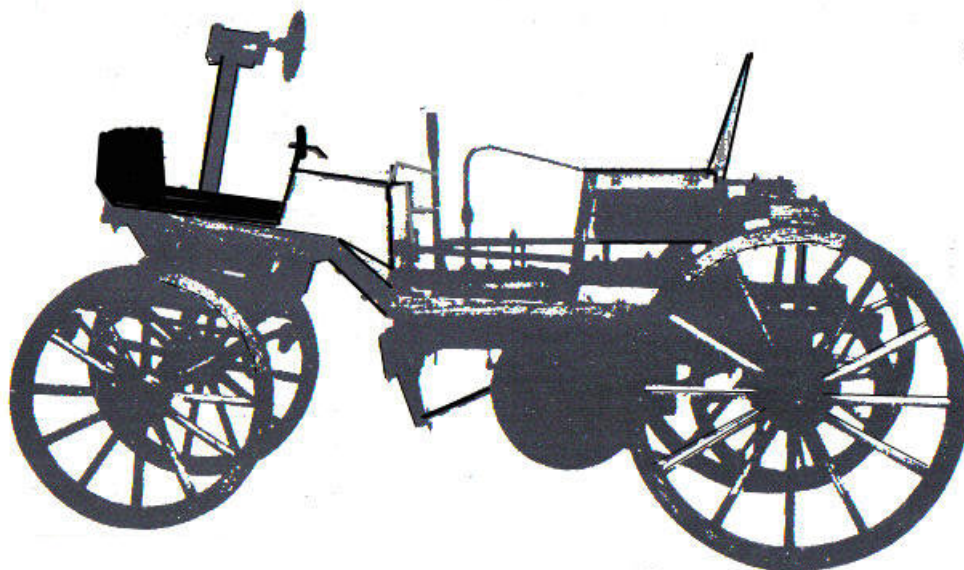
*Obr. 1.163 Ani najväčšie parné stroje výkonu 1000 kW už nepostačovali potrebám. Nastáva éra elektrických motorov*

Pokrokom v pohone stlačeným vzduchom bol prvý „suchý“ kompresor amerického konštruktéra STURGENONA z r. 1874, na výrobu stlačeného vzduchu bez vodných pár. Pneumatické stroje sa uplatnili napr. pri razení Svätogothajského tunela (1881). Na jednom vrtacom vozíku bolo napr. namontovaných šesť až osem vrtákov. Stlačený vzduch privádzali na vozíkoch s tlakovými nádobami. Aj rušne boli poháňané stlačeným vzduchom



*Obr. 1.164 Použitie vzduchovo tlakových zariadení pri stavbe tunela pod Temžou*

R.1875 vznikol motorový kočiar z dielne rakúskeho inžiniera SIEGFRIDA MARCUSA. Motor s vnútorným spaľovaním mal malé rozmery a dostatočný výkon na to, aby so sebou vozil aj palivo. Auto malo rýchlosť 6 km/h. Trvalo však ďalších 11 rokov, kým sa na trhu objavil skutočný automobil BENZA.



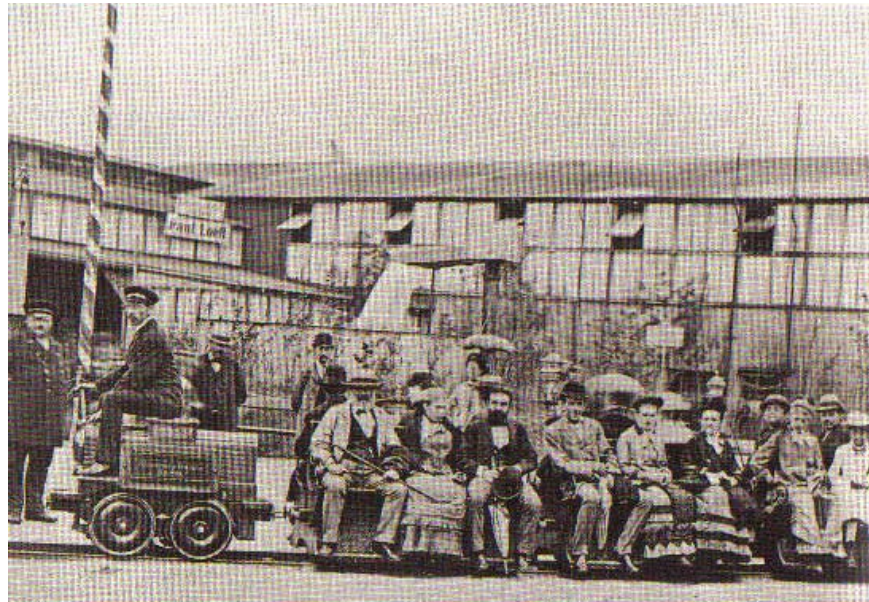
*Obr. 1.165 Model prvého automobilu z upraveného kočiara, vyrobeného r. 1875 (Science Museum Londýn)*

R. 1879 Nemci W.SIEMENS (1816-1892) a J.G.HALSKE (1814-1890) predvádzali na výstave v Berlíne svoju prvú elektrickú lokomotívu. Bol to vlastne len podvozok s motorom. Prúd sa do lokomotívy dostával stieračom z vlastnej prúdovej



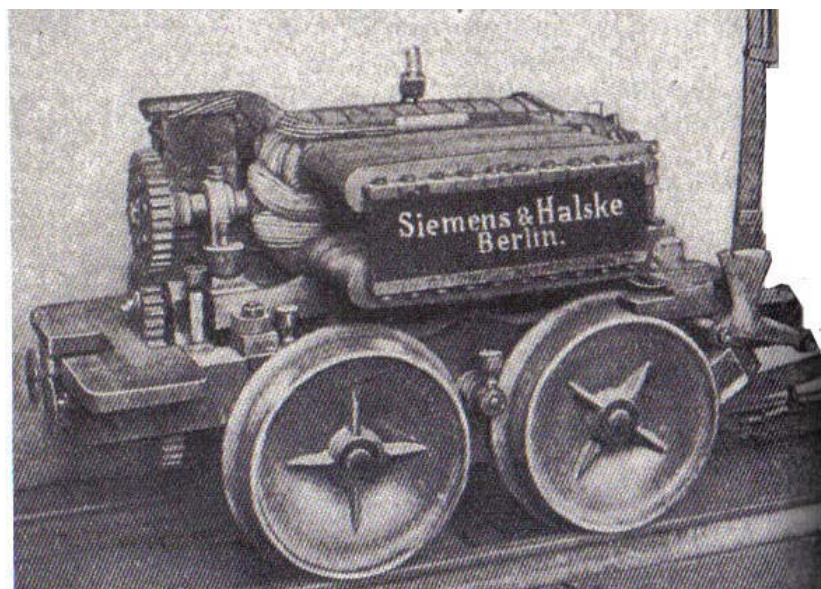
koľajnice a nie z vezenej batérie. Elektrické rušne už konštruovali aj iní konštruktéri, stroskotali však na nedostatku vhodného zdroja energie. Vyriešil to SIEMENS vývojom vlastného dynamu.

*Obr. 1.166  
Predvádzanie  
prvej elektrickej  
lokomotívy na  
výstave  
v Berlíne  
31.5.1879 [21]*



Na priemyselnej výstave v Berlíne ťahal rušeň tri vagóniky pre šiestich cestujúcich rýchlosťou chodca po 300- metrovej dráhe. Rušeň prvej elektrickej železnice bol vlastne len podvozok s motorom (obr. 1.167).

*Obr. 1.167 „Rušeň“  
elektrickej železnice*

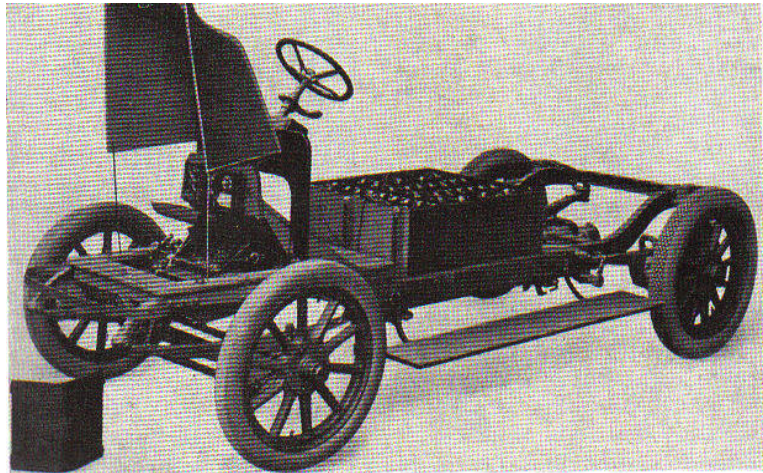


SIEMENS vynašiel dynamové prúdenie do skratu pre vagóny a lokomotívy s elektrickým pohonom. Elektrická energia privádzaná do motor sa mení na mechanickú. Dynamo pracuje opačne. V prípade novej SIEMENSOVEJ brzdy pôsobí pohonný motor

vozidla pri brzdení ako dynamo. Vykonáva teda mechanickú prácu a tým že brzdí, vyrába prúd, ktorý možno využiť na vyhrievanie vozňov, alebo ho odvieť do rozvodovej siete. Po r. 1880 sa objavujú prvé elektrické akumulátorové automobily. Tiež sa konštruujú automobily s Grahamovým dynamom.

R. 1881 francúzsky technik JEANTAUD skonštruoval ťažký cestný automobil na elektrický pohon. Prúd dodávalo 21 batérií. Elektrický automobil má v porovnaní s parným (1840) nesporné výhody, okrem iného podstatne jednoduchšiu obsluhu. JEAUDOVO vozidlo a ďalšie modely financoval markíz Chasseloup-Laubat, ktorá r. 1898-1899 na týchto vozidlách dosiahol dva svetové rekordy (63,139 a 92,696 km/h).

*Obr. 1.168 Podvozok automobilu na elektrický pohon. Celú prednú časť vozidla zaberá veľká debna s akumulátorom*



R. 1881 ruský priekopník MOŽAJSKIJ (1825-1890) získal patent na lietadlo s tromi vrtuľami, poháňané dvoma ľahkými parnými strojmi.

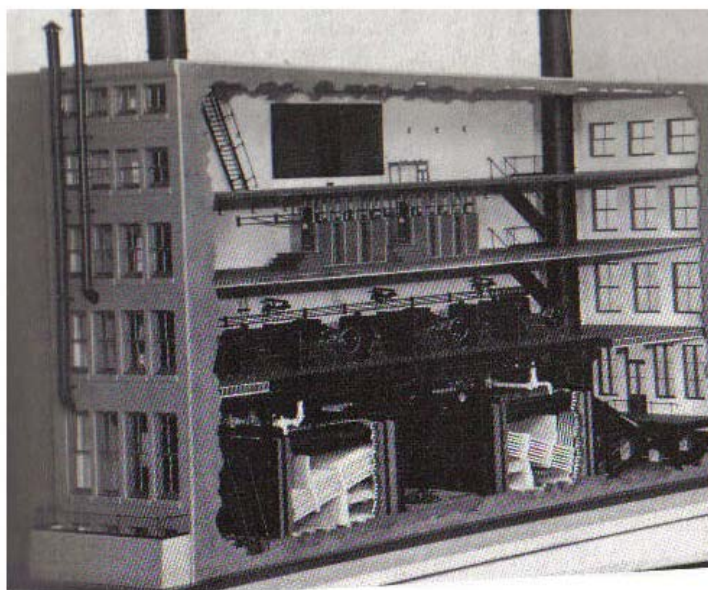
R. 1881 T.A.EDISON (1847-1931) stavia dynamo Jumbo, ktoré dodávalo prúd 2000 žiarovkám. Vážilo včítane parného stroja 27 t. Bolo dotedy najväčším a najdokonalejším generátorom na výrobu striedavého prúdu. V princípe sa jeho základné konštrukčné prvky udržujú dodnes.



*Obr. 1.169 THOMAS ALVA EDISON (1847-1931) rozsvetuje žiarovku (obr.) a r. 1882 spúšťa parnú elektrárňu na verejný rozvod prúdu. Je to zrod elektronizácie [21]*

Prvé dynamo poháňané parným strojom dodávalo prúd do siete v Londýne. Pri prevádzkovom napätí 110 V dodávalo energiu 2000 žiarovkám. Druhé zariadenie uviedli do prevádzky v New Yorku. Technicky pracovalo na rovnakom princípe, malo však šesť dynám a mohlo napájať 6000 žiaroviek. Obe elektrárne vyrábali jednosmerný prúd, pretože sa rátalo aj s pohonom elektromotorov a vhodné trojfázové motory ešte neexistovali.

Obr. 1.170  
*Model EDISONOVEJ  
 elektrárne postavenej  
 v New Yorku z r. 1882*



Treba poznamenať, že EDISON nebol prvý vo vývoji žiarovky. Angličan HUMPHRY DAVY robil s čímsi podobným ak žiarovka už r. 1805, ale čudnému svietiacemu predmetu sa viac nevenoval. Nemecký hodinár HEINRICH GÖBEL používal na svietenie vo svojom výklade zuhoľnatené bambusové vlákno, zatavené v skle. Nedal si ho však patentovať. Angličan JOSEPH SWAN získal patent na žiarovku r. 1878, asi rok pred EDISONOM. Ich rivalita však o 5 rokov prestala spoločným podnikom s názvom Ediswan., ktorý vyrábal žiarovky.. EDISON však naďalej predával vlastné žiarovky. Dôvodom bol iný materiál. Ediswan totiž používal buničinu a EDISON zuhoľnatený bambus. Ešte predtým skúšal bavlnu, ale tá svietila len trinásť hodín. Prekvapivé je, že už „bambusové“ žiarovky mali závit, ktorý sa používa doteraz. Ako vlákno sa dnes najviac používa volfrám. Miesto vákua sa v žiarovkách aplikujú vzácne plyny. Okrem tejto aktivity EDISON experimentoval aj s bezdrôtovým prenosom elektrickej energie. Po jeho smrti však mnohé zariadenia boli zničené, preto výsledky ďalších jeho pokusov sú pre nás stratené.

Rus N.I.KIBALČIČ (1854-1881) vypracoval r. 1881 návrh lietadla s raketovým pohonom pre lety v ovzduší a vzduchoprázdne.

V Amerike a Anglicku sa v tomto čase inštalujú malé vodné elektrárne, ktoré slúžili na osvetľovacie účely. V Anglicku dávajú do prevádzky prvý parný mlyn.

Francúz M.DEPREZ (1843-1918) robí úspešný pokus o diaľkový prenos elektriny z Mníchova do Miesbachu, na vzdialenosť 57 km.

Objavuje sa prvý palivový článok na výrobu elektrického prúdu elektrochemickou reakciou. Doteraz však nenašiel uplatnenie.

R. 1883 predvádza Američan CH.J.DEPOILE (1846-1900) skonštruoval prvý rýchlobežný spaľovací motor s vysokou kompresiou. Zapaľovanie obstarávala žiarová rúrka.

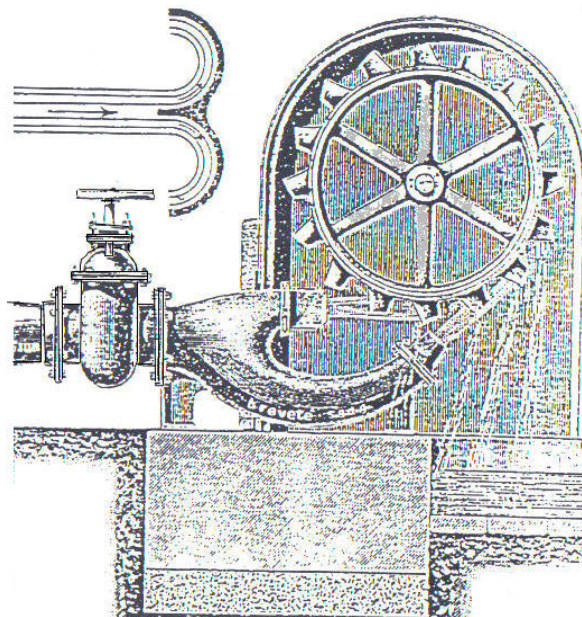
R. 1880 Američan L.A.PELTON (1829-1908) vytvoril rýchlobežnú vodnú turbínu na veľké vodné spády. Dosahovala vyše 1000 otáčok za minútu. Vyššie otáčky sa už vodnou turbínou nedajú dosiahnuť pre brzdiaci účinok vody.

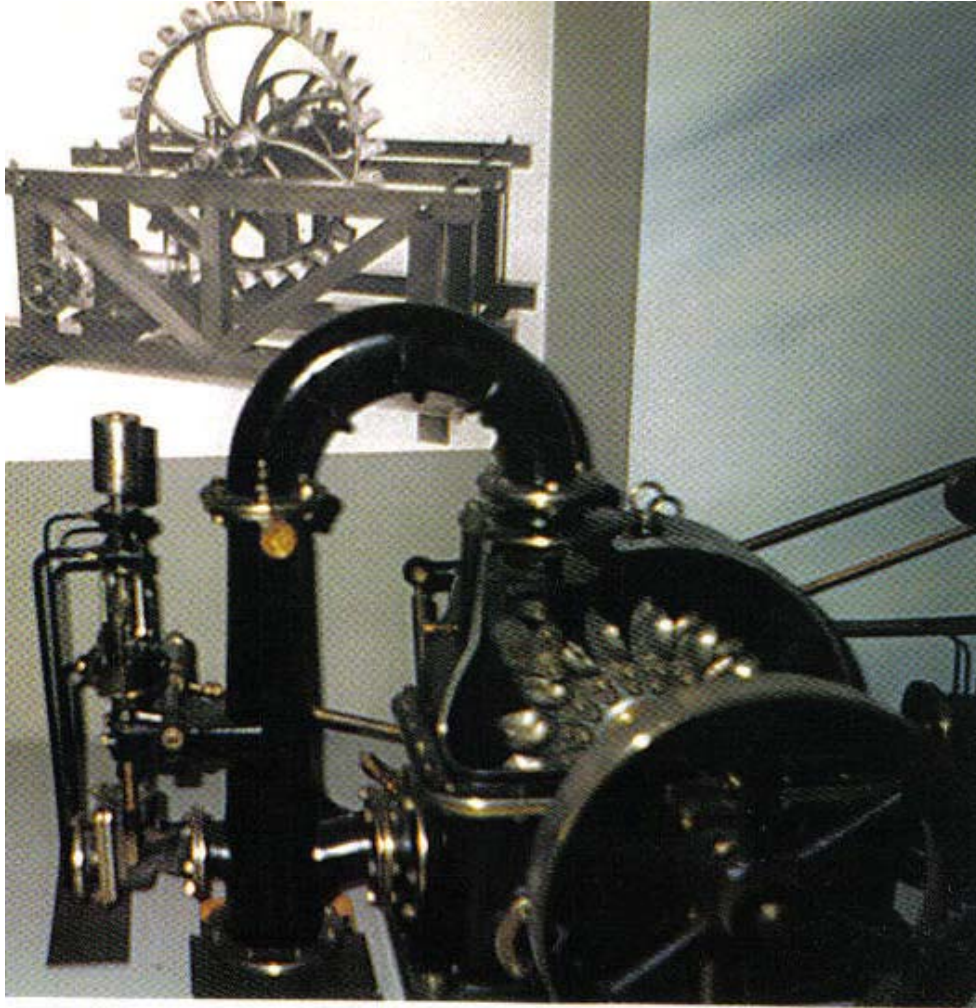
Po obvode má PELTONOVO koleso lopatky v tvare dvoch vedľa seba položených misiek. Prívod vody je bez rozvážacieho kolesa najlepšie viacerými dýzami, pretože ide o vysokotlakovú turbínu. Účinnosť turbíny je 90 – 95%.

Uplatňuje sa aj v súčasnosti tam, kde je málo vody a veľký spád. Je to preto typický vysokohorská turbína, vhodná do výšok s rozdielom vodného stĺpca najmenej 350 m.

Parametre vodnej turbíny možno určiť podľa vzťahu:  $n_q = n \cdot Q^{\frac{1}{2}} \cdot H^{-\frac{3}{4}}$ , kde  $n$  je počet otáčok turbíny,  $Q$  – veľkosť vodného prúdu,  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ,  $H$  – výška spádu, m. PELTONOVA turbína dosahuje hodnoty  $n_q = 1 - 12$ .

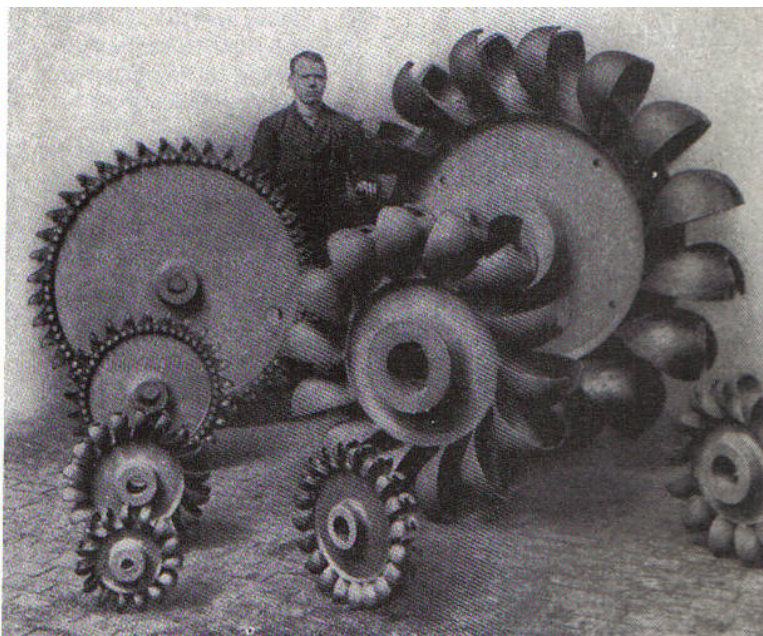
Obr. 1.171 Princíp PELTONOVEJ akčnej turbíny.





*Obr. 172 Konštrukcia a model PELTONOVEJ turbíny (Science Museum London (foto autor))*

Lopatky turbíny majú lyžicový tvar a často mimoriadne veľké rozmery (obr. 1.173)

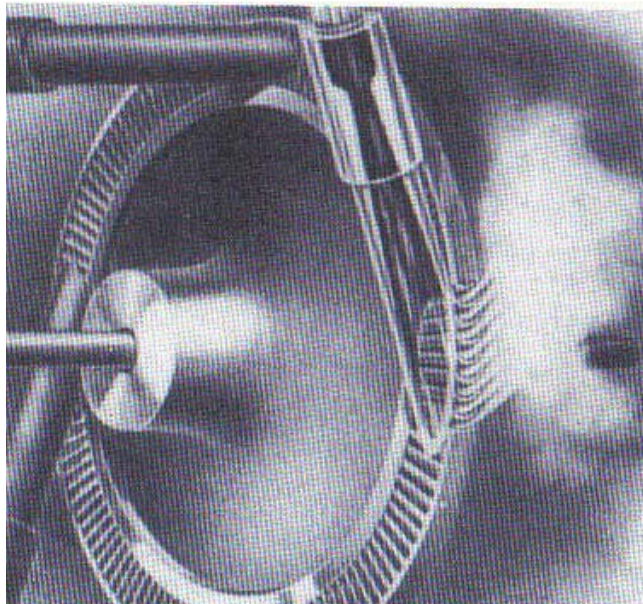


*Obr. 1.173 Obehové kolesá Peltonových turbín na rozličné*

*spády, množstvá vody a počty otáčok*

R.1883-1889 švédsky inžinier C.G.LAVAL (1829-1907) vytvoril rovnotlakovú axiálnu parnú turbínu, vybavenú po obvode veľkým počtom malých lopatiek. Para sa na ne privádza niekoľkými dýzami. Prvé LAVALOVE turbíny dosahovali 30 000 otáčok za minútu a pre praktické potreby bolo treba znižovať rýchlosť prevodmi. Lopatky sú zakrivené tak, že para na druhej strane opúšťa koleso takmer úplne bez tlaku. Bol to rozhodujúci motor pre ďalšie generácie.

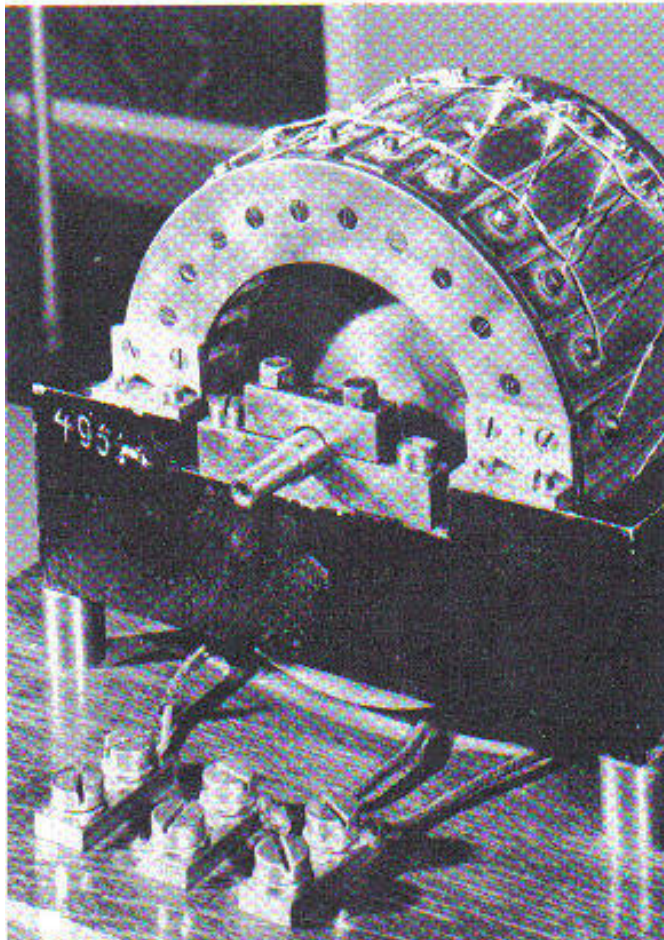
*Obr. 1.174  
Princíp LAVALOVEJ  
parnej turbíny [21]*



R.1881 je zásluhou P. KŘIŽÍKA počiatkom elektronizácie v Čechách.

R. 1885-1887 NIKOLA TESLA objavuje točivé magnetické pole, viacfázové prúdy a generátory striedavého prúdu. R. 1898 vysiela rádiové vlny na vzdialenosť 1 000 km.

R. 1888 skonštruoval mladý ruský inžinier MICHAIL DALIVO-DOBROVODSKIJ (pôvodom Poliak) prvý prakticky použiteľný elektrický indukčný trojfázový motor výkonom 0,073 kW. R. 1890 skonštruoval aj trojfázový transformátor. Trojfázový elektromotor nepotrebuje komutátor. Rotácia rotora je zabezpečená rotujúcim magnetickým poľom v statore. Stroj sa spoľahlivo rozbíhal a pracoval takmer bezhlučne. Tesla pôvodne potreboval na prenos prúdových fáz šesť vedení. R. 1888 však dospel k záveru, že stačia štyri vodiče (tri fázy a jeden nulový). Trojfázový motor DALIVO DOBROVOLSKÉHO nepotrebuje nijaký komutátor ani kolektor, ktorý si vyžadovali dovtedajšie jednosmerné motory (1860). Tým sa stali zbytočnými aj zberné krúžky a kefy. Preto je trojfázový elektromotor robustnejší. Otáčavé magnetické pole produkované v jeho statore sa neprestajne usiluje pritiahnúť rotor a tým mu dáva otáčavý pohybový impulz.



*Obr. 1.175 Prototyp  
prvého trojfázového striedavého  
motora DOLIVO-  
DOBROVOĽSKÉHO*

R. 1889 stavia ALEXANDRE GUSTAVE EIFEL prvú známu 305 m vysokú vežu v Paríži. Vtedy to bola najvyššia veža na svete. Stavalo sa bez lešenia, oceľové nosníky sa nitovali stlačeným vzduchom.

Skôr ako sa budeme ďalej zaoberať vývojom automobilu, vrátime sa k jednoduchým a populárnym dopravným prostriedkom, akým je bicykel. Má zaujímavú históriu.

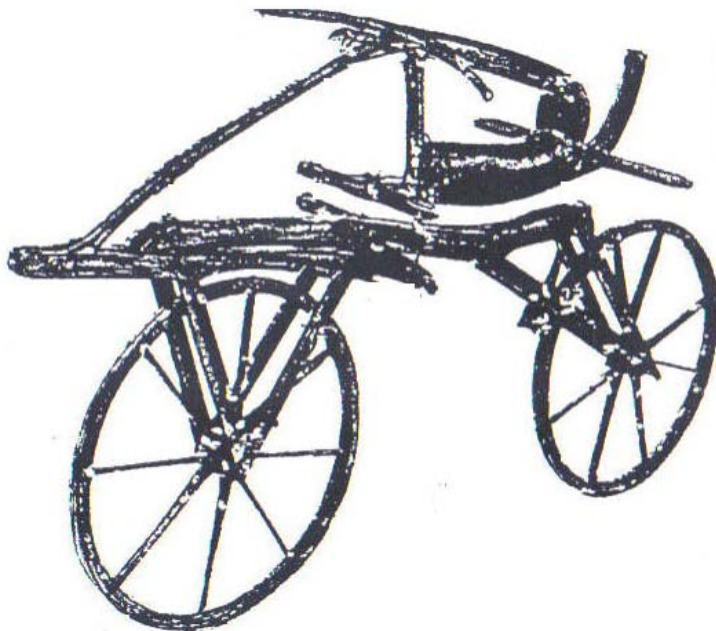
## 1.6 Vývoj bicykla

Kolieskové korčule sa prvýkrát objavujú v r. 1743. Na jednom londýnskom javisku nimi bavi divákov herec. Oficiálny patent na kolieskové korčule získal až r. 1760 belgický vynálezca JOHN JOZEPH MERLIN (1735-1803)- Jeho korčule boli podobné tým dnešným, ale zle sa s nimi manipulovalo. Dalo sa na nich jazdiť len rovno (obr. 1.176).



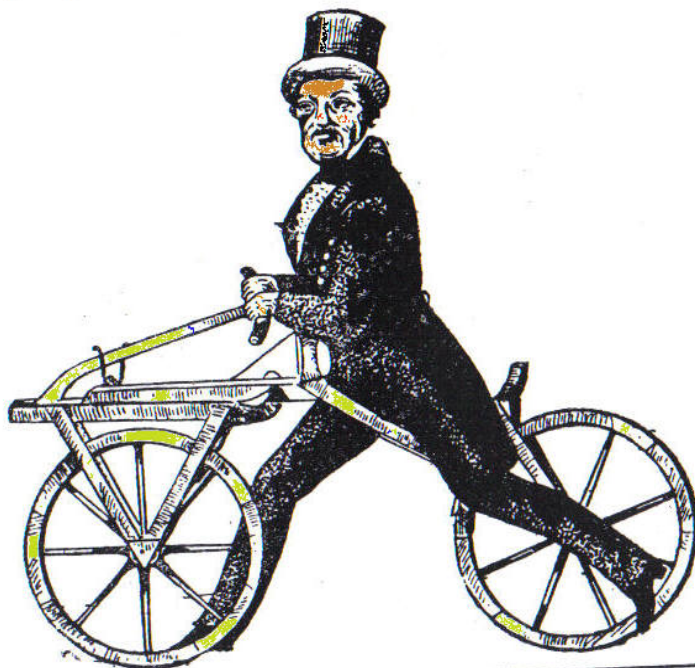
Obr. 1. 176 Prvé kolieskové korčule

Prvý bicykel, teda vozidlo, poháňané ľudskou silou vynašiel r. 1813-1817 lesmajster KARL FRIDRICH DREIS v Manheime. Myšlienka spočívala v znížení námahy človeka, ktorú má pri chôdzi. Ako vhodné sa ukázalo jednostopové vozidlo, ktoré má menší odpor s vozovkou, ako predtým vozy. Vozidlo malo drevenú konštrukciu, bez volantů s hmotnosťou 18 kg (s opornou doskou na opretie rúk a udržovanie rovnováhy). Jazdilo sa metódou rýchlej chôdze (odrážaním nôh od vozovky) rýchlosťou 10-15 km/h. V priebehu pár rokov získal veľkú popularitu (obr. 1.177).

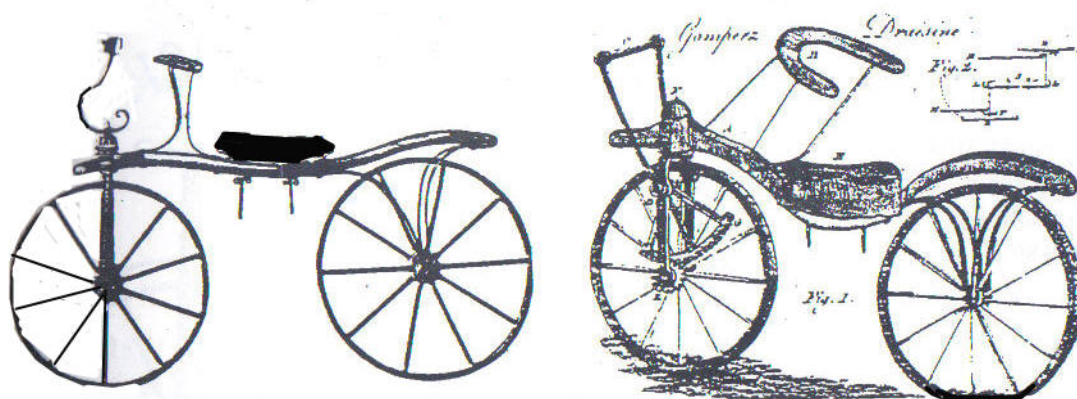


Obr. 1.177  
Originálny DREISOV  
„velociped“ z r. 1817.  
(Deutsches Museum  
Mníchov) a spôsob jazdy  
na ňom (dole) [6], [21]





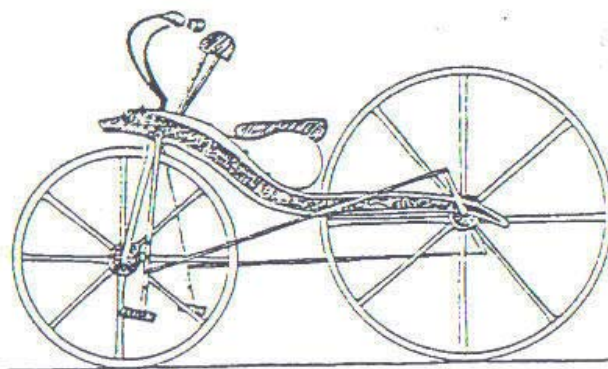
Po patente DREISA patentoval ľahšiu konštrukciu anglický vynálezca DENIS JOHNSON už r. 1820. Nazval ho „hobby-horse“ (hobby kôň). Ďalší vynález je z r. 1822 od L.GOMPERDZA s pohonom ručnou pákou (obr. 1.178).

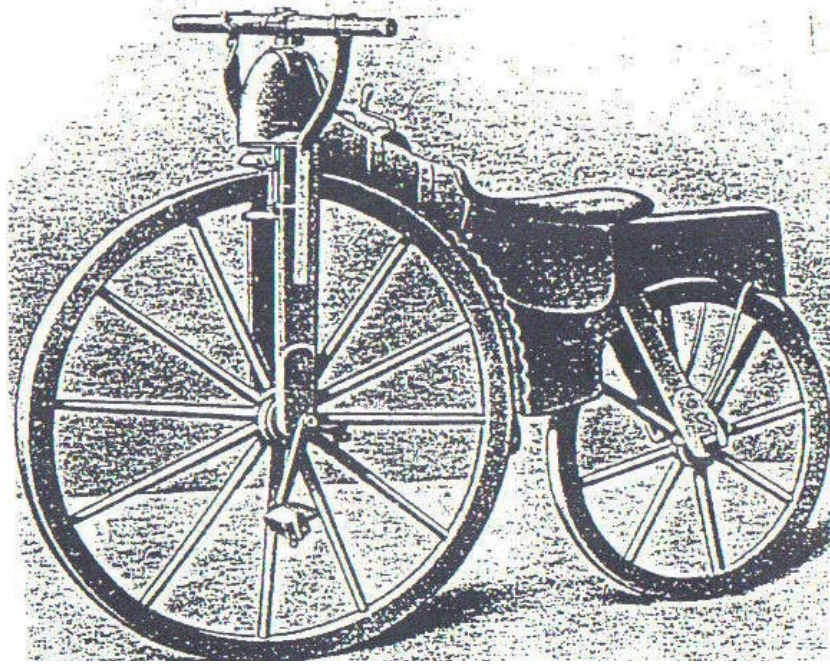


Obr. 178 Bicykel JOHNSONA „Hobby-Horse“ a a GOMPERTZA (vpravo) [6]

R. 1853 nemecký konštruktér z Obersdorfu P.M.FISCHER použil pedály na prednom kolese (obr. 179). Nezávisle na ňom vynašli r. 1860- 1861 Francúzi P.MICHAUS a P.LALLEMENT šliapací prevod ešte raz (obr. 1.180).

Obr. 1.179 Bicykel FISCHERA s pedálmi na prednom kolese [6]





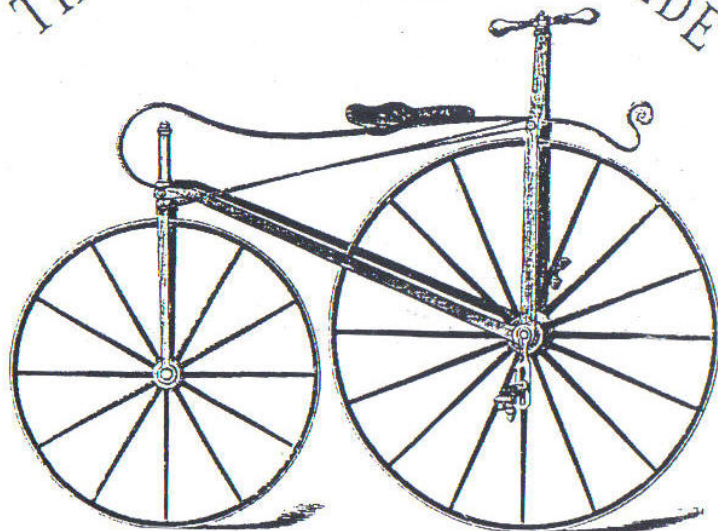
Obr. 180 Masívny bicykel MICHAUSA a LALLEMENTA [7]

Vo vývoji bicykla je snáď najviac patentových sporov. Napr. pneumatiku vynášiel r. 1845 Angličan R.V.THOMSON a r. 1888 írsky veterinárny chirurg J.B.DUNLOP.

Snaha o zvyšovanie rýchlosti jazdy viedla ku zväčšovaniu predného kolesa bicykla.

R. 1869 dostali tieto zatiaľ neodpružené bicykle názov „*bonshaker*“ (kostitras). Vzniklo veľa konštrukcií s malými odlišnosťami. Na obr. 1.181 je nákres z patentového spisu anglického „*kostitrasa*“ z r. 1869.

THE PATENT VELOCIPED  
"EAGLE"



Obr. 1.181  
Anglický  
*bonshaker*,  
1869[21] z r.

Pri konštruovaní bezpečného bicykla s dvoma rovnakými kolesami a reťazovým pohonom predného kolesa podľa návrhu T.SHERGOLDA z Gloucesteru r.1878 obohatil H.J.LAWSON trh novým typom bicykla Safeta (patent dostal až r. 1896). Bicykel už mal reťazový prevod. Po ovládnutí trhu bicyklami s kľukovým pohonom sa nedala rýchlosť pri priamom pohone zvyšovať ináč ako zväčšením predného kolesa. Najmä Angličania J.STARLEY a W.HILLMAN od r. 1872 prichádzali so stále väčšími kolesami. Polomer kolesa bol však anatomicky obmedzený dĺžkou nohy človeka (obr. 1.182).



*Obr. 1.182 Namáhavé nasadenie a jazda na bicykli s veľkým predným kolesom*



Neskôr použili konštruktéri kľukový mechanizmus posunuli pedále z náboja kolesa vyššie. Polomer kolesa tak narástol až na 2,5 m (1878). Takéto bicykle neboli stabilné

a neustále hrozil pád (obr. 1.183). Technika jazdy na nich pripomínala skôr jazdu na jednokolesovom bicykli.

*Obr. 1.183 Bicykel s posunutými pedálmi (Britské múzeum , foto autor)*

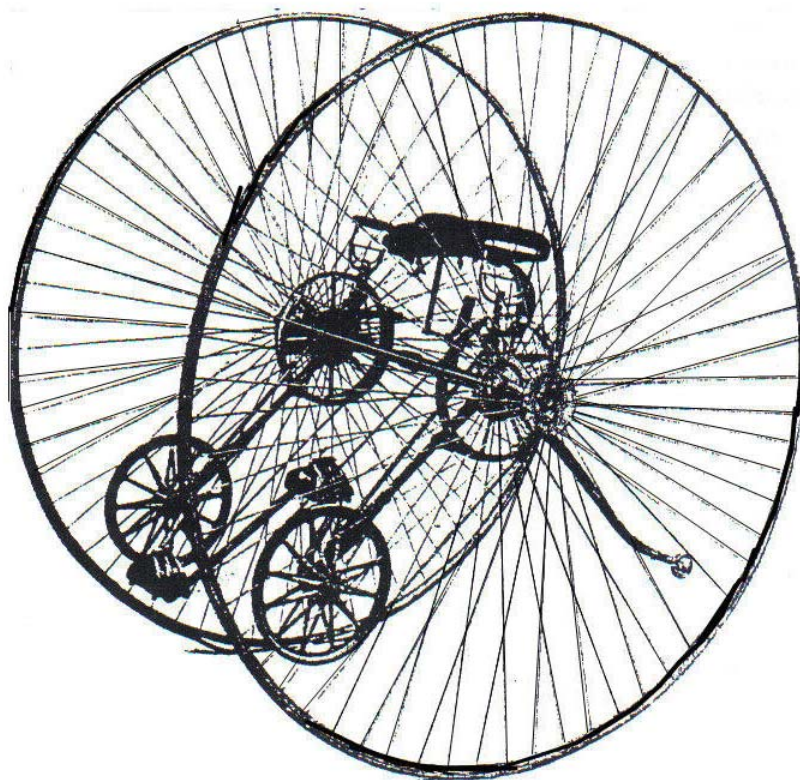


Novým riešením bol až prevod reťazovým kolesom konštruktérov SHERGOLDA a LAWSONA. Tento konštrukčný smer potom okolo r. 1887 vyvrcholil v LAWSONOVOM modeli Rover III, čo už bol tvar moderného bicykla s typickým lichobežníkovým rámom.

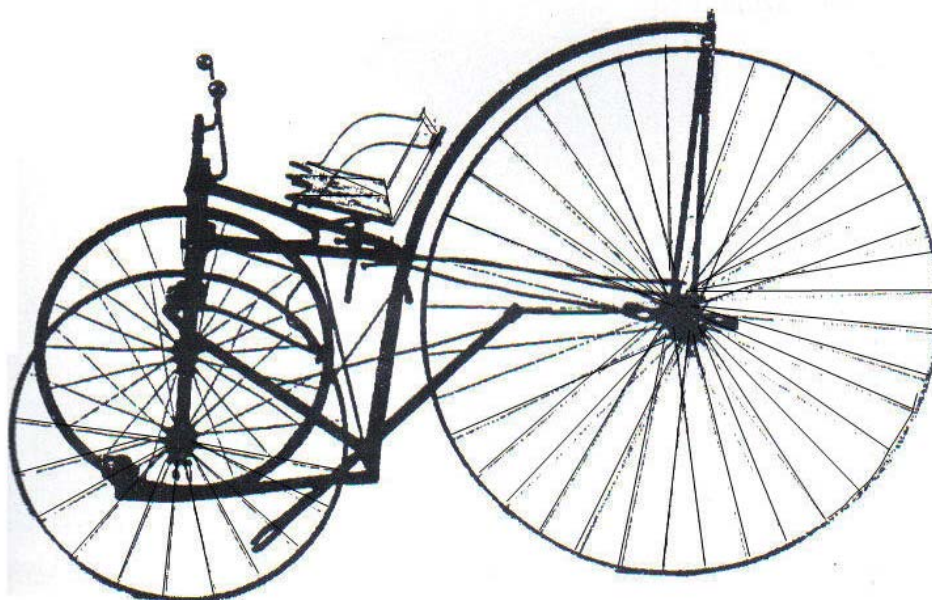
V priebehu vývoja bicykla došlo k mnohým zaujímavým riešeniam. Vyberieme aspoň niektoré.

Na obr. 1.184 je *dicykel* z r. 1877. Umiestnenie jazdca je v osi veľkých kolies. Pre bezpečnosť je vzadu operné koliesko.

Obr. 1. 184  
Dicykel z r. 1877.  
(Národné múzeum  
bicyklov Lincoln)



Na obr. 1.185 je *tricykel*, vyrábaný WILLIAMOM BLOODOM r. 1876 ,



Obr. 1.185 *Tricykel odlišnej konštrukcie* [6]

Na obr. 1.186 je elegantný jazda na *tricykli* opačnej konštrukcie (s jedným predným kolesom) a jazda na *quadricykli* (štvorkolesový).



*Obr. 1.186 Elegantný tricykel z r. 1886 už s reťazovým prevodom a dobová fotografia - jazda na quadricykloch z r. 1872 [7], [21]*

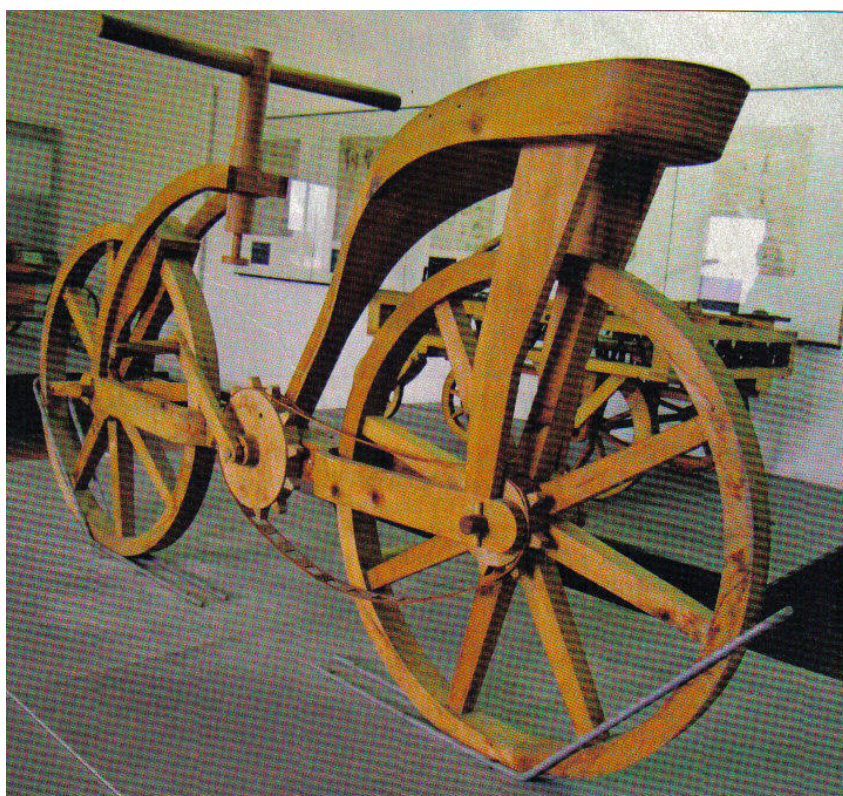
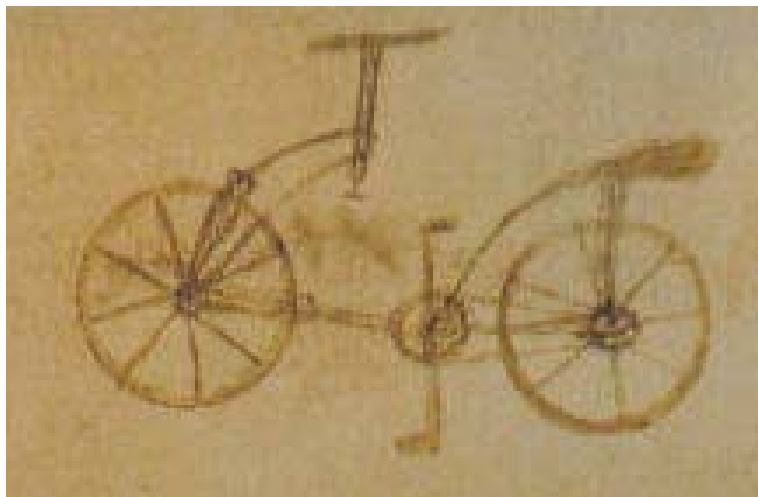
Postupný vývoj viedol nakoniec k bicyklu s oboma rovnakými kolesami (obr. 1.187).

*Obr. 1.187 Bicykel z r. 1889 sa už značne podobá na súčasnú konštrukciu*



LEONARDOVI DA VINCI sa pripisuje návrh dreveného bicykla s reťazou v r. 1475 vraj navrhol drevený bicykel s reťazou. Skôr ide o nepodarený žart z neskoršieho obdobia. Jeho skica na obr. 1.188.

*Obr. 1.188 Návrh bicykla,  
nepotvrdená skica LEONARDA  
DA VINCI z r. 1475  
a jeho drevený model*



R. 1900 vynašiel nemecký podnikateľ ERNST SACHS vynašiel voľnobežný náboj bicyklového kolesa.  
V 20.-30. rokoch 20. stor. vyrábala firma Solex bicykle s malým benzínovým motorčekom.  
Bol umiestnený na prednom kolese a poháňal ho cez gumové koliesko (obr. 189).



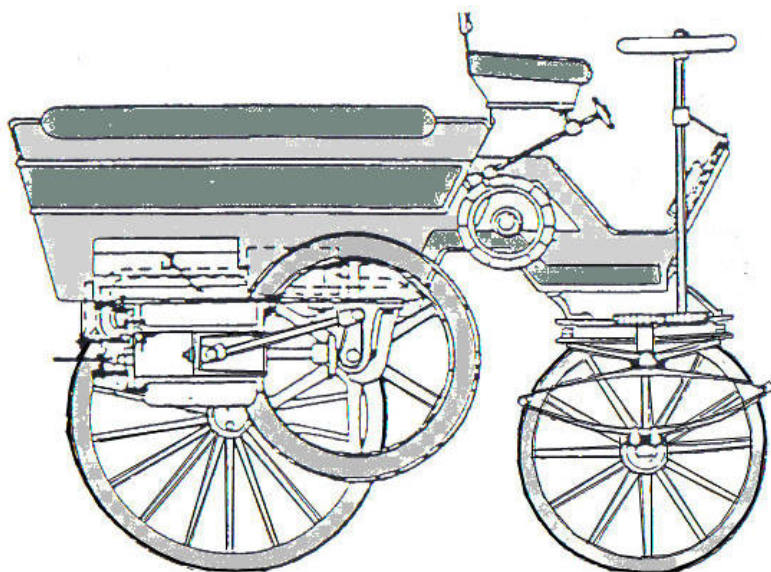
*Obr. 1.189 Bicykel so  
spaľovacím motorčekom  
Slovenské technické múzeum  
Košice*

## 1.7 Pokračuje vývoj pohonov

R. 1884 postavil PARSONS prvú reakčnú turbínu.

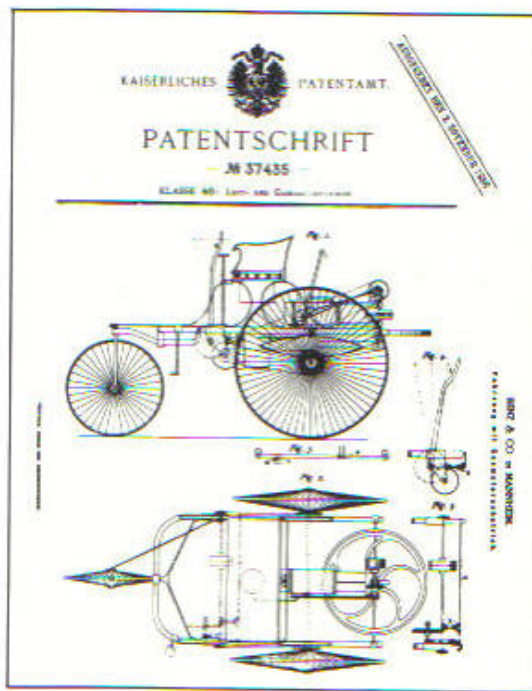
R. 1883 Francúz E.D.DEPOUTTEVILLE skonštruoval prvé auto s výbušným motorom (obr. 1. 190). Patentovať ho dal 12. februára 1884. Bol to plynový motor, podľa vzoru OTTA. Vyskúšal ho na pohon drevenej trojkolky. Svietiplyn si vozidlo viezlo vo dvoch kožených nádržiach.. Na prvej jazde sa však prívod plynu roztrhol a vozidlo vybuchlo. Po druhom neúspešnom pokuse sa autor vzdal ďalšieho vývoja vozidla, ktoré by si vyžadovalo úplne novú konštrukciu.

*Obr. 1.190  
Experimentálny  
automobil  
pradiarskeho  
podnikateľa  
EDUARDA  
DELAMARE-  
DEBOUTTEVILLA  
s výbušným  
motorom nad  
zadnou osou vozidla*





R. 1885 C.F.BENZ takmer súčasne s DAMBLEROM zostrojuje pomalobežný benzínový motor. Zapaľovanie bolo elektrické. Aj BENZ použil svoj motor v automobile, ktorý vznikol z upraveného koča Bola to benzínová trojkolka.(obr. 1.187).

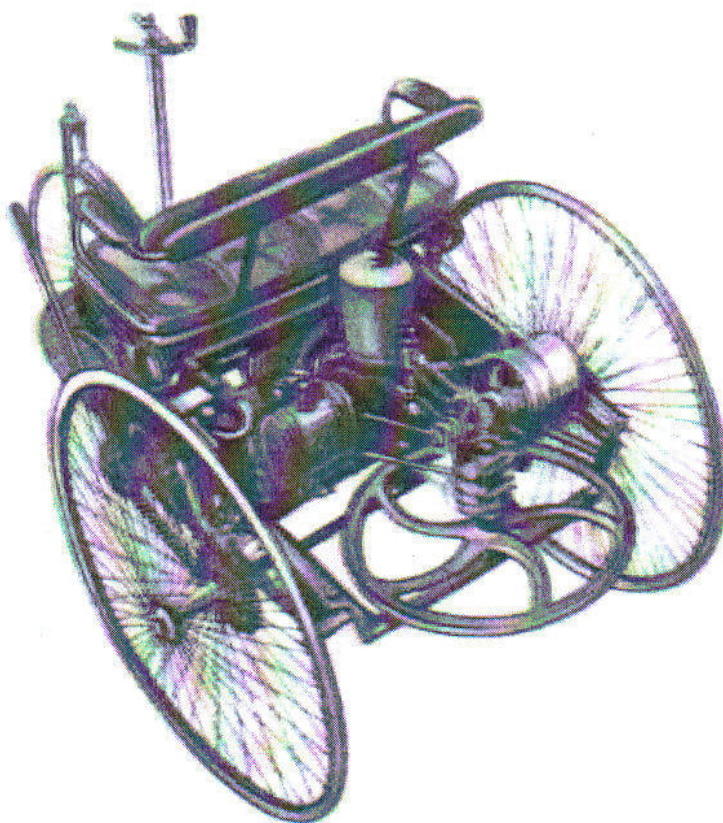


*Obr. 1.191 - CARL FRIEDRICH BENZ (1844-1929) a jeho patentový spis na motorové vozidlo [21]*



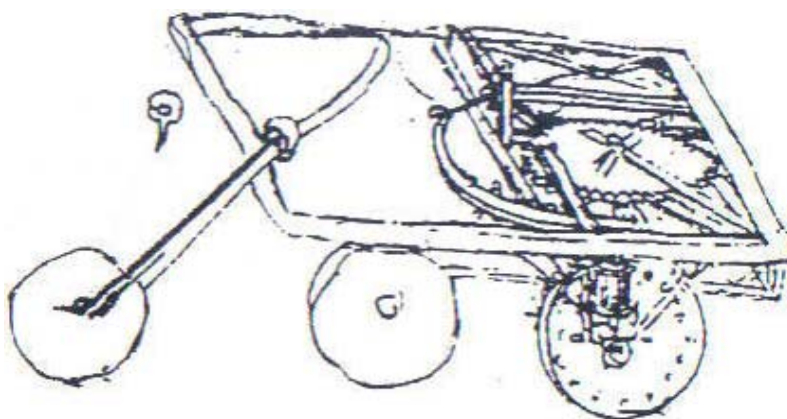
*Obr. 192 Autor pri reálnom automobile BENZA (Múzeum dopravy Anglicko)*

*Obr. 193  
Detailný pohľad na  
mechaniku automobilu)*

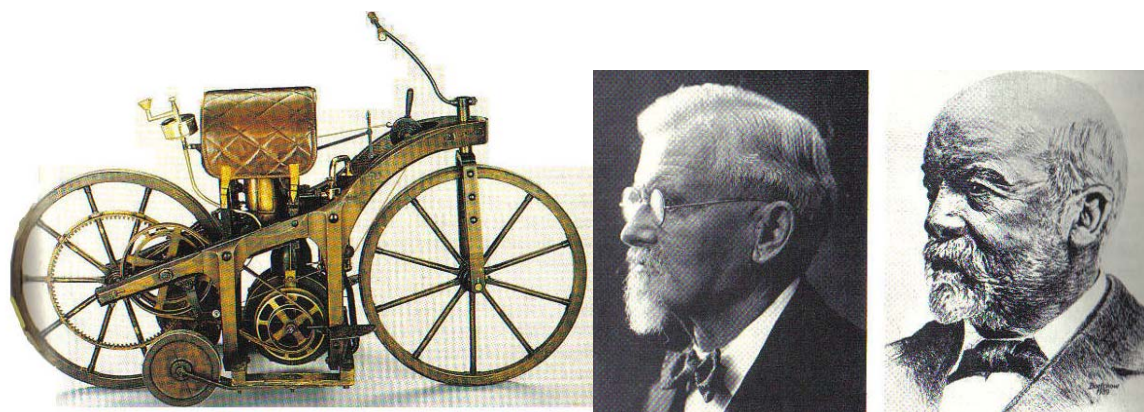


Nemožno obísť nápadnú podobnosť dizajnu automobilu s originálnym náčrtom auta LEONARDA DA VINCI (obr. 1.188)

*Obr. 1.194 Náčrt auto  
rukou LEONARDA DA  
VINCI z r. 1490 [18]*



V novembri 1885 vzniklo prvé dvojkolesové vozidlo s vysokootáčkovým spaľovacím motorom v Stuttgarte. Nemeckí technici W.MAYBACH a G.DAIMLER tým chceli dokázať, že štvortaktný motor, ktorý vyvinuli r. 1883 sa môže zostrojiť s tak malými rozmermi, že pri výkone 0,37 kW je použiteľný ako pohon jednostopového vozidla – motocykla. Spomedzi predchodcov tohto motocykla treba spomenúť LAWSONOV plynový z r. 1868 a G.TROUVEHO elektrický z r. 1881.



Obr. 1.195 Motocykel s rýchlobežným spaľovacím motorom, 1885 s autormi WILHELM MAYBACH (1846-1929), GOTTLIEB WILHELM DAIMLER (1834-1900) [21]

V rokoch 1886-1890 sa viac konštruktérov pokúšalo zostrojiť nový spaľovací motor na ťažké palivo, ale neúspešne.

R. 1887 nemecký elektromechanik R.A.BOSCH (1861-1942) založil v Stuttgarte továreň v ktorej vyrábal magnetové zapalovanie spaľovacích motorov.

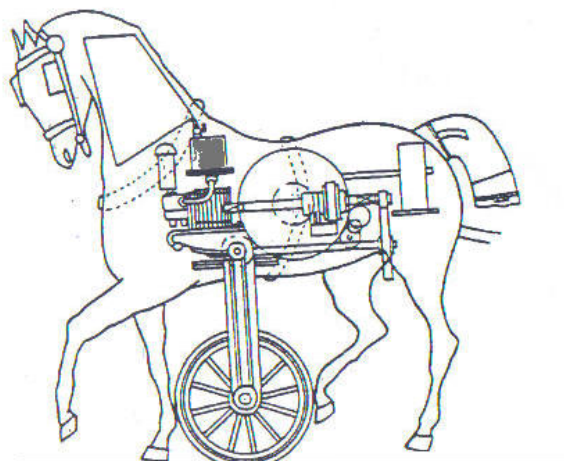
R. 1887-1892 ruský vynálezca P.D.KUZMINSKIJ (1840-1900) vynášiel a zostrojil prvú radiálnu reverznú plynovú turbínu. Plynové turbíny sa začali používať až v 20. storočí a hlboko ovplyvnili vývoj letectva a ďalších odborov.

R. 1889 železiareň v Krompachoch dala do prevádzky prvú závodnú elektrárňu na vodný pohon a výrobou jednosmerného prúdu a výkonom 22 kW.

R. 1892 železiareň v Gelnici dávala ako prvá v Uhorsku prúd malospotrebitel'om (80 kW). Do r. 1900 boli postavené ďalšie elektrárne v Banskej Štiavnici, Prešove (1895), Kežmarku, Spišskej Novej Vsi, Bratislava (1900), Ružomberku, Košiciach (1899) a v Lučenci.

Pred rokom 1890 začína elektrický pohon prenikať do strojárkej výroby a postupne vytláča zložité transmisie. Proces zavádzania elektromotorov je však dlhodobý.

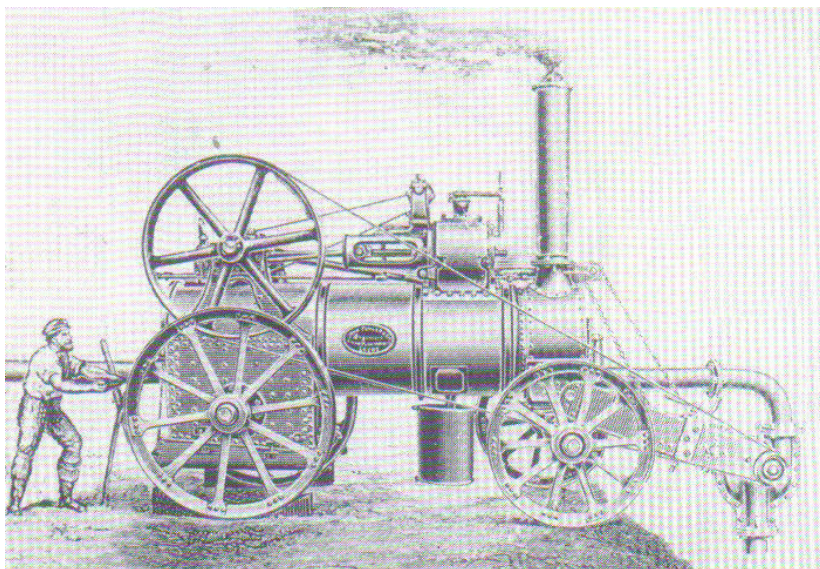
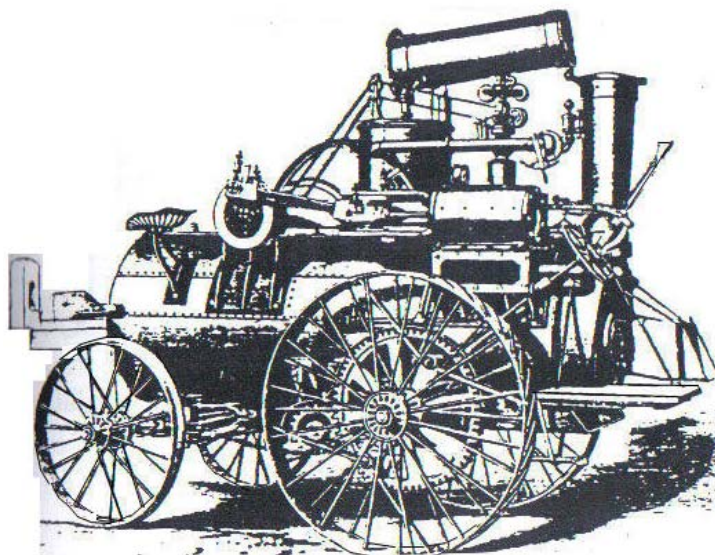
Ako kuriozita v oblasti spaľovacích motorov môže slúžiť patent, podaný r. 1897 vo Francúzsku, nazvaný „petrol horse“ (naftový kôň). Jedná sa o predchodcu traktora tvaru koňa. Zrejme vyvolával skôr estetické asociácie ako funkčné (obr. 1.196).



Obr. 1.196 Naftový kôň (kôň traktor), patentovaný r. 1897 [9]

Pokračuje vývoj rozličných typov automobilov, najmä pre poľnohospodárske účely, ktoré stále viac pripomínali traktor. Na obr. 1.191 je *lokomobil* z r. 1890 od výrobcu Aultman & Taylor Machinery, Mansfield, Ohio, USA.

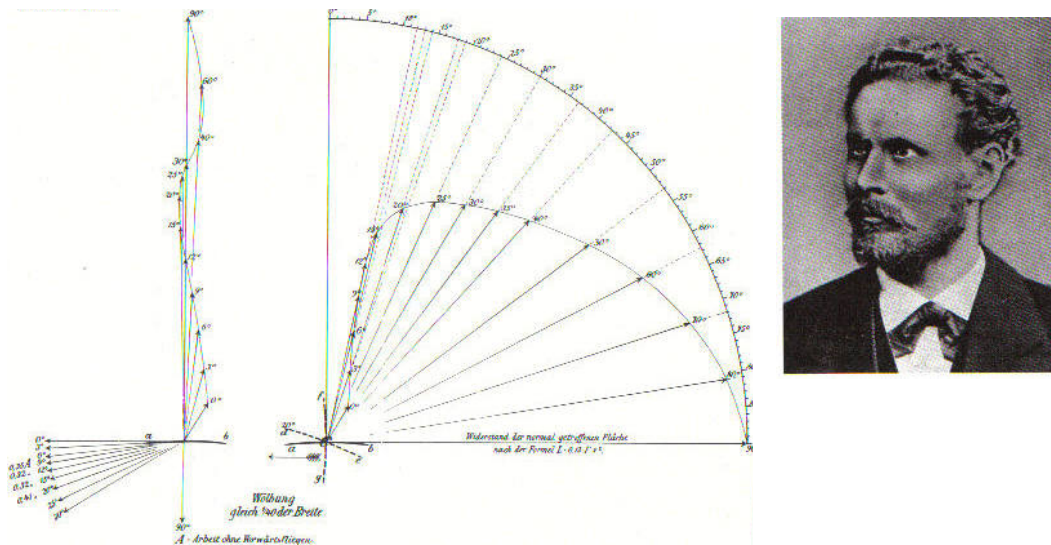
Obr. 1.197 Jeden z lokomobilov z r. 1890 [3]



1.198 Odstredivá pumpa, ovládaná parným lokomobilom z r. 1900 (Anglicko) [3]

R. 1889 nemecký inžinier O.LIELIENTAL napísal priekopnícku knihu: „*Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst*“ (Vtáčí let ako základ umenia lietať). Zdôvodnil možnosť lietania človeka podmienkou napodobenia letu vtákov.

Vychádza pritom zo skúseností jeho predchodcov (LEONARDO DA VINCI, G.CAYLEY, F.ESTERO, F.WENHAM, P.PHILIPPS, J.MONTGOMERY)

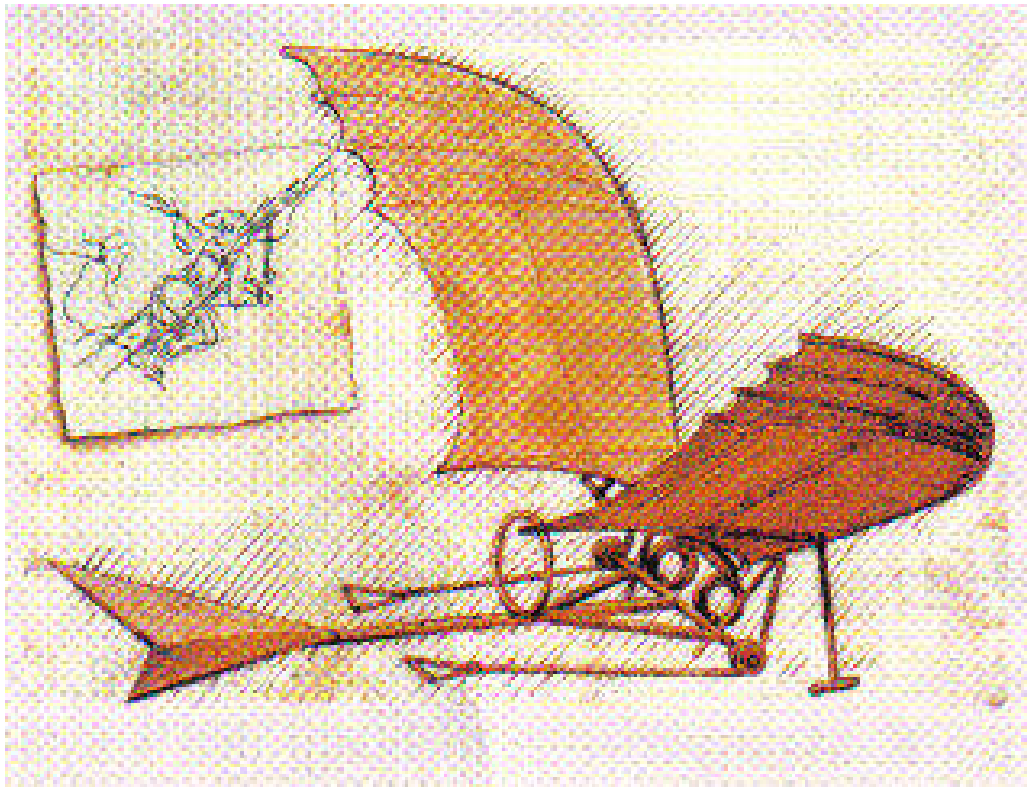


Obr. 1.199 OTTO LIELIENTAL a jeho nákres zahnutého krídla a predstava o lietaní [21]

História lietania je veľmi bohatá a autorov veľa. Prvým priekopníkom bol LEONARDO DA VINCI.



Obr. 1.200 Originálna skica LEONARDOVHO krídla, navrhnutého podľa krídla netopiera. Kostra je drevená, prepojená plátnom [21]

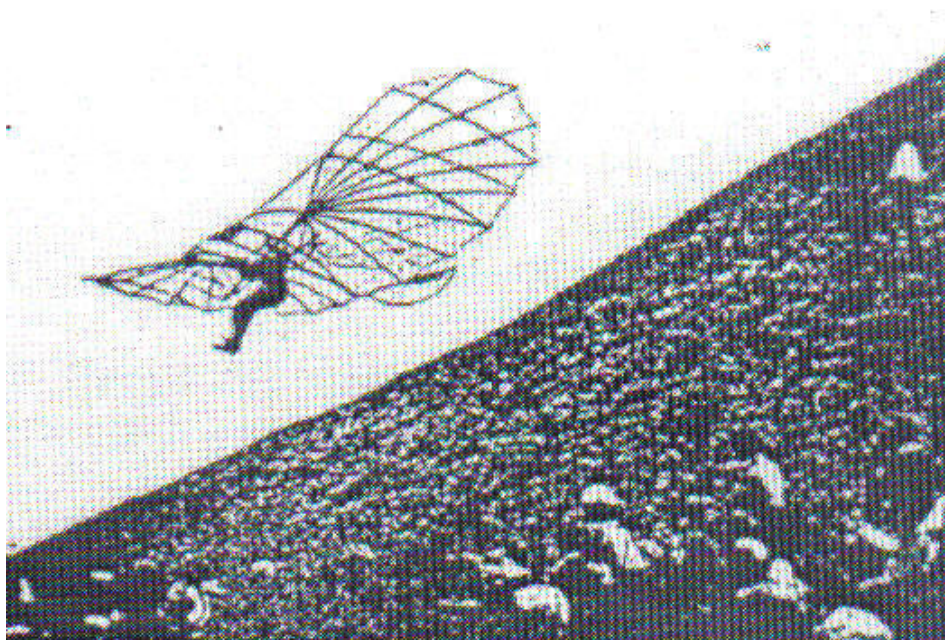


*Obr. 1.201 Znárodnenie letu človeka a model lietajúceho stroja podľa LEONARDA*

Prvý experiment pri skúškach klzákov bol Sir GEORGE CAYLEY z Anglicka. Od r. 1804 takmer pol storočia vyrábal rozličné typy vetroňov s ľudskou posádkou. Vraj aj sám dvakrát vzlietol. Skúmal pritom podmienky stability počas letu. Neskôr v týchto pokusoch pokračoval Nemeč OTTO LIELIENTAL a Angličan P.S.PILCHER. R. 1890 LIELIENTAL uskutočnil úspešný let. Obaja zahynuli pri ďalších neúspešných pokusoch v r. 1896 a 1899.

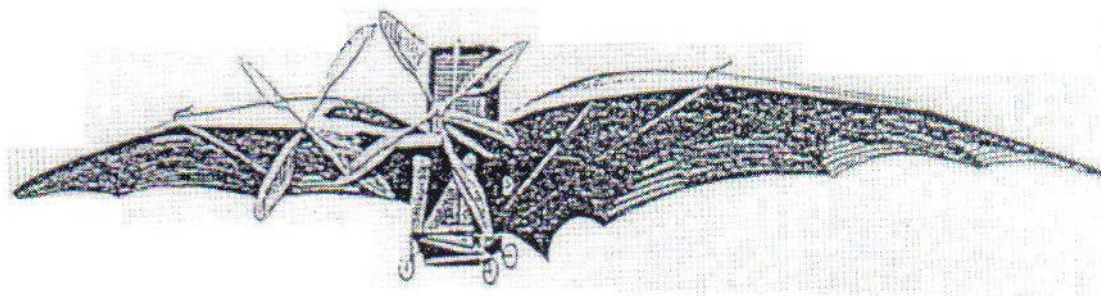


*Obr. 1.202 Originálna skica klzáka CAYLEYA s vlastnými iniciálkami a dátumom*



*Obr. 1.203 OTTO LIELIENTAL pri pokuse o klzavý let z „leteckého vršku“ na okraji Berlína-Lichtenfeldu (1804). Model mal tuhé krídla [21]*

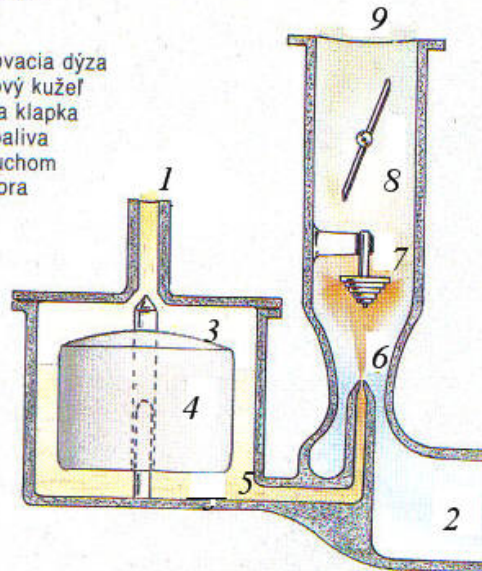
R. 1890 Francúz ADLER (1841-1925) stavia lietadlo s netopierími krídlami, poháňané parným strojom. Podarilo sa mu vzlietnuť na dráhe 50 m dlhej do nepatrnej výšky. Bolo to pravdepodobne prvé odpútanie od zeme lietadla, ťažšieho ako vzduch (ak sa to nepodarilo MOŽAJSKÉMU r. 1884). Rozpätie krídel bolo 14 m a hmotnosť za letu malo lietadlo 296 kg.



*Obr. 1.204 ADLEROVO lietadlo s netopierími krídlami (1890)*

R. 1892 nemecký inžinier W.MAYBACH vynášiel plavákový karburátor so vstrekovacou dýzou, ktorý pružne vytvára zmes paliva a vzduchu podľa premenlivého výkonu motora a zvyšuje jeho účinnosť. Benzín sa rozptyľuje nárazom na kužel a zároveň sa zmiešava so vzduchom. Aby tento proces prebiehal vždy pod rovnakým tlakom, plavákový ventil reguluje jeho stálu hladinu. Nezávisle od neho dýzový karburátor skonštruoval aj Maďar D.BÁNKI.

1. Prívod paliva
2. Prívod vzduchu
3. Ihlový ventil
4. Plavák
5. Palivo
6. Vstrekovacia dýza
7. Nárazový kužel
8. Skrtiaca klapka
9. Zmes paliva so vzduchom do motora



Obr. 1.205  
Schéma MAYBACHOVHO  
karburátora  
so vstrekovacou  
dýzou [21]

R. 1892 33 ročný inžinier R.DIESEL z Nemecka podal patent na spaľovací motor, ktorý pracuje bez zapalovacích sviečok, so samo zapalovaním paliva. Motor nepotrebuje ani karburátor. Pracuje v dvoch, alebo štyroch taktoch. Piest sa posúva nadol, pričom nasáva čerstvý vzduch. V druhom takte sa posúva nahor a stláča vzduch tak, že sa ohreje na 700-900 stupňov. Do stlačeného vzduchu sa vstrekne palivo (ťažko zápalné uhľovodíky, alebo nafta), ktoré sa vznieti a v treťom zdvihu tlačí piest nadol. Vo štvrtom zdvihu sa piest posúva nahor a vytlačí spaliny.

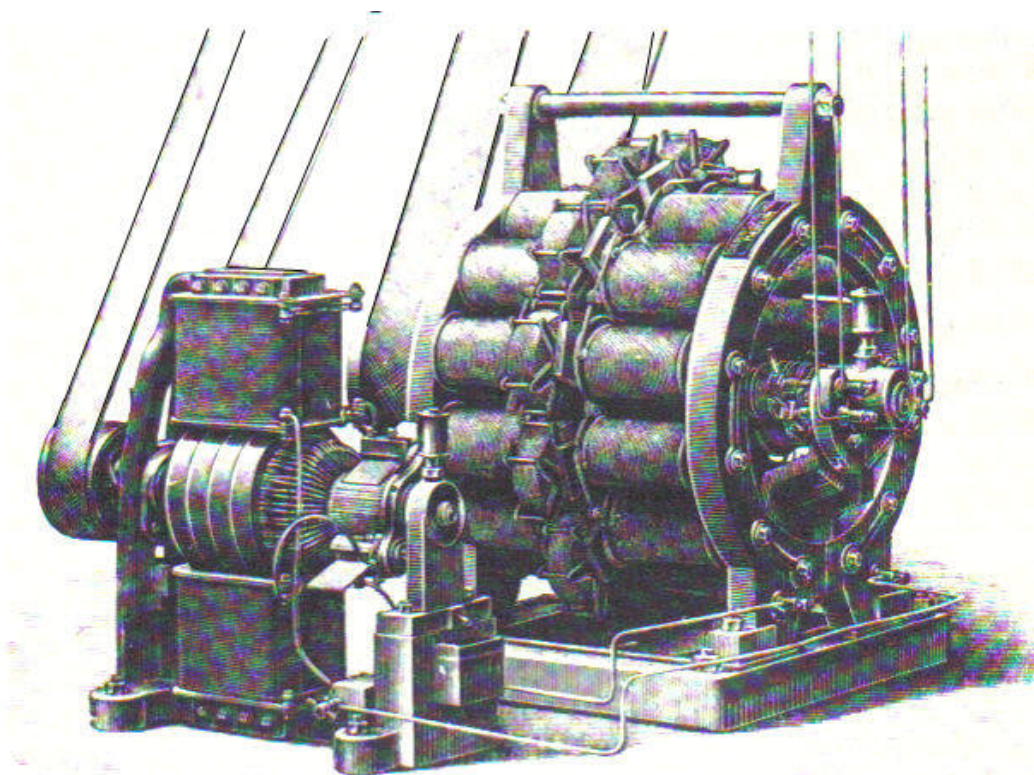


Obr. 1.206 RUDOLF DIESEL (1859-1913) [21]



J.V.MAMIN (1873-1955) skonštruoval samohybné ložisko, podobné dnešnému traktoru. Bolo poháňané spaľovacím motorom na naftu. Na koľajniciach sa objavili lokomotívy s naftovými motormi.

Nemecký fyzik POLLÁK vynášiel vo Frankfurte nad Mohanom mechanický usmerňovač, ktorý mení striedavý prúd na prerušovaný jednosmerný, tak, aby sa ním dali nabíjať akumulátory. Rotujúcim mechanizmom, podobne ako konektor jednosmerného dynama (1867) prepne usmerňovač každú druhú polovlnu striedavého prúdu. Aj keď sa neskoršie uplatnili usmerňovače na inom princípe, POLLÁKOV vynález mal veľký význam v čase, keď sa začali stavať elektrárne na striedavý prúd. Znamenalo to koniec výroby jednosmerného prúdu.



*Obr. 1.207 Generátor striedavého prúdu s budičom berlínskej firmy Siemens & Halske, používaný v elektrárňach na prelome storočia [21]*

R. 1896-1897 v Amerike pri Niagarských vodopádoch postavili veľkú vodnú elektrárňu na diaľkový prenos elektrickej energie. Rozvinul sa tam boj medzi zástancami jednosmerného (EDISON) a striedavého (TESLA) prúdu. Zvítazil jednofázový striedavý prúd. Na pohon Niagarskej elektrárne slúžili výkonné vodné turbíny.

R. 1897 začal v Nemecku jazdiť autobus so spaľovacím motorom. Súčasne postavili v Anglicku prvú loď so spaľovacím motorom.

R. 1897-1898 bol v Kopřivnici postavený prvý český automobil „Präsident“. Dvojčinný motor dodala firma Benz. Na realizácii vozidla sa zúčastnil aj český technik

L.SVITÁK (1856-1931). Medzi Kopřivnickými konstruktéry vynikal H.LEDVINKA (1878-1967).



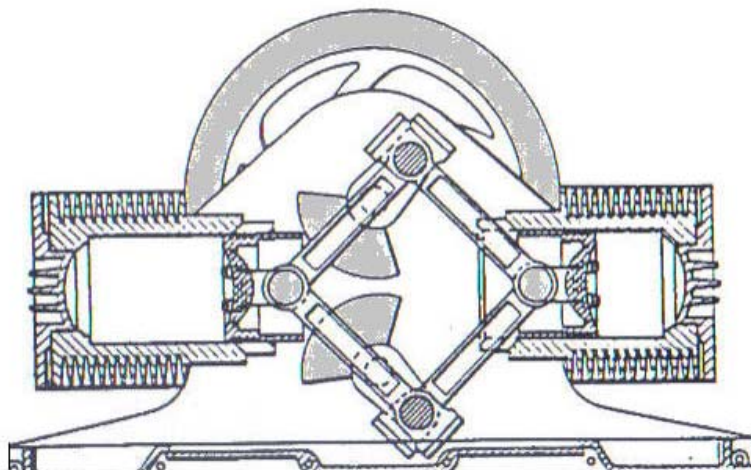
*Obr. 1.208 Prvý český automobil „Präsident“*

Treba povedať, že osobností českého automobilizmu bolo viac. Už J.BOŽEK r. 1815 predvádzal v Prahe prvú jazdu parného automobilu na európskom kontinente. F.KŘÍŽÍK zostrojil prvý pokusný elektrický automobil r. 1895. Mal elektromotor s výkonom 4 kW. Skúšal aj hybridný pohon a akumulátory vozidla nabíjal spaľovacím motorom Laurin&Klement s výkonom 26 kW. LEOPOLD SVITÁK prerobil koč Mylord na automobil, ktorý už r. 1897 vlastnou silou vyšiel z dielne. Vzhľadom aj spracovaním prekonal BENZOVE automobily. Bol vyrobený len jeden kus.

R. 1897 vznikla vo francúzskom meste Ploumanach továreň, ktorá využívala energiu prílivu mora. Elektrina sa vyrábala turbínami.

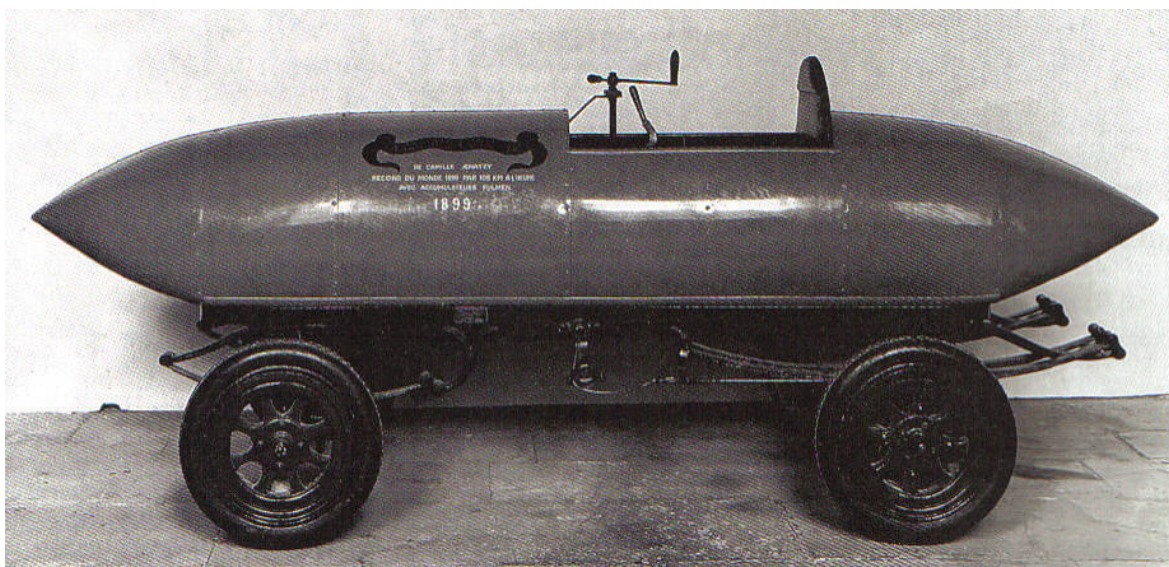
R. 1898 ruský konštruktér G.V.TRINKLER (1876-1957) si dal patentovať bez kompresorový spaľovací vysokotlakový motor s autozapalovaním. Neskôr sa vyrábal v Nemecku.

Od r. 1897 LANCHESTER vyvíjal svoj dvojvalec s valcami, umiestnenými proti sebe.



*Obr. 1.209 Dvojvalec LANCHESTERA (1897-1904)*

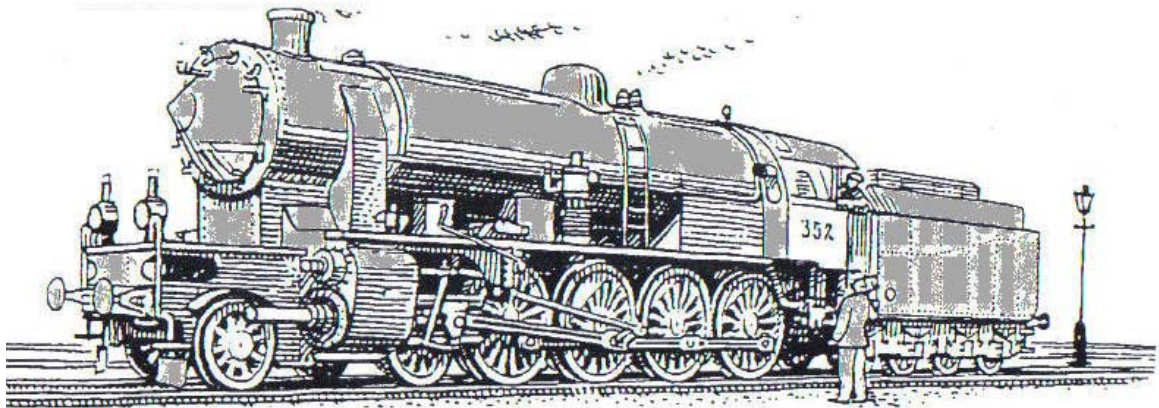
R.1899 Francúz C.JÉNATZY dosahuje 29.4.1899 rýchlostný rekord so svojim elektrickým automobilom v tvare torpéda. (obr. 1.210). Dosiahol rýchlosť 105,8 km/h.



*Obr. 1.210 Elektrický automobil La Jamais Contente*

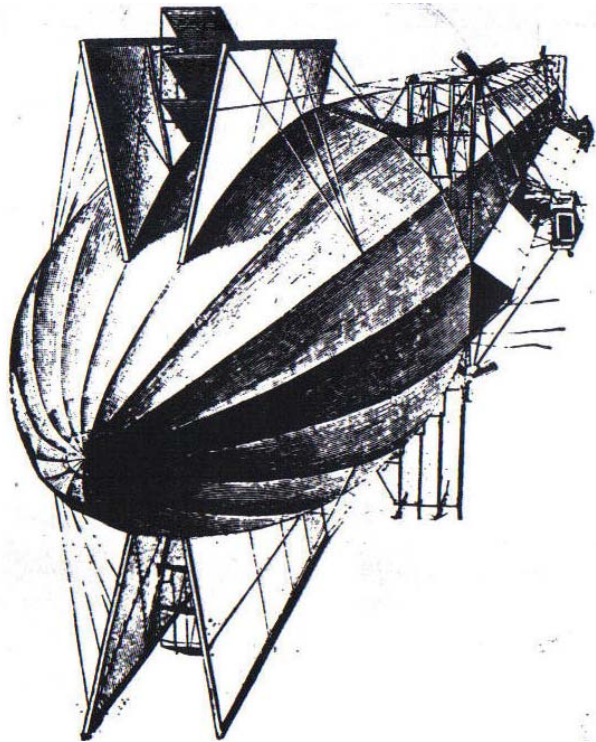
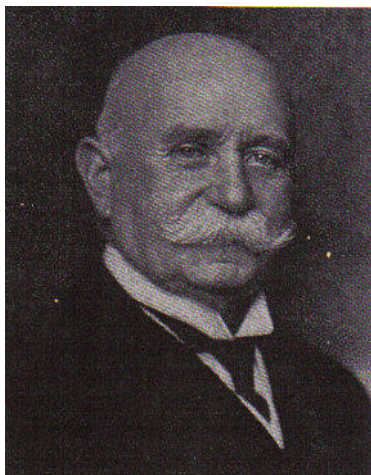
R. 1899-1901 francúzsky inžinier A.RATEAU (1863-1930) skonštruoval výkonnú štvorstupňovú rovnotlakovú parnú turbínu. Jej výkon bol plných 1000 kW. Tlak plynu je rozdelený do viacerých stupňov, medzi ktorými postupne tlak rovnomerne klesal. Takto mohla turbína pracovať vyššími otáčkami, bez straty výkonu.

Od r. 1900 sa v Českomoravských strojárňach vyrábajú parné lokomotívy.



*Obr. 1.211 Parná lokomotíva z Českomoravských strojární [2]*

2. júla 1900 po tvrdej práci FERDINANDA VON ZEPPELIN a jeho spolupracovníka konštruktéra THEODORA KOBERA odštartovala vzducholod' LZ 1 vo Friedrichshafene na svoj prvý let.. Vzducholod', vystužená hliníkovým skeletom bola 128 m dlhá, mala priemer 11,73 m a obsahovala 11 327 m<sup>3</sup> plynu. Poháňali u dva Daimlerove motory s výkonom 11,8 kW.



*Obr. 1.212 Gróf FERDINAND von ZEPPELIN, narodený 8.7.1837 v Konstanci a jeho kovová vzducholod' [21]*

R. 1902 E.DANIELSON zo Švédska vynášiel synchronný motor. V indukčnom motore, ktorý vyvinul TESLA (1887), beží motor s určitým sklzom za točivým magnetickým poľom. Danielson nahradil magnetickú kotvu permanentným magnetom a tak získal motor, ktorého kotva rotovala bez fázového posunu, presne podľa frekvencie točivého magnetického poľa striedavého prúdu. Motor je vhodný tam, kde sa požaduje presný počet otáčok.

R. 1903 postavil F.KŘIŽÍK prvú elektrickú železničnú trať z Tábora do Bechyně v Čechách. Bola na jednosmerný prúd stroj - vodičovým systémom a je v prevádzke doteraz.

R. 1903 slovenský technik AUREL STODOLA (1859-1942) uverejnil svoju priekopnícku prácu: „*Parné turbíny a výhľady tepelných strojov*“. Kým toto prvé vydanie malo 220 strán a 120 obrázkov, posledné – šieste malo už 1157 strán a 1141 obrázkov. Stodola v tomto diele položil základy modernej teórie parných a plynových turbín. Kniha sa doteraz pokladá za klasické dielo tejto problematike.

Prvú parnú turbínu postavil LAVAL r. 1883. Bola to jednostupňová rovnotlaková turbína s vysokými otáčkami, pretože spracovávala veľký tepelný spád.

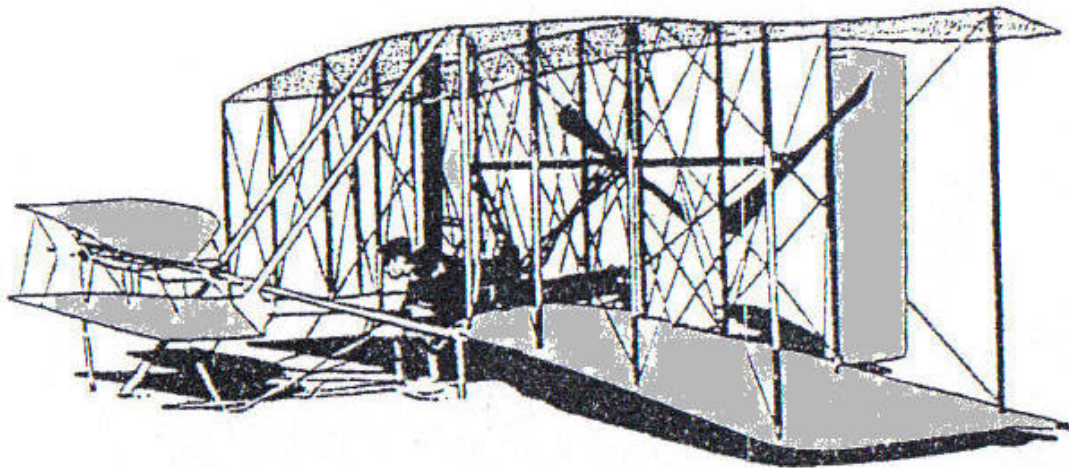
A.STODOLA objasnil javy, ktoré nastávajú pri prúdení v systéme turbíny pri rozličných režimoch. Priekopnícky bol najmä jeho objav rázu pary. Objavil aj podchladenie pary pri prietoku dýzou. Významne sa pričínil o rozpracovanie nového vedného odboru „*Teória automatickej regulácie*“. Od r. 1892 na Technike v Zürichu pracoval najmä v odbore turbín a získal svetové meno. 10. mája 1989 pri 130. výročí narodenín bola urna s pozostatkami uložená na cintoríne v jeho rodisku v Liptovskom Mikuláši.



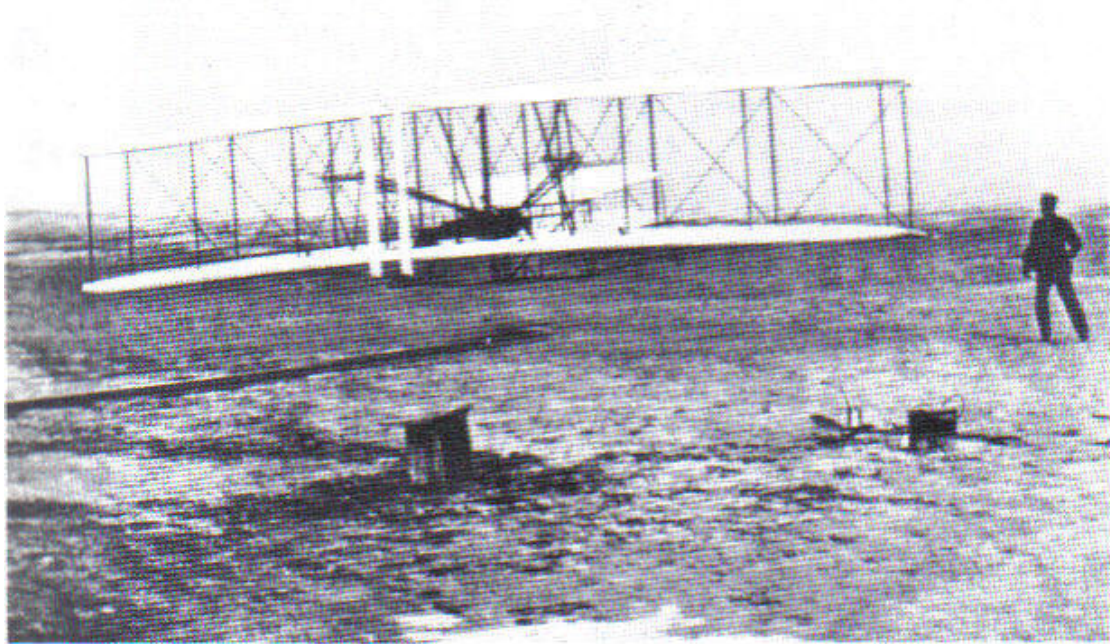
Obr. 1.213 AUREL STODOLA

R.1929 pri príležitosti 70. narodenín A.STODOLU, A. EINSTEIN napísal: „ Keby sa bol Stodola narodil za renesancie, bol by sa stal veľkým maliarom alebo sochárom, pretože najväčším impulzom jeho osobnosti je fantázia a nevyhnutnosť tvoriť. Už od sto rokov také povahy najčastejšie inklinujú k technike. V nej sa vybíja tvorivá nevyhnutnosť nášho veku.

Prvý zaznamenaný let motorovým lietadlom uskutočnili Američania WILBUR (1867-1912) a ORWILLE (1871-1948) WRIGHTOVI. Let síce trval len 12 sekúnd a lietadlo preletelo necelých 36 m., ale bol to prelomový moment v dejinách letectva.



Obr. 1.214 Ľahký dvojplošník, na ktorom bratia WHIGHTOVCI uskutočili 17. septembra 1903 prvý riadený motorový let [9]



*Obr. 215 Záber z úspešného letu WHIGHTOVCOV*

Ruský vedec K.E.CIOLKOVSKIJ je považovaný za tvorca základov kozmonautiky. R. 1903 predložil svoju teóriu raketového pohybu ako spôsobu dopravy pri medziplanetárnych letoch. Bol pôvodcom Poliak, zaoberal sa aerodynamikou, raketovou problematikou a konštrukciami lietadiel. R. 1897 postavil v Rusku prvý aerodynamický tunel. Navrhol používanie kvapalného paliva v raketových motoroch, skúmal možnosť použiť gyroskopický stabilizátor a chladenie palivovej komory rakety. Opísal ovládateľné pohony rakiet, vysvetlil vplyv vysokého zrýchlenia na živé bytosti a navrhol umelé satelity zeme. Neskôr r. 1929 navrhol viacstupňové rakety.

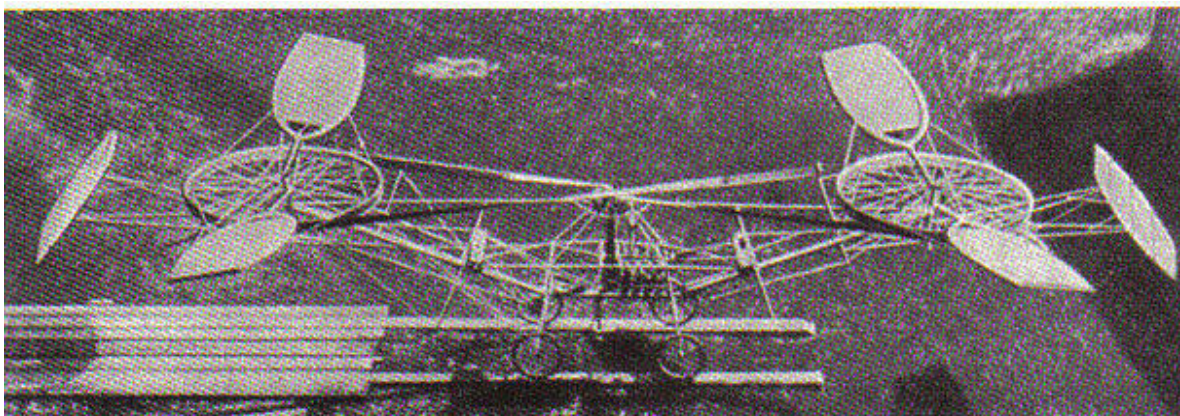
*Obr. 1.216  
KONSTANTIN  
EDUARDOVIČ  
CIOLKOVSKIJ  
(1857-1935)*



R. 1905 francúzski inžinieri M.ARMENGAUD a CH.LEMALE prestavali LAVALOVU parnú turbínu (1883) na plynovú s vyššou účinnosťou.

R. 1909 na Clarkovej univerzite v americkom štáte Massachussets uverejnil fyzik a inžinier R.H.GODDARD teoretické práce o raketových pohonných jednotkách. Opísal modely rozličných rakiet na tekuté palivo s palivovými zmesami, ako sú tekutý vodík a tekutý dusík, peroxid dusíka a etán, systémy na chladenie dýz a návrhy na viacstupňové rakety. Projektoval pohonné jednotky na slnečnú energiu, vesmírne kamery a pristávací manéver na Mesiaci.

R. 1907-1908 sa robia pokusy s motorovými vrtuľníkmi. 13. septembra 1907 sa Francúz PAUL CORNU pokúsil na stroji vlastnej konštrukcie o prvý let vrtuľníka s posádkou. 24. augusta vyštartoval jeho krajan LOIS BREGUET na upútaný let so svojim „gyroplánom“. Ani jeden z týchto letov nebol úspešný. CORNU najskôr r. 1906 zostrojil model, vážiaci 12,7 kg s nosnosťou 15,9 kg. Motor s výkonom 1,5 kW vážil 6,8 kg. Stroj mal dva motory. R. 1907 zostrojil vrtuľník s dvoma motormi a motorom s výkonom 17,6 kW. Zdvihol sa aj s pilotom do vzduchu, no len do výšky 30 cm.



Obr. 1.217 Vrtuľník Francúza P.CORNUA [21]

Ešte skromnejšie dopadol experiment BREGUETA a RICHTERA. Stroj, ktorý vážil aj so spolujazdcom asi 577 kg bol testovaný v Duai. Bol schopný sa opakovane zdvihnúť zo zeme. Pri jednom pokuse zaletel na vzdialenosť 100 m, padol do cukrovej repy, pričom sa poškodil. Stroj ešte nedokázal udržovať stabilitu. Štyria muži ho museli zo zeme podpierať tyčami, aby mu zabránili sklznúť nabok.

Priekopnícka úloha pri konštrukcii vrtuľníka sa pripisuje Slovákovvi JÁNOVI BAHÝĽOVI, ktorá vzlietol v Bratislave r. 1897.

Je zaujímavé, že vrtuľník LEONARDA DA VINCI zostal neznámy až do 19. storočia. Dovtedy len francúzsky matematik PAUCTON teoreticky opísal r. 1798 stroj nazvaný „ptelophore“, ktorý mal dve vrtule, nosnú a hnaciu a obe sa pohybovali ručne.

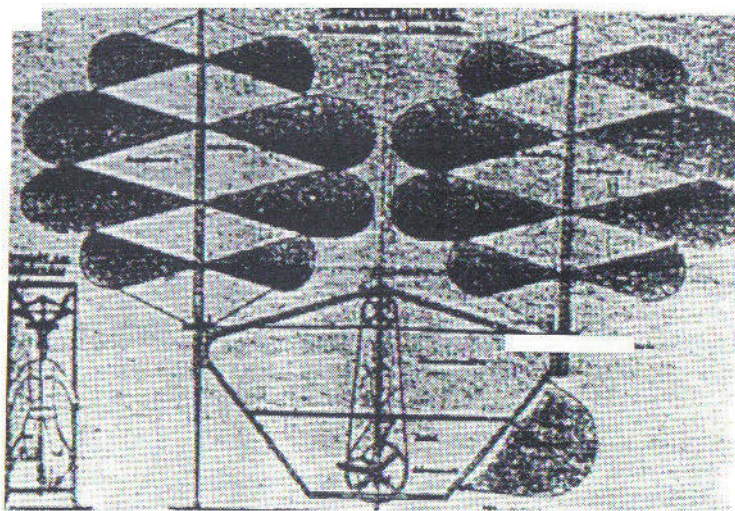
Až v druhej polovici minulého storočia sa objavili prvé malé prototypy vrtuľníkov. Prvý motorový vrtuľník zostrojil PONTON AMÉCOURS. Dve protibežné vrtule poháňal dvojvalcový paný strojček. Vážil dohromady 3 kg. A trocha sa nadvihol. FORLANINI r.



1878 zostrojil helikoptérku s jednou hornou a spodnou vrtuľou, ktorá sa na 20 s zdvihla do výšky 13 m.

Počas 1. svetovej vojny zostrojil Maďar K.PETROCZI vrtuľník na pozorovanie (namiesto balóna) s dvoma drevenými vrtuľami s priemerom 6 m, ktoré poháňali tri motory. Vrtuľník vyniesol štyroch pozorovateľov do výšky 50 m. Po piatom vzostupe havaroval.

JÁN BAHÝĽ patentoval svoju helikoptéru r. 1895. Mala tvar rozvretého „V“ a bola skonštruovaná z kovových rúrok s priemerom 90 mm. Pohybovala sa na štyroch kolesách. Pri dĺžke 6,5 m vážila 50 kg. Vrtuľník 5. mája 1903 vzlietol do poldruha metrovej výšky a o dva roky v Bratislave do výšky 4 m, čo zaznamenala aj Vzduchoplavecká spoločnosť.



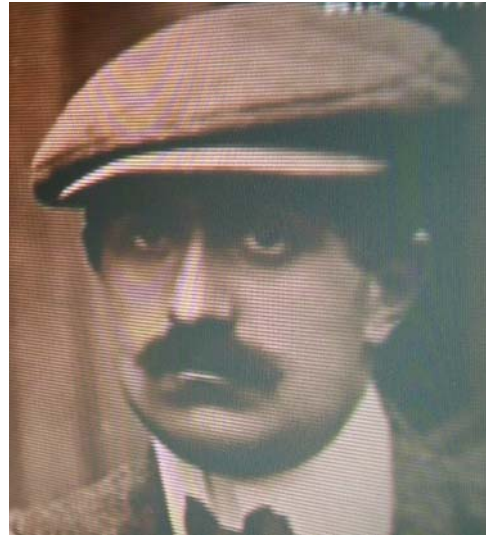
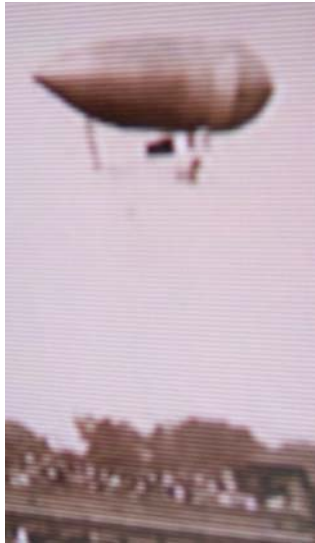
*Obr. 1.218 JÁN BAHÝĽ (1856-1915) a jeho vynález horizontálnej vrtule patentovaný r. 1894 v juhoslovanskom Trebinje (Trebeník) [21]*

R. 1908 český konštruktér J.ZVONÍČEK (1865-1929), priekopník parných motorov, skonštruoval mnohostupňovú radiálnu parnú turbínu a významne sa zaslúžil o rozvoj parnej energetiky. Súčasne nemecký konštruktér H.HOLZWARTH vynášiel prvú prevádzky schopnú plynovú turbínu na výbušnom princípe.

Slovenský priekopník letectva A.KVAS (1883-1974) podnikol na lietadle vlastnej konštrukcie medzimestský let medzi Bratislavou a Trnavou (43 km). Vzdialenosť preletel za 58 min., vo výške 50-70 m.

R. 1909 ruský konštruktér N.GERASIMOV projektuje prvý turboreaktívny motor. V tom istom roku vzlieta na svojom dvojplošníku v Doveri (Anglicko) BLÉRIOT.

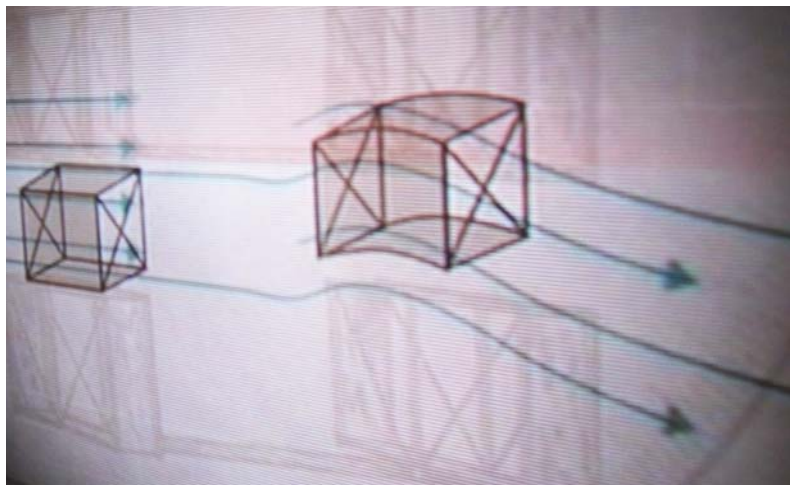
R. 1906 navrhol Francúz ALBERO SANTOS DUMONT riadenú vzducholod' (obr. 1.219).



*Obr. 219 DUMONT a jeho vzducholod'*

Neskôr 14.11.1906 skonštruoval a úspešne vyskúšal ľahké lietadlo 14 bis. Objasnil problém vztlaku, ktorý vzniká zahnutím krídla (obr. 220). Ohnutím krídla dochádza k znázornenému prúdeniu vzduchu, čím sa krídlo dvíha. Túto skutočnosť využil pri stavbe lietadla.

*Obr. 1.220 Zabezpečenie vztlaku lietadla, ohnutím krídla*



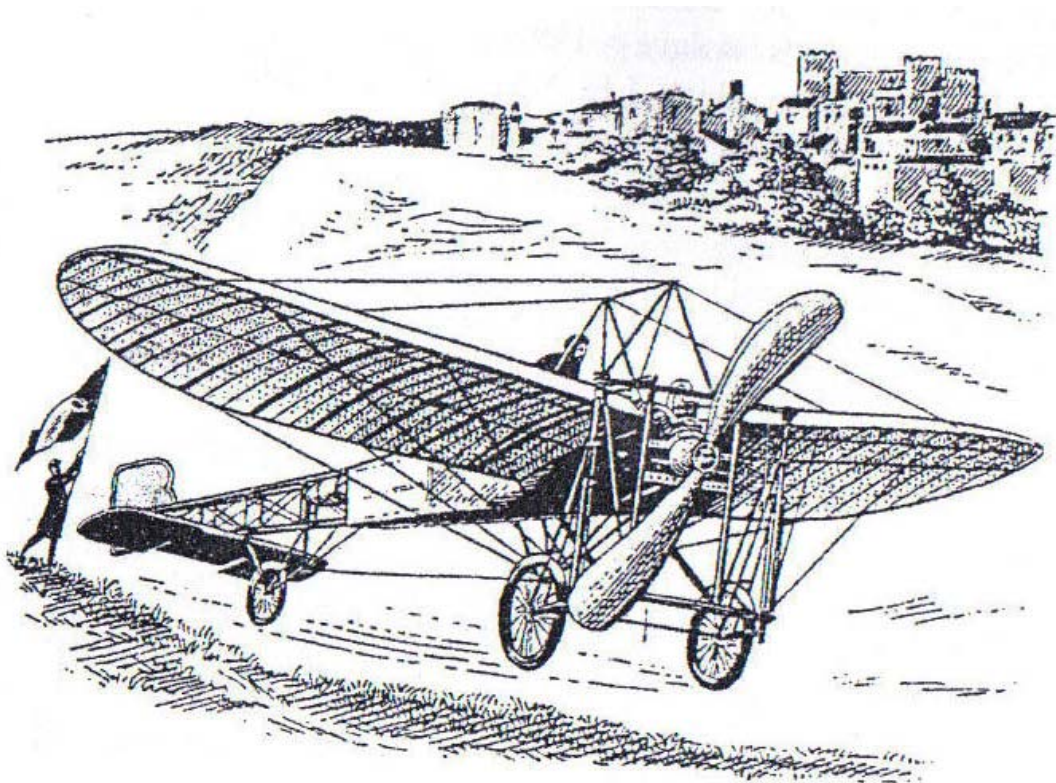
Lietadlo malo zvláštnu konštrukciu. Letelo chvostom dopredu, pilot počas letu stál. Pri zmene vetra bolo dosť nestabilné (obr. 1.221) a ťažko sa riadilo. Po pochopení nedostatkov lietadla DUMONT r. 1909 úspešne skonštruoval spoľahlivé ľahké lietadlo *Venuazel* (vážka) (obr. 1. 122). Malo veľmi ľahké ovládanie a bolo operatívne, menej citlivé na zmenu prúdenia vzduchu. Treba poznamenať, že súčasné športové lietadlá v podstate využívajú jeho princíp.



*Obr. 1. 121 Ľahké lietadlo DUMONTA – 14 bis (smer letu je doprava)*



*Obr. 1. 122 Ľahké lietadlo DUMONTA s názvom Venuazel*



*Obr. 1.223 BLÉRIOTOV jednoplošník z r. 1909 [9]*

V rovnakom čase profesor V.KAPLAN (1876-1934) skonštruoval za svojho pôsobenia na Brnenskej technike nový typ vrtulovej vodnej turbíny s nastavovanými lopatkami a axiálnym prívodom vody. Turbína dosahuje dobrú účinnosť aj pri veľmi nízkom vodnom tlaku. Preto je vhodný na rieky s pomalým prítokom vody. Po ďalšom zdokonalení slúžia KAPLANOVÉ turbíny doteraz v mnohých hydroelektrárňach ako výkonné vodné motory.

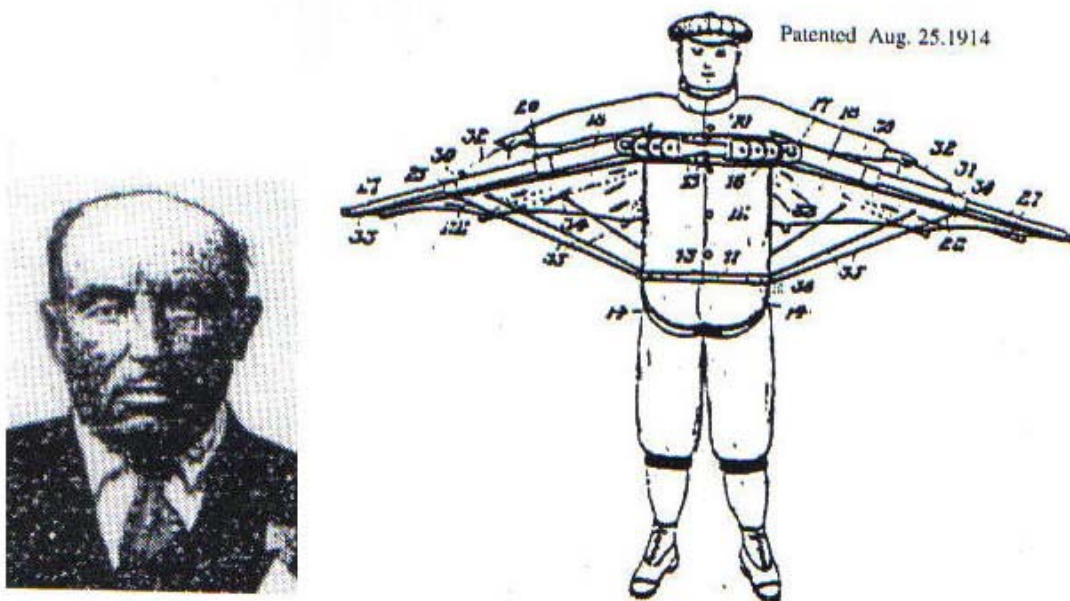


*Obr. 1.224  
Obežné koleso  
KAPLANOVEJ  
turbíny  
(Slovenské technické  
múzeum Košice)*

R. 1912 americký fyzik a konštruktér R.H.GOODARD (1882-1945) začína prvé pokusy s raketovými motormi. Trvá však ešte 20 rokov, kým tieto pokusy povedú k úspechom.

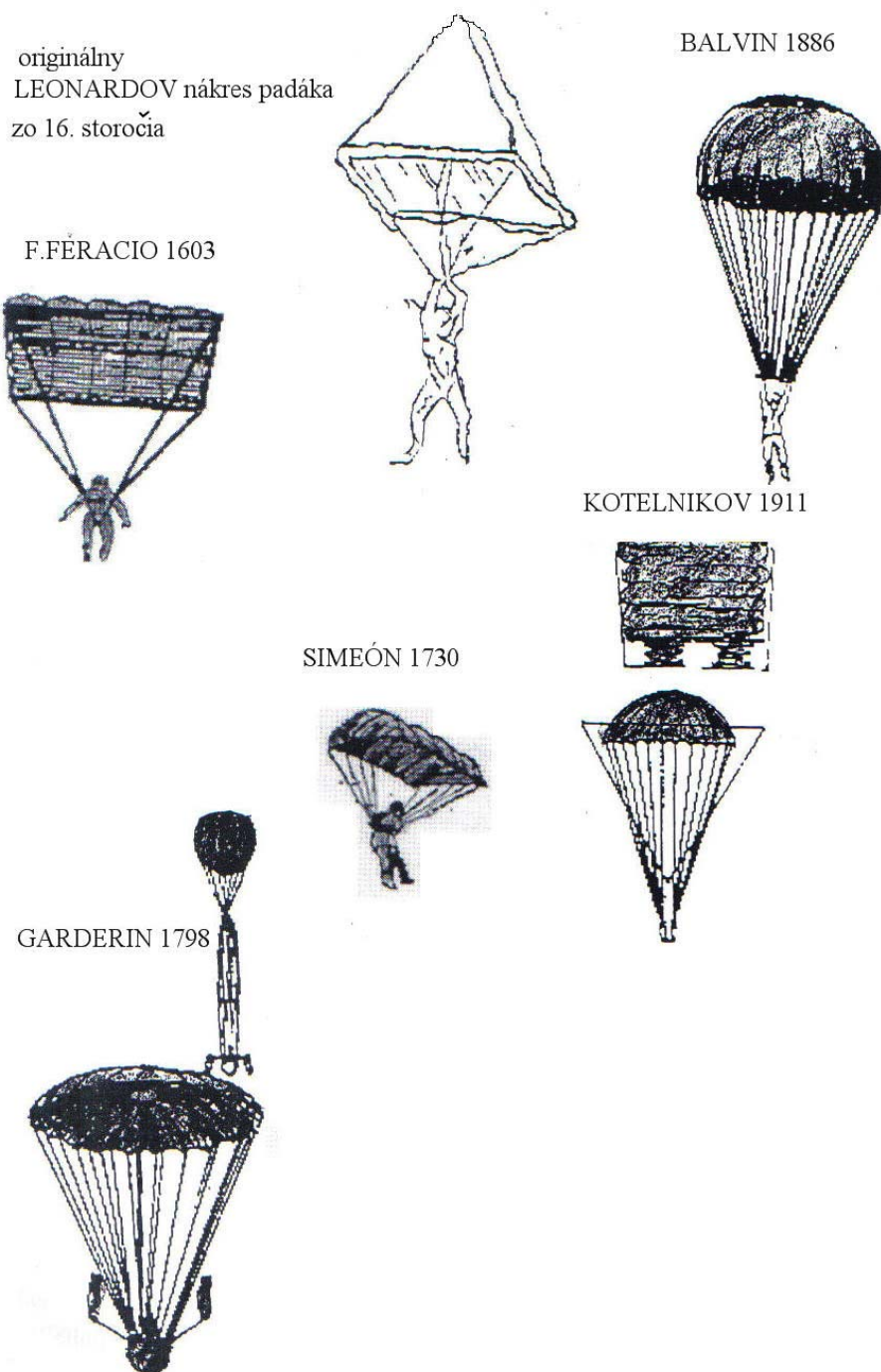
Rozvoj letectva je úzko naviazaný na ochranu pilota pri havárii lietadla. Vynález padáka je právom pripisovaný LEONARDOVI DA VINCI, ktorý má veľa nasledovníkov. Medzi nimi patrí čestné miesto rodákovi zo Smolenskej Novej Vsi (dnes súčasť Smoleníc) ŠTEFANOVI BANIČIOVI (1870-1941). Svoj vynález dal patentovať v Genoville (Pensilvânia).

Princíp padáka spočíval v teleskopickej konštrukcii dáždnikového typu, ktorá niesla tkaninové krytie. Padák sa upevnil na telo letca popruhmi v hrudnej časti pod ramenami. Letec bol do padáka zaklinený a nevisel voľne na lanách tak, ako to poznáme pri súčasných padákoch. V zloženom stave padák visel voľne pozdĺž tela, čo bolo nevýhodou, lebo obmedzovalo pohyb pilota. 1. júna 1914 BANIČ padák osobne vyskúšal vo Washingtone, pred zástupcami patentového úradu a letectva USA. Pred stovkami divákov bezpečne zoskočil zo strechy pätnásť poschodovej budovy, na základe čoho mu 25. augusta 1914 americký patentový úrad vydal patent č. 108 484.. Je to jediný padák, ktorý sa otvára okamžite. Padák používali piloti v 1. svetovej vojne a zachránil mnoho životov. Mimochodom, BANIČ zaň nedostal nič, pretože patent prevzala armáda. Na obr. 1.225 je BANIČ so schémou padáka na patentovej listine.



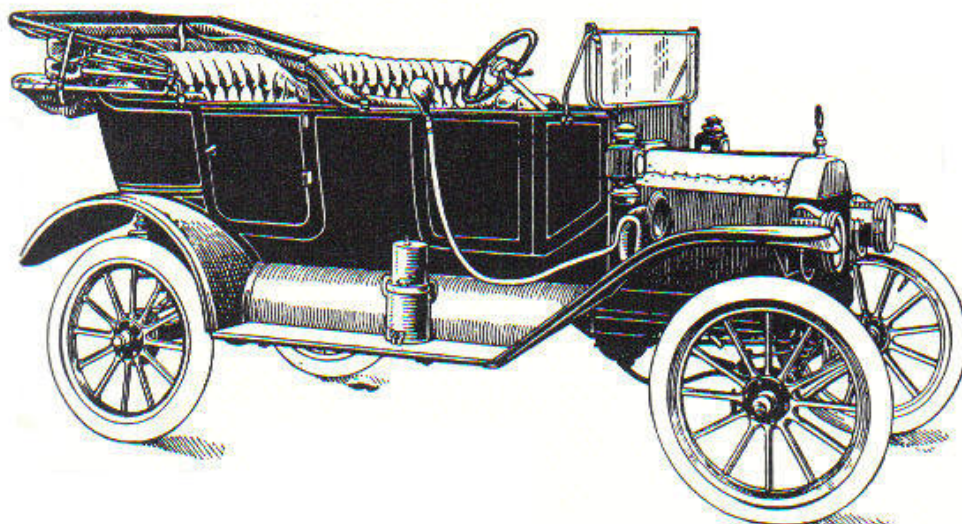
Obr. 1.225 BANIČ a jeho padák [21]

Na obr. 1.226 je prehľad vývoja doterajších padákov v časovej následnosti.



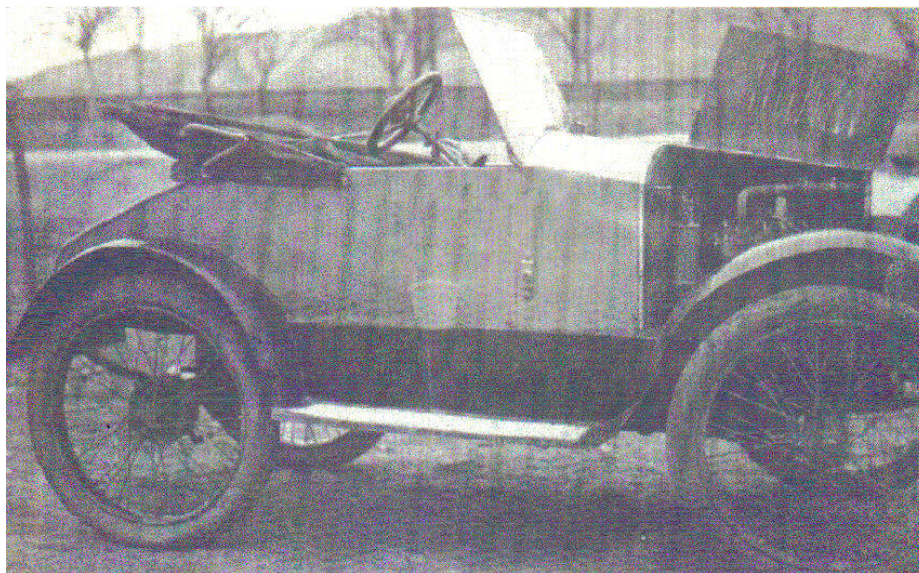
Obr. 1.226 Historický vývoj padákov

R. 1913 HENRY FORD rozvíja výrobu automobilov na montážnej linke a kladie tak základy modernej veľkovýrobe na pásoch. Rozloženie montáže motora na pracovné úkony skrátilo priebežný čas výroby na tretinu.



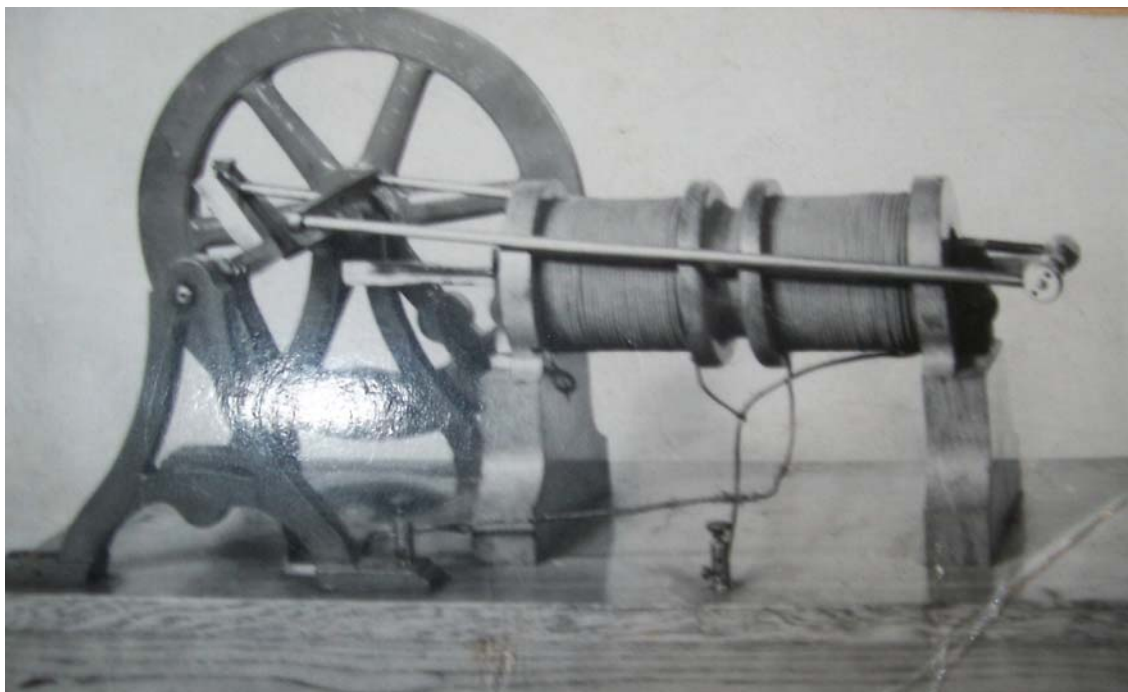
*Obr. 1.227 FORDOV sériový automobil*

Prvé auto na Slovensku postavil vo svojej dielni v Psiaroch r. 1913 MICHAL MAYER. Malo hráškovovo-zelený plech a dosahovalo rýchlosť 50 km/h a ľudovo ho nazývali „drndička“,



*Obr. 1.228 MAYEROVA drndička z r. 1913*

Od 80. rokov 19. storočia sa elektrická energia začína v širokej miere využívať na pohony strojov. Dovtedy dominovali vodné parné stroje, čiastočne aj spaľovacie motory. Niektorí vynálezcovia sa pokúšali kopírovať zaužívaný princíp parného stroja, pričom parné piesty nahradzovali elektromagnetmi. V depozite Slovenského technického múzea v Košiciach sa nachádza model elektromotora, ktorá kopíruje mechanizmus parného stroja. Je tu „piest“, ktorý sa posúva v elektromagnetickom poli, vytváranom dvoma cievkami. Pohyb jadra vzniká striedavým prepólovaním cievok. Tento pohyb sa prenáša pomocou ojnice na kľukový hriadeľ a koleso, ktoré je zároveň zotrvačníkom (obr. 1.229).



*Obr. 1.229 Lineárny elektromotor*

R. 1916 v Kremnici vybudovali technicky zaujímavú podzemnú elektrárňu. Inštalovali v nej tri PELTONOVÉ turbíny na maximálny spád 244,32 m. Elektrárňu bola zásobovaná vodou z Turčekovho vodovodu. Voda odtekala do dedičnej štôlne a z nej do Hrona, Generátory mali výkon 500, 500 a 299 kW. Strojovňa je na dne opustenej banskej šachty. Bola prvá svojho druhu v Európe.

R. 1924 ruský konštruktér V.I.BAZAROV projektuje letecký turbokompresorový reaktívny motor.

Súčasne J.M.GAKKEL (1874-1945) konštruje veľkú diaľkovú motorovú dieselelektrickú lokomotívu.



Okolo r. 1925 sa začali používať pojazdné kompresory na stlačený vzduch. Najskôr sa uplatnili pneumatické vrtáky, ktoré skonštruoval francúzsky banský inžinier GERMAIN SOMMEILLER. Stlačený vzduch vyvoláva vratný pohyb piesta, ktorý rytmicky udiera na pohyblivo uložený pracovný hrot z tvrdého kovu.

Od r. 1927 sa u automobilov používa batériové zapalovanie.

16.marca 1929 americký fyzik R.GOODDARD vyskúšal prvú raketu na kvapalné palivo.

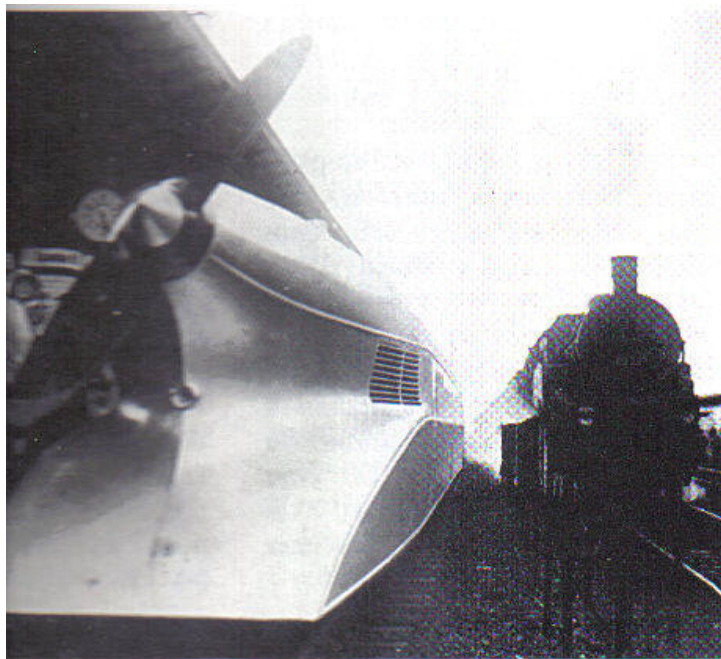
R.1929 V.P.GRUŠKO navrhuje helioraketoplán, poháňaný elektrickým raketovým motorom, ktorý využíva slnečnú energiu.

R. 1930 dostal britský konštruktér F.WHITTE patent na prúdový motor lietadla, ktorý vyvinul ešte r. 1928.

R.1931 sa na pohon automobilov začínajú používať dieselové motory.

21. júna 1931 vyrobili nemeckí leteckí konštruktéri FRANZ KRUCKENBERG a KURT STEDEFELD a WILLI BLACK vagón s vrtuľovým pohonom, ktorá prekonal rýchlosť 230 km/h. Tlačná vrtuľa bola z dreva, poháňaná motorom s výkonom 405 kW.

*Obr. 1.230 Tlačná vrtuľa „zepelína na koľajniciach“ dokumentuje aerodynamickú konštrukciu.*



Okolo r. 1935 bola na Čiernom mori uvedená do prevádzky prvá veterná elektrárňou s výkonom 100 kW. Dvojkridlové veterné koleso malo priemer 30 m.

V rovnakom období sa zaoberali návrhmi veterných elektrární v Nemecku a USA.

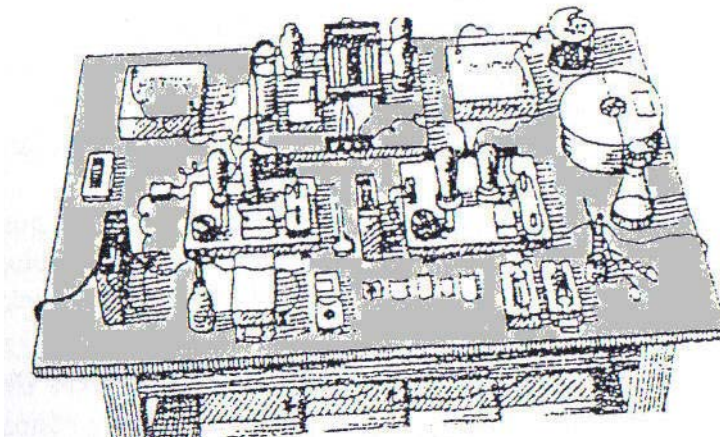
Nemec H.HONEFF zostrojil 400 m vysoké stožiarové veže s 5. turbínami a zvislými osami, pričom jedna skupina takýchto veží mala dosahovať výkon 50 MW. V USA zostrojil PALMER veterný generátor na striedavý prúd.

R. 1932 (19.augusta) švajčiarsky profesor fyziky AUGUSTE PICCARD spolu s belgickým fyzikom MARCELOM COSINSOM vystúpili v guľovej kabíne unášanej balónom so špeciálnym obalom do stratosferickej výšky 16 940 m.

R. 1938 robí nemecký konštruktér H.HENKEL (1888-1958) pokusy s turbínovým pohonom lietadiel. R. 1939 použil raketový pohon.

V rovnakom roku v Neuchatell vo Švajčiarsku použili v elektrárni na zvládnutie špičiek plynovú spaľovaciu turbínu.

V rovnakom roku nemeckí fyzici O.HAHN (1879-1986) a F.STRASSMANN objavili štiepnu reakciu u izotopu uránu 235. Výklad objavu predložila francúzska fyzička L.MEITNEROVÁ (1879-1968) a O.R.FRISCH. Tento objav viedol neskoršie k praktickému uvoľneniu jadrovej energie a to na vojenské aj mierové účely.

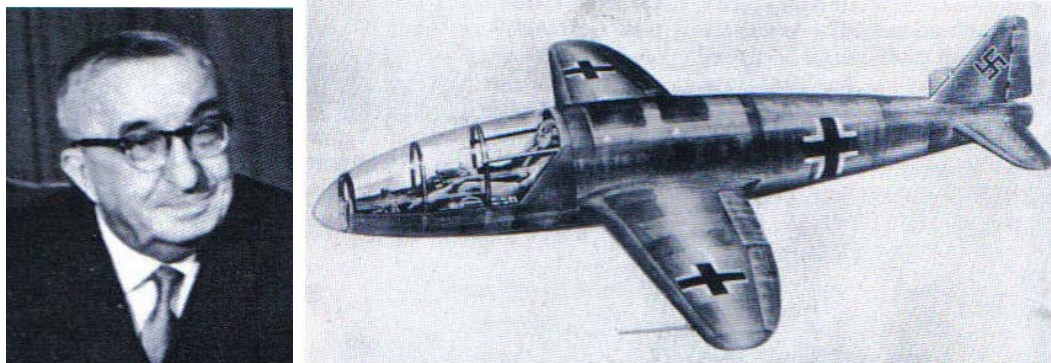


Obr. 1.231 OTTO.HAHN a jeho pracovný stôl [21]

R.1938 americký fyzik nemeckého pôvodu H.A.BETHE a jeho nemecký kolega C.F.WEIZSACKER vypracovali nezávisle na sebe fyzikálny koncept fúzie uhlíka. Podľa tohto konceptu možno vysvetliť podstatu vzniku slnečnej energie.

Už r. 1920 anglický fyzik a chemik F.W.ASTON dokázal, že stredne veľké atómové jadrá sú najkompaktnejšie. Z toho vyplýva, že atómová energia sa uvoľňuje tak štiepením (1938) väčších jadier na stredne veľké, ako aj splývaním (fúziou) menších jadier, pričom dochádza ku vzniku oveľa väčšej energie ako pri štiepení. Jeden gram vodíka fixovaný na hélium uvoľní približne 15 krát viac energie ako jeden gram štiepneho uránu. WEIZSACKER a BETHE dokázali, že základom jadrovej reakcie na slnku je reakcia fúziou vodíka, pri ktorej reagujú vždy 4 jadrá vodíka (protóny) a vytvára sa héliové jadro (dva protóny a dva elektróny) za súčasného vyžiarovania dvoch častíc beta. Pri teplotách v centre slnka 15-20 miliónov stupňov strácajú atómy svoje elektróny a jadrá sa môžu spájať. Tento model vysvetľuje, prečo slnko disponuje nezmenenou energiou už miliardy rokov.

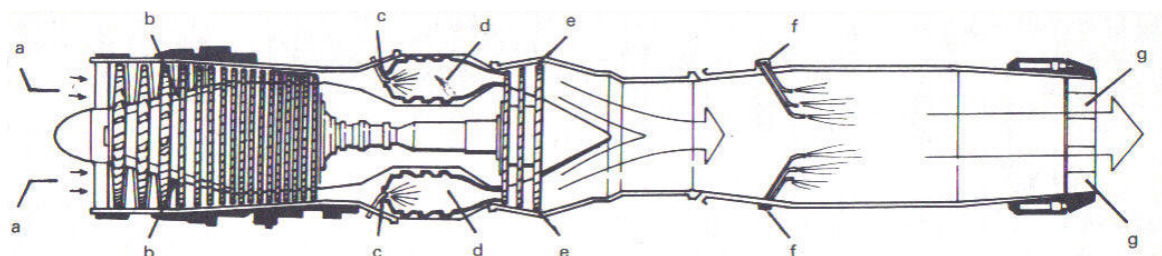
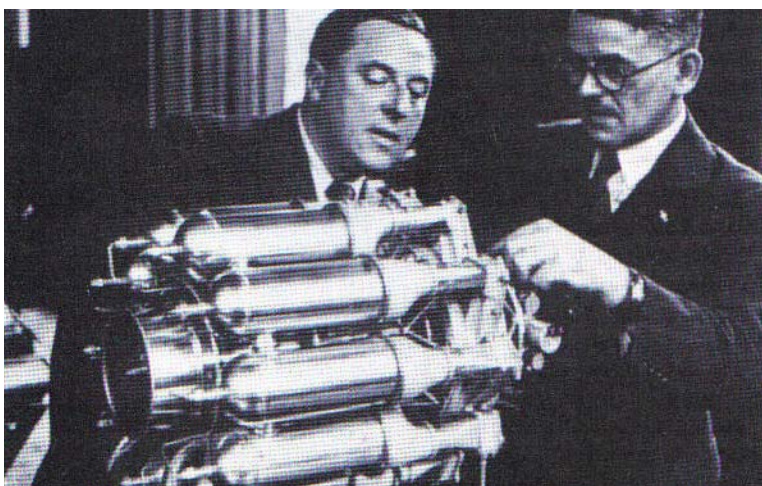
20. júna 1939 v Peenemünde odštartovalo prvé raketové lietadlo Heinkel He 176 s tekutým palivom.



*Obr. 1.232 Svetoznámy letecký konštruktér ERNST HEINKEL a jeho lietadlo HE 176 s raketovým motorom*

R. 1940-1942 sa v Rusku a Veľkej Británii robia pokusy na lietadlách s prúdovými motormi. Konštruoval ich L.S.DUŠKUN a A.M.ISAJEV, S.P.KOROĽOV (1907-1966) a V.F.BOLCHVITIN. V Británii sa o ich rozvoj zaslúžil F. WHITTLE.

*Obr. 1.233 Britský konštruktér Frank WHITTLE (vpravo) vysvetľuje novinárovi konštrukciu a funkciu jedného zo svojich prvých prúdových motorov [21]*



*Obr. 1.234 Rez leteckým prúdovým motorom*

Od r. 1940 sa budujú stabilné radarové stanice. Radar dokázal identifikovať lietadlo zo vzdialenosti 120 km.

R. 1942 taliansky fyzik E.FERMI (1901-1954) uskutočnil v USA prvú kontrolovanú reťazovú reakciu. Spustil prvý jadrový reaktor (urán-grafitový), ktorý dodával tepelnú energiu ako dôsledok reťazového štiepenia. Na tomto princípe sa po vojne začali budovať jadrové elektrárne. V čase vojny tieto pokusy viedli k vývoju atómovej bomby.

V Nemecku pod vedením W. von BRAUNA (1912-1977) skonštruovali riadenú kvapalinovú raketu A4, ktorá po odpálení dosiahla výšku 90 km a vzdialenosť 129 km. Onedlho sa z nej vyvinula známa vojenská raketa V-2 (*fau-2*), ktorá doletela na vzdialenosť 300 km.

R. 1945 A.S.JAKOVLEV skonštruoval prúdové stíhacie lietadlo JAK 15.

R. 1946 I.V.KURČATOV (1903-1060) uviedol do chodu prvý pokusný atómový reaktor na európskom a ázijskom kontinente.

V rovnakom čase v USA vypracovali projekt prvej atómovej ponorky a začala jej stavba.

R.1948 uviedli v Anglicku prvý automobil JET 1, postavený na pohone plynovou turbínou. Automobil nejazdil práve najtichšie, ale mal lepšie ekologické výsledky.

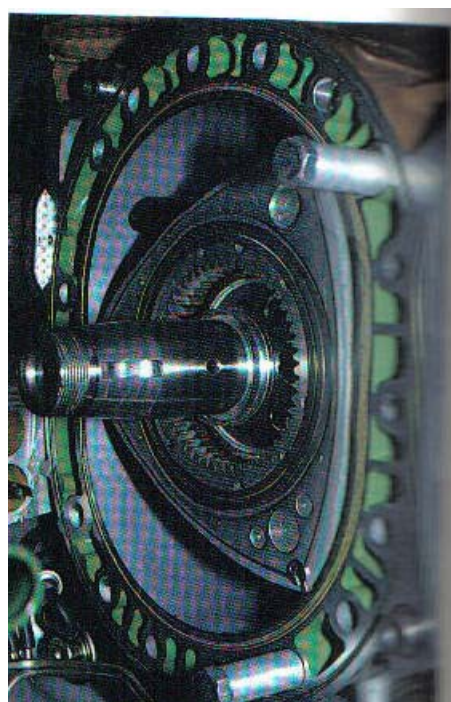
R. 1954 v Omsku pri Moskve postavili prvú atómovú elektrárňu Výkon reaktora bol 5 MW a vyrobená energia bola určená na verejnú sieť.

V rovnakom čase uskutočnili v USA premenu slnečnej energie na elektrickú pomocou kremíkovej batérie s účinnosťou 11%.

Jadroví fyzici skonštruovali prvé ľahké nukleárne batérie, ktoré používajú plutónium 238 (alebo stroncium 90). Sú to vlastne žiariče častíc beta, ktoré neustále produkujú elektróny. Medzi tyčinkou a puzdrom tak vzniká napätie.

R. 1955 sa robia pokusy s premenou chemickej energie na elektrickú pomocou kyslíkovo-vodíkových článkov.

1. januára 1957 nemecký inžinier FELIX WANKEL úspešne vyskúšal nový typ spaľovacieho motora s krúživým pohybom piesta. WANKELOV motor poháňal hriadeľ priamo, bez kľukovky. To sa dovtedy podarilo len pri spaľovacích turbo-reaktívnych motoroch (1930; 1954). Piest WANKELOVHO motora má prierez rovnoramenného vypuklého trojuholníka, ktorý má v strede kruhový otvor a po obvode vnútorné ozubenie. Piest rotuje v stojatej skrini a pritom sa súčasne excentricky pohybuje okolo vlastnej osi. Ide o štvortaktný motor, ktorého vždy tri takty prebiehajú súčasne. Hriadeľ je ozubeným kolesom spriahnutý s vnútorným ozubením krúživého piesta.



*Obr. 1.235 WANKEĽ a otvorená skriňa jeho motora*

R. 1957 sa v dánskom meste Getser stavia veterná elektrárňa s turbínami s elektrickým výkonom 200 kW, ktoré skonštruoval r. 1955 J.JUUL.

V rovnakom čase postavil veternú elektrárňu s výkonom 100 kW nemecký inžinier U.HUTTER v Stottene (Švápske Alpy). Zariadenie pracovalo až do r. 1996, avšak nemohlo konkurovať tepelným elektrárnám. Veľké veterné elektrárne môžu pracovať len pri stredných rýchlostiach vetra. Pri sile vetra menšej ako 3 stupne Beafortovej stupnice vyrábajú veľmi málo energie, alebo žiadnu. Pri sile vetra nad 8 stupňov sa musia vrtule voľne otáčať aby nedošlo k zničeniu elektrárne.

R. 1958 postavili v Pyrenejách veľkú slnečnú pec so zrkadlom priemeru 54 m a výkonom 1 MW.

V rovnakom čase v Jaslovských Bohuniciach pri Trnave začali budovať prvú jadrovú elektrárňu na našom území (elektrický výkon reaktora je 143 MW).

R.1972 sa začalo so stavbou prvej atómovej elektrárne Voronežského typu (V1) s výkonom 2x440 MW.

R. 1959 vznikajú prvé vznášadlá, ktoré sa pohybujú nad zemou na vzduchovom vankúši.

R. 1967 nemecký vynálezca NIKOLAUS LAING skonštruoval elektromotor na novom princípe. Rotor motora v tvare kupoly sa vznáša v nádobe a poháňa ho točivé magnetické pole. Nepotrebuje teda uloženie vo valivých ložiskách (Je to predchodca dnešných elektromagnetických ložísk).

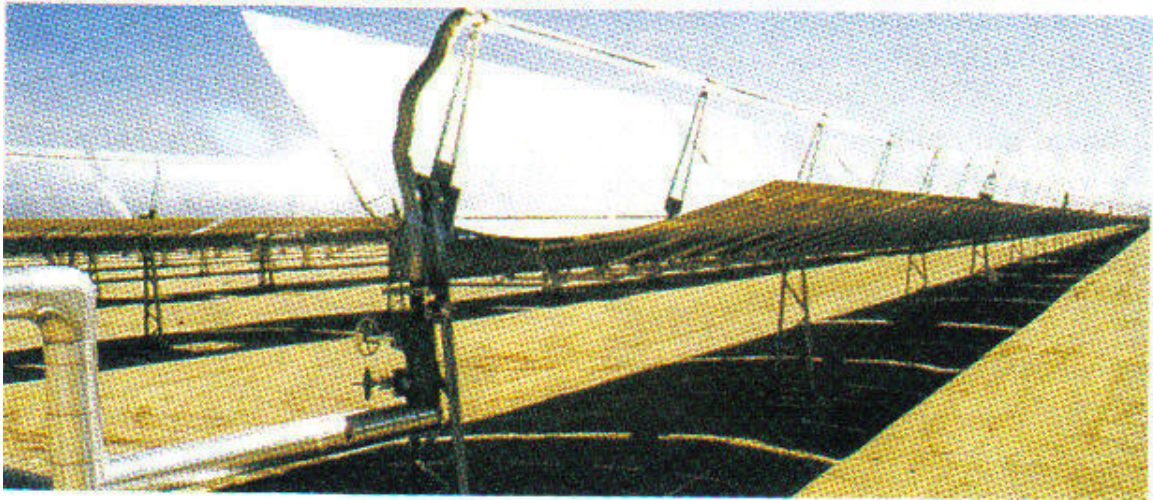
Obr. 1.236 Laingov  
elektromotor. Rotor je súčasne  
obežným kolesom čerpadla.



R. 1971 sa v meste Greenfield (americký štát Iova) zrealizoval zámer získavania pitnej vody osmotickou cestou ( obr. 1.82). Ide o inverznú (obrátenú) osmózu. Sladká voda sa oddeľuje od slanej membránami, pričom rozdiel tlakov medzi membránami musí byť väčší, ako je osmotický tlak. Tento tlak spôsobuje samovoľným prechodom molekúl čistej vody ako rozpúšťadla cez membránu do soľného roztoku. Možno tak pripravovať pitnú vodu s koncentráciou soli 0,03-0,04% z odpadovej vody, ak obsah soli v nej neprevyšuje 1%.

R. 1973 americký inžinier BANKS vynášiel na Berkeleyovej univerzite „nitiolový“ motor. Nitiol je zliatina niklu a titánu, vyznačuje sa tvarovou pamäťou. Studený nitiolový drôtik sa dá ohýbať do ľubovoľného tvaru. Ak sa zohreje len o niekoľko stupňov, snaží sa okamžite nadobudnúť pôvodný tvar. Tento pohyb sa využil na pohon motora. Na vyvolanie pohybu stačí teplotný rozdiel  $6^{\circ}\text{C}$ . Motor dosahuje maximálnu výkonnosť pri teplotnom rozdieli  $23^{\circ}\text{C}$ . Jednoduché vyhotovenie motora spočíva v tom, že drôtová slučka prechádza cez dve remeničky, z ktorých jedna je v teplej vode. Na pohonnej strane sa nitiolový drôt napína a po ochladnutí vzduchom mäkne.

R. 1989 americká firma LUZ nainštalovala na kalifornskej Mojavskej púšti prvú slnečnú elektrárňu. Slnečné lúče sa zachytávajú sústavou dlhých parabolických zrkadiel. Tieto majú v ohnisku umiestnené potrubie s olejom. Teplý olej potom prechádza do kotolne, kde sa jeho tepelná energia využíva na výrobu pary, ktorá poháňa turbíny elektrárne.



*Obr. 1.237 Olej, ktorá použila firma LUZ má väčšiu schopnosť udržať teplo ako voda [21]*

Nemecká firma Siemens postavila v tureckom Ambarli komerčnú elektrárňu, ktorá vo svojej triede dosahuje najvyššiu účinnosť. Pokroková technológia, kombinácia plynových a parných turbín umožnila dosiahnuť účinnosť 52,5%. Elektrárňu má výkon 1 350 MW a je najväčšou elektrárnou tohto typu v Európe. Vykurovaná je plynom z Ruska. Ide o nový typ elektrárne, pri ktorej sa odpadový plyn (získaný ako vedľajší produkt pri výrobe pary) s teplotou vyše 500<sup>0</sup>C používa na pohon plynových turbín.



*Obr. 1.238 Elektrárňu v Ambarli [21]*

R. 1992 sa uviedla do plnej prevádzky najväčšia vodná elektrárňu na svete. Elektrárňu je spoločným projektom Brazílie a Paragvaj na rieke Panama.

To ďalšie je už súčasnosť

## 2 VÝVOJ METALURGIE A SPRACOVANIA KOVŮ

Celá história ľudského vývoja je sprevádzaná získavaním kovu zo surovín, jeho spracovaním na úžitkové predmety a nástroje. Niekedy sa ujali len v určitom kraji, alebo krajine a ostatný svet ich znova poznával, alebo vynachádzal až po mnohých epochách. Dôkazom tejto skutočnosti je fakt, že ešte v súčasnosti žijú na svete ľudia, ktorí pracujú nástrojmi z doby kamennej. Doba pôvodného vzniku vynálezu na obmedzenom území teda nemusí byť zďaleka smerodajná pre poznanie všeobecného technického rozvoja vo svete ako celku. Dejepisci techniky sa vo väčšine prípadov neodvažovali jednoznačne určovať, ktoré z technických činov našej doby budú pre ďalší rozvoj základné, ani komu presne pripísať prvenstvo a hlavnú zásluhu. Jednotliví vynálezcovia miznú v nespočetných anonymných tímoch.

Počas mnoho miliónov rokov, odkedy existuje naša zemeguľa, zaoberá spracovanie kovov len veľmi krátky časový úsek. Pôvod technológií spracovania kovu treba hľadať v technológiách, ktoré vymyslela sama príroda. Ak napr. hľadáme cestu späť do minulosti liatia, nachádzame čoraz menej stôp, čím viac sa vzdľujeme z prítomnosti. Skameneliny rastlín a zvierat, ako ich dnes nachádzame v kameňolomoch alebo pri sprístupnení nálezísk sú vlastne výsledkom prírodného odlievania, podľa jednorazového vzoru.

Model, čiže zvieracie a rastlinné telo bol obklopený formovacím materiálom, stratil sa rozkladom a vytvoril dutinu. Do dutiny sa dostali ďalšie anorganické substancie, ktoré stuhli a tým nám poskytujú verne zobrazený odliatok, ktorá pretrval milióny rokov. Sama príroda si teda vytvorila princíp odlievania, ktorý človek efektívne rozvinul do dnešnej dokonalosti.

9. februára 1983 vo Frankfurter Allgemeine Zeitung uverejnený článok s nadpisom: „*Sépie obyčajné sú omnoho staršie, ako sa predpokladalo*“. Pritom sa jedná o skamenelinu sépie, ktorá žila asi pred 155 miliónmi rokov v Južnom Francúzsku a bol objavená len teraz (obr. 2.1).



*Obr. 2.1 Skamenelina sépie obyčajnej stará asi 155 mil. rokov*



V Číne bola objavená skamenelina kvitnúcej rastliny, starej 140 mil. rokov.



Obr. 2.2 Skamenelina odliatku rastliny, stará 140 mil. rokov

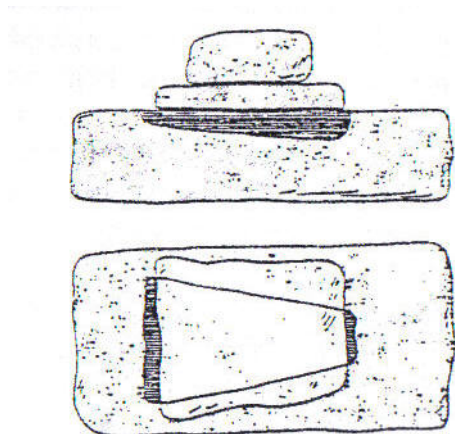
## 2.1 Počiatky objavu a spracovania kovov

V 8-7. storočí pred n. l. sa v Antólii a Iráne ojedinele vyskytujú ozdobné predmety, tepané za studena z prírodnej medi ako aj medené nástroje. Táto výroba však ešte neohrozila tradičnú výrobu z kameňa.

V Antólii v 7. tisícročí prvý raz tavili meď rudy, azda aj olovo. Podľa nájdenej trosky sa používal lignit. V ďalšom tisícročí sa rozšíril objav metalurgie medi v rozrastajúcej sa civilizácii Predného Východu. Umenie získavať potrebný kov redukciou rudy tvorí ďalší významný medzník v dejinách ľudstva. Kov nadobúda metalurgickým procesom úplne iné vlastnosti, ako má počiatočná surovina.

K prvej náhodnej redukcii medených rúd pravdepodobne dochádzalo v peciach pri vypaľovaní keramiky. Neskoršie sa prišlo k namáhavejšiemu hutneniu sírnikových rúd, z ktorých sa surová meď získavala pražením a redukciou zmesi sírnikov. Meď pre vzácnosť výskytu svojich rúd ešte dlho nebola schopná vytlačiť kameň ako hlavnú surovinu na výrobu nástrojov, lebo nemohla konkurovať jeho ľahkej dostupnosti. Až neskoršie výrazný zvrät prinieslo železo.

Náradie, zbrane a domáci riad boli prvými liatymi výrobkami. V Egypte sa napr. našla primitívna 1,6 kg sekera z medi. K tomu bola potrebná už jednoduchá lejárka forma. Spomedzi známych historických znázornení odlievania od Taliana RICCIA sa dá urobiť rekonštrukcia jednej starej formy. Je to forma ohniska v zemi, pokrytá a zaťažená kameňom, ktorá slúžila na odlievanie klinov (obr. 1.3).



Obr. 2.3 Podlažná forma na odlievanie klinov

V 6. tisícročí pred n. l. sa objavujú vyleštené obsidiánové platne, ktoré slúžia ako zrkadlá.

V 6.-5. tisícročí pred n. l. sa na Prednom Východe zdokonaľuje hutnícke spracovanie medených rúr. Meď sa ešte kuje, ale čoskoro aj odlieva do foriem, vyvíja sa výroba odliatkov a zvaračské umenie.

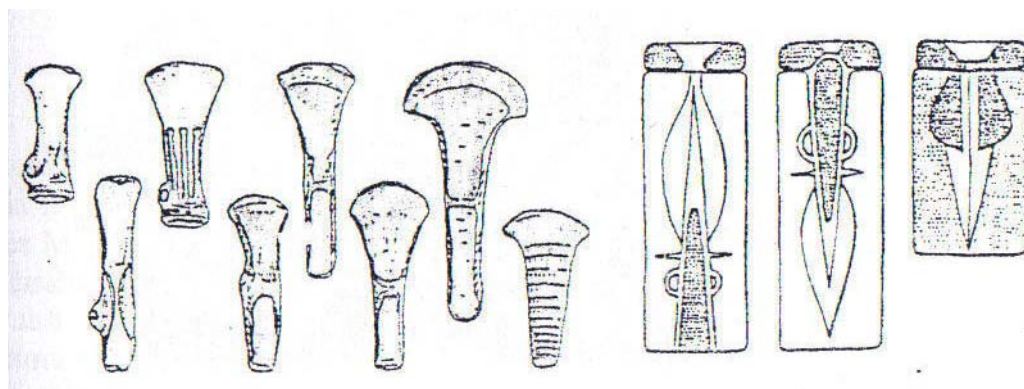
Odlievania má veľký význam v dobe bronzovej a v novoveku pri použití železa. Odlievaním sa v značne skrátenom čase začínajú vyrábať rozličné nástroje a zbrane. Medené rudy sa dolujú a často sa dopravujú na značné vzdialenosti ako drahocenná surovina. Pri dobývaní sa používa oheň.

Na tavenie medi boli potrebné teploty nad  $1000^{\circ}\text{C}$ . Dostatočný kyslík sa preto musel taviacemu ohňu dodávať. K tomu sa používali jednoduché fúkacie rúry, ako to ukazuje kresba na obr. 2.4, ktorá pochádza asi z r. 4 500 pred n. l.

Obr. 2.4 Taviči s fúkacími rúrami



Človek sa naučil nástroje nielen vyrábať a používať, ale mal radosť z jeho skrášľovania. Roztavený kov, pripravený vyplniť kontúry formy k tomu dával vynikajúcu príležitosť. Tak sa začali vyrábať klíny, dýky, hroty a iné predmety, zdobené najskôr jednoduchými, neskôr umeleckými ozdobami. Vzniklo odlievania umeleckých odliatkov. Meď na liatie nie je veľmi vhodná, pretože má zlú zatekavosť do formy, preto sa ostré kontúry zle formujú. Keď je v tekutom stave, ľahko uvoľňuje plyny, ktoré často nemajú možnosť uniknúť a spôsobujú dutiny na povrchu, alebo vo vnútri odliatku. Odlievania čistej medi je aj v súčasnosti problematické. Postup odlievania ozdobných odliatkov spočíval vo vytvorení tvarovej dutiny vo forme, ktorá je zložená z dvoch identických dielov. Po ich zložení a odliatí kovu vyjde tvarovaný odliatok (obr. 2.5).



Obr. 2.5 Kamenné formy a v nich odliate nástroje

Zo 4. tisícročia sú doklady o najstarších železných výrobkoch, náhrdelníkoch zo železných perál a iných výrobkoch. Zloženie železa svedčí o tom, že bolo z meteoritov.

Na Balkáne sa začínajú dolovať medené rudy.

Okolo r. 3000 pred n. l. sa v kováctve začínajú používať kliešte, zatiaľ vo tvare pinziet.

Boli nájdené mechy na dúchanie vzduchu do pece pri redukcii medených rúr, čím sa výrazne zvýšila teplota redukčného procesu. Predtým sa používali fúkacie rúry.

Veľký pokrok je spojený s poznatkami o miešaní kovov. Pri výrobe nástrojov sa meď začína nahradzovať bronzom. Vynašli o Sumerovia v Mezopotámii. Táto zliatina medi a cínu umožnila vyrábať omnoho tvrdšie a trvanlivejšie nástroje. Tiež bronz zaznamenal pri odliavaní značné skvalitnenie odliatkov. Má lepšiu zatekavosť do formy. Z bronzu sa vyrábala plech a drôt.

Vtedajší bronz bol zliatinou 75-95% cínu (dnes obsahuje max. 10% cínu). Slúžila na to pec, postavená špeciálne na odlievanie s pôdorysom 2x2 m a výškou až 4 m. Sumerovia nazývali túto novú zliatinu „zabar“ (písali *ud-ka-bar*), kým na označenie medi mali výraz „*urudu*“.

Bronz je od pradávna najvhodnejším materiálom umeleckého odlievania. Neskôr mu v tejto oblasti začala konkurovať mosadz a liatina. Vlastnosti bronzu závisia na podiele zinku. Málo zinku v zliatine (4-6%) ho robí mäkkým. Pri 20% podiele je tvrdý a zle tvarovateľný. Väčšie podiely zinku sa už nepoužívajú.

Vedomosti o odliavaní sa rozširovali a rástla aj zručnosť formovania. Jednoduchá forma v zemi už nestačila, lebo sa podľa nej dali odlievať len celé telesá.

3. tisícročie pred n. l. prinieslo pri výrobe bronzových predmetov liatie na stratenú formu. Tvar odliatku sa vyhotoví z vosku, potom sa vosk pokryje hlinou a vypáli. Vosk vytečie a z hlineného vysušeného plášťa vznikne odlievací forma. Týmto spôsobom vznikol dokončený umelecký odliatok stredoveku. Zažil pozoruhodný rozkvet v klasickom Grécku, ale aj v iných krajinách. Táto technológia sa s úspechom používa dodnes na výrobu presných odliatkov.

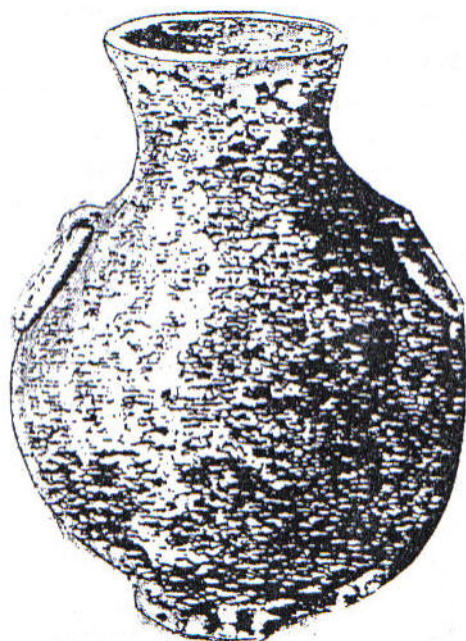
Monumentálne diela sa spájali z jednotlivých odliatkov. Vidno to napr. na zobrazení odlievania na črepine z Tróje (obr. 2.6) Je tu zobrazený tavič, sediaci pri

šachtovej taviacej peci. Muž za pecou, pravdepodobne uvádza do chodu mechy.. V strede stojí majster a dozerá na prácu. Vpravo na obrázku sa postava skladá, upevňuje sa rameno, hlava je už pripevnená.

*Obr. 2.6  
Zobrazenie  
priebehu  
odlievania  
a montáže sochy  
na črepine  
z Tróje, 2 500  
pred n. l.*



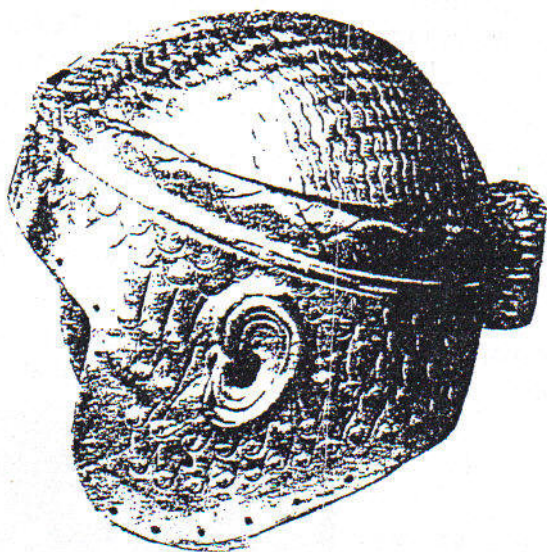
Starí Číňania už 2000 rokov pred n. l. boli vynikajúcimi lejármi. Najskôr odlievali bronz, s nezvyčajným obsahom zinku. Neskôr, už v 1. tisícročí n. l. používali aj liatinu.



*Obr. 2.7 Liatinová váza  
z Číny (2000 pred n. l.)*

To, čo pritom odvodili je pozoruhodné. Zvieracie postavy, napr. s plným telom, boli odliate trojnohé kotly a iné predmety pre sakrálne účely. Historicky nie je známe, či Číňania postup rozpúšťania vosku vynášli, alebo len prevzali poznatky o tomto postupe.

Z kovov v Egypte už poznali zlato, striebro, meď, železo z meteoritov a olovo. Zlato nazývali Egypťania „nub“, pretože pochádzalo zo zlatej krajiny Núbie (dnešná Etiópia). V Egypte rozkvitá zlatotepectvo a výroba šperkov. Našli sa zlaté fólie, vytepané na hrúbku 0,001 mm.



*Obr. 2.8 Zlatá prilba, nájdená pri vykopávkach v Ure (r. 2 710 pred n. l.). Je zhotovená z jedného kusa zlatého plechu. Slúžila na ceremoniálne účely [21]*

Hornina so vzácnym kovom sa obyčajne vyskytovala v kremenných žilách. Otroci razili chodby špicatými klinmi a vynášali ich na povrch. Tu sa drvili v kamenných mažiarech na drvinu, veľkosti hrachových zŕn. Šrot potom mleli na prach v mlynoch a prepierali vodou na drevených stoloch.. Hlušina sa odplavila a ťažší piesok so zlatom zostal na stole.. Vytriedenú horninu potom tavili spolu s olovom., pričom sa zlato odlúčilo od žilných minerálov.. V ďalšom procese tavenia sa pomocou prísad (kuchynská soľ a čisté olovo) odparovali nečistoty. Vznikla troska a čisté zlato.

Okolo r. 2 810 pred n. l. egyptskí zlatníci vyrábali zo zlata reťaze z malých ohniviek, ako držadlá na keramické nádoby. Zlato vedeli spracovať na drôt, kovať a zvärať tlakom. Druhá kniha Mojžišova prináša správu o výrobe tohto drôtu u Egypťanov: „...Zhotov i... dve retiazky z čistého zlata, zhotov ich krútené ako povrazy...“. Zo zlata vytepali pliešky a strihali prúžky. Hrubší drôt získavali kovaním. Kovotepec položil na kamennú nákovu zväzok tenkých plieškov, ktorý striedal po vrstvách s kúskami kože. Túto formu držal v pravej ruke a pravou ťažkými kameňmi udieral. Vložky medzi plieškami tvoril pravdepodobne pergamen. Pliešky sa získavali z liatych tyčiek zo zlata valcovaním.

Dlhšie drôty vznikali spájaním ukovaných kusov. Reťaze zhotovovali tak, že ohýbali kusky drôtu, zachytili jedno ohnivko do druhého a konce každého ručne zvarili.

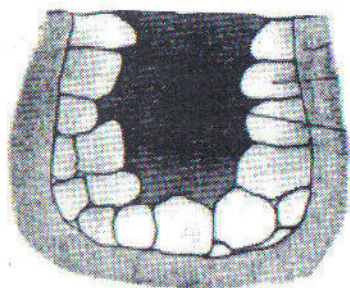
Okolo r. 2 708 pred n. l. sa v Egypte rozvinulo umenie tepania striebra. Lístkové striebro a zlato (hrúbky 0,001 mm) slúžilo na postriebrovanie a pozlacovanie na princípe

adhézie. Drevo sa natieralo vrstvou vosku, na ktorá sa nanášali lístky drahého kovu. Po ohriati slnkom sa vosk rozpustil a lístky pevne spojené adhéziou držali na dreve.

Okolo r. 2 670 pred n. l. bolo v Egypte získavanie medi rozvinuté hutnicke spracovanie rúd. Veľký význam malo získavanie medi z s chalkopyritu, technikou praženia. Podľa nálezísk na Cypre nazvali neskoršie med' *aes cuprum*, z čoho vzniklo dnešné „*cuprum*“ (Cu).

Na stavbu pece používali medenú rudu. Rudou vykladali steny pece, potom položili palivo, obyčajne drevené uhlie a na to navršili rudu na praženie. Po rozhorení sa práca pražiča obmedzovala na doplňovanie paliva.

Mimoriadne vyspelé boli medené pece na Cypre. Boli to vysoké šachtové pece s dreveným uhlím. Tavbu urýchl'ovali vháňaním vzduchu pomocou mechov. Produktom bola čistá med', troska a usadeniny na stenách pece. Ešte nie čistá med' sa musela viackrát pretaviť v špeciálnej peci.



*Obr. 2.9 Pec na tavenie kovov (Egypt okolo r. 2 700 pred n.l.)*

Okolo r. 2 520 pred n. l. vkladali Sumeri mŕtvym kráľom pri pohrebe do hrobov nádherné kultové predmety a nádoby dennej potreby. Boli zhotovené z masívneho zlata, alebo lazuritu. Nádoby z lazuritu boli starostlivo vyrezávané umeleckými kamenármi, masívne zlaté poháre sa robili z plátkového zlata, alebo sa odlievali do pieskových foriem. Obidve techniky spracovania charakterizovali zlatníctvo v Mezopotámii.

Okolo r. 2 290 pred n. l. v Indii, Mezopotámia na Anatolskej plošine sa začalo používať na výrobu nástrojov železo. Pravdepodobne ho prvýkrát použili v povodí rieky Indus, odkiaľ pochádza aj jeho názov v indoeurópskych jazykoch (po sankratsky *ajas*). V tejto oblasti ešte nepoznali tavenie železa. Remeselníci opracovali iba nájdené meteorické železo a to len kovaním. Preto bola táto novoobjavená surovina dlhý čas vzácna a drahá. Aj v Egypte ojedinele zhotovovali predmety o železa. Egypťania zrejme poznali železo, ktoré pochádzalo z meteoritov, pretože ho nazývali „*med' z neba*“. Objavujú sa reliéfy, na ktorých sú stopy po sekaní, čo vedie k záveru, že boli použité železné nástroje. Novšie objavy toto tvrdenie však spochybňujú v dôsledku objavu spôsobu zmäkčovania kameňa a kostí.



*Obr. 2.10 Reliéfy, vtesané do kamenného mestského opevnenia nesú stopy železných nástrojov*

R. 2 200 pred n. l. za vlády cisára JU vynašli oceľ (aspoň 0,3% uhlíka v železe). Prímes uhlíka umožňuje kalieť oceľ prudkým ochladením. Naproti tomu v Európe, na rozdiel od Číny bola výroba ocele prakticky nemožná, pretože vtedy známe európske železné rudy obsahovali prímеси fosforu, ktoré umožňovali železo dobre zvätať tlakom, ale neumožňovali ho kalieť.

Okolo r. 2 000 pred n. l. egyptskí remeselníci spájkovali a zvärali zlato pri výrobe šperkov a ozdobných predmetov. Technika spájkovania už bola známa dlhý čas. Zlato a striebro spájali medenou spájkou. Bronzové dielce sa dali spájať pomocou cínovej spájky, pri teplote asi 250<sup>0</sup>C. Dôležité bolo, aby na mieste spojenia nedochádzalo k oxidácii. Dalo sa tomu zabrániť pomocou vhodného redukčného prostriedku. Egypťania na to používali kremenec. O čosi komplikovanejšia bola technika zvärania, ktorú vtedy vedeli aplikovať len na zväranie zlata. Predpokladom bolo, aby zvärané predmety mali rozličný obsah zlata a tým aj nerovnaké teploty tavenia. Spájaný diel s nižšou teplotou tavenia sa najskôr zohrieval, kým nebol plastický. V takom stave ho pripájali na hlavý diel. Na záver obe časti zatavili jednu do druhej. Používali na to malé prenosné ohniská na drevené uhlie, ktoré rozduchali ústnymi fúkarmi a prípadne ešte dôkladne prekovali. Spojenie pomocou tejto technológie bolo veľmi pevné.

Okolo r. 1710 pred n. l. je správa z mesta Marí v Mezopotámii o používaní nitov. Babilónsky kráľ Chammurapi opísal hutnicke spracovanie kovov nasledovne: „*Vezme sa 7 200 kusov dreva. Každý kusok má objem od tretiny litra do jedného litra a narezané majú byť na dĺžku od jedného do dvoch metrov. Nesmie sa zobrať vysušené drevo, iba zelené. Potom sa treba ponáhľať, aby quarqurru (hutnícka robotník, vyrábajúci kov) a nappahu (kováč) nemuseli zostať bez práce*“. Z požiadavky na surové drevo možno usudzovať, že drevo sa nepoužívalo priamo, ale sa spracovalo na drevené uhlie.

V oblasti rieky Indus sa v domácnostiach nižších vrstiev používali strieborné medené, alebo bronzové nádoby.

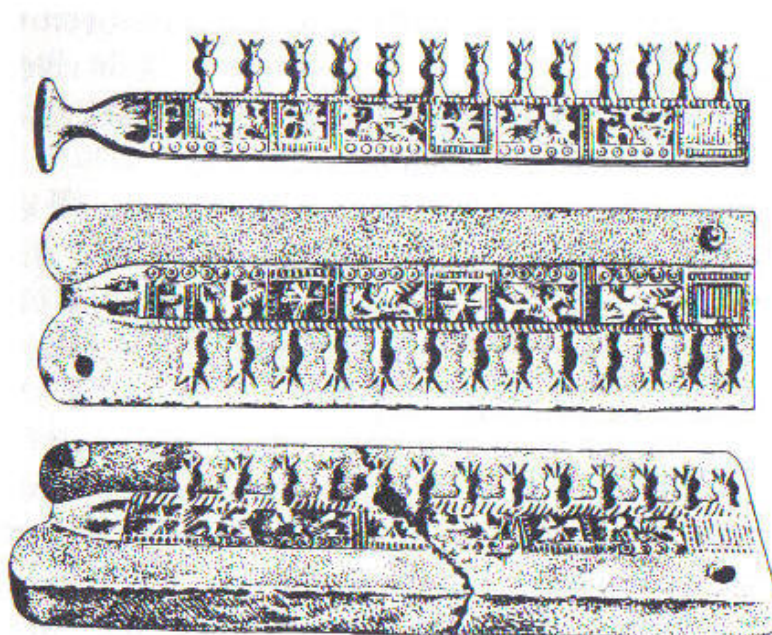
R. 1 650 v oblasti minojskej kultúry vyrábali rovné, dvojsečné meče, vhodné ako bodná aj sečná zbraň. Vznikli zrejme z dýky, ktorá sa používala v bronzovej dobe.

Chetiti v Antólíi okolo r. 1 510 objavili metódu tavenia železa z rudy.. Dovtedy železo pochádzalo výlučne z meteoritov. Spracúvali ho kovaním a bolo pomerne vzácné. Na tavenie medenej rudy bola potrebná teplota 1 100<sup>0</sup>C, keď roztavený kov prijíma zo vsádzky a z horiacich plynov uhlík. To sa vtedy nedalo dosiahnuť, preto železo vyrábali zdĺhavým spôsobom už pri teplotách nad 700<sup>0</sup>C. Slúžili na to malé pece, vykopané v zemi, vyložené ohňovzdorným materiálom (hlinou, alebo tehlymi), ktoré sa naplnili dreveným uhlím a rudou. Železo v cestovitom stave zostávalo v spodnej časti pece, pokryté troskou, aby sa odvieďlo pomocou jarčekov do hlbšie vykopanej jamy. Takto získané hrudy železa vážili 7-25 kg. Kujné železo, alebo oceľ z nich získali viacnásobným nahrievaním a kovaním.

Do r. 1 500 pred n. l. podstatne zlacnela výroba bronzu, z ktorého sa okrem zbraní a niektorých remeselníckych nástrojov vyrábali vo väčšej miere aj kosáky, motyky a ďalšie nástroje. Pri výrobe bronzu sa taví oddelene meď a cín a reguluje sa ich pomer v zliatine.

Na obr. 2.11 je Sýrska kamenná forma a v nej vyhotovený zlatý odliatok z r. 1300 pred n.l.

Obr. 2.11  
Sýrsky zlatý  
odliatok z r. 1400  
pred n. l. [9]

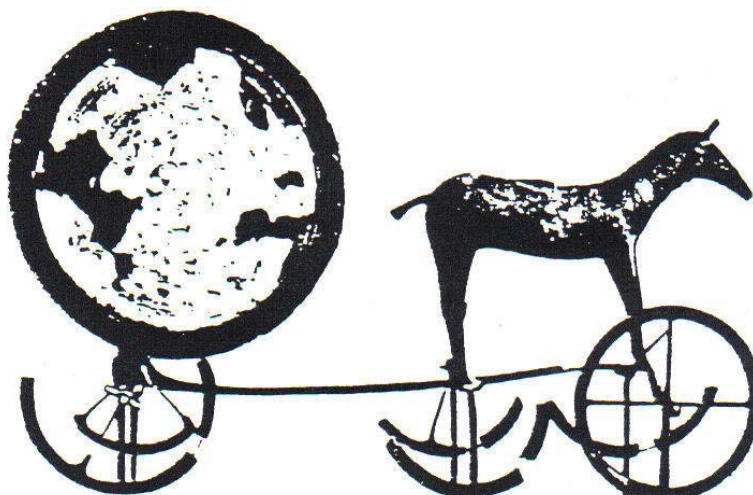


Začína sa výroba redukciou železných rúd v nízkych peciach. Ako palivo sa používa drevené uhlie. Pri teplote asi  $1\ 400^{\circ}\text{C}$  vzniká v peci priamou výrobou kujné železo v cestovitom stave. V tzv. vyhrievačkách sa toto železo muselo oddeliť od trosky a prekovať. Túto výrobu azda najprv zvládli horské kmene v Arménsku. Niekedy sa uvádza, že železo z rúd tavili už predtým Číňania. K väčšiemu rozšíreniu výroby železa dochádza až po r. 1 000 pred n. l.

Hutnenie železa bolo zložitým procesom, ktoré mohli robiť len veľmi zruční špecialisti. Táto metóda však čoskoro ovplyvnila celý ďalší chod civilizácie. Zemský povrch je na železné rudy pomerne bohatý. Tak bol konečne objavený lacný kov, ktorá sa v priebehu ďalšieho tisícročia rozšíril v poľnohospodárskej a remeselníckej výrobe a úplne vytlačil kamenné nástroje

Prvý raz sa používala drevená lopata, obitá na konci železným plechom. O niečo neskôr sa používajú železné krompáče.

Obr. 2.12  
Železný  
„slniečny voz“  
z Trumholnu  
(1 100 pred  
n.l.)







Obr. 2.13 V Grécku a Ríme boli na banské práce sústredené veľké masy otrokov [9]

R. 1 000-700 pred n. l. sa železo rozšírilo z Prednej Ázie do južnej Italie, na Balkán, do južného Rumunska a postupne do Európy. Železné sekery umožnili na európskom kontinente vyrábať pralesy a železné náradie vytvorilo podmienky na vývoj európskeho poľnohospodárstva. Rýchle sa rozšíril sortiment sekier na rozličné použitie.

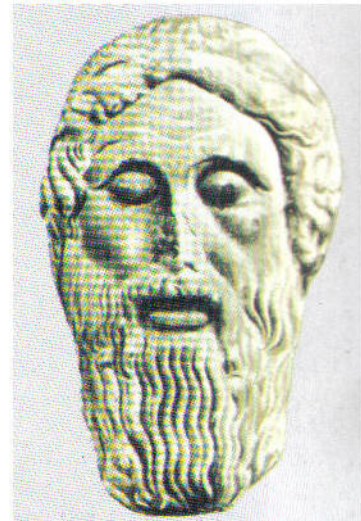
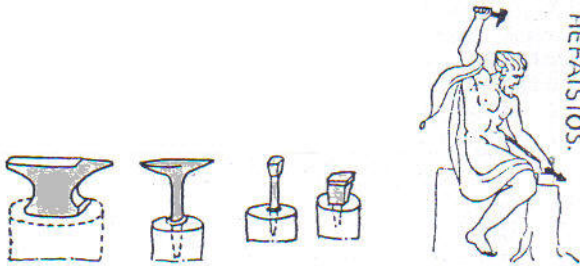
Obr. 2.14 Súčasný sortiment železných sekier



Z 8 storočia pred n. l. sa vo vykopávkach v Ninive našiel prvý bronzový zvonček.

V polovici 8. storočia pred n. l. grécky básnik HOMÉR, trvale žijúci v iónskej Malej Ázii vo svojich hlavných dielach podrobne informuje o úrovni remeselníckej techniky, ako aj o technických predmetoch dennej potreby (Illiada a Odysea). Dielňa boha ohňa a kováčskeho remesla Hefajsta bola podľa tohto básnika vybavená kováčskymi mechmi, kladivami a kliešťami, taviacimi téglami a nákovami. V Hefajstovej dielni sa odlievalo olovo a cín. Kovalo sa tam zlato a bronz. Zlato sa aj tepalo. HOMÉR sa zmieňuje o kalení ocele, prudkým ochladením v studenej vode. Opisuje kovové zbrane.

Obr. 2.15 Slepý básnik HOMÉR (socha z r. 460-450 pred n. l.) a dobové zobrazenie Hefajsta ako jedného z mála pracujúcich bohov



Okolo r. 700 pred n. l. sa objavujú kovové prúty, ktoré boli najstarším kovovým platidlom, neskôr ich nahradzovali mince. Zo začiatku boli odlievané, neskôr razené (azda najskôr v Číne a Egypte). Mince zostávajú platidlom až do novoveku.

R. 692 pred n.l. grécky umelecký kováč GLAUGOS z ostrova Chios vynášiel spájkovanie železa. Považuje sa za vynálezcu zvarovania (688-600). Technika zvarovania bola však pravdepodobne známa už skôr.

Okolo r. 685 pred n.l. Lýdovia v Malej Ázii vyrobili z prírodnej zliatiny zlata a striebra (20%striebra) *elektrón* (elektrum) prvé kovové mince. Mince ešte nemali žiadne obrazy ani písmo.

R. 600 pred n.l. sa v Číne podarilo vyrobiť surové železo. Čínske železné rudy boli bohaté na fosfor, preto sa tavili aj pri nižších teplotách.

Okolo r. 800 pred n.l. sa v Strednej Európe začína používať mosadz.

V 5. storočí pred n.l. kováči používajú kliešte s klbom. Tiež boli vynajdené nožnice na strihanie oviec. Tesári používajú rámovú pílu so železným listom. S určitou možnosťou možno predpokladať výrobu železa aj na území dnešného Slovenska.

V Grécku sa ťaží striebro v baniach, hlbokých až 120 m.

Okolo r. 400 sa v Grécku rozšírilo použitie bronzových pílnikov.

V Číne sa vyrába oceľ pridávaním kujného železa do tekutej liatiny (železná liatina) a odlievajú sa rozličné železné nástroje. Európania dospeli k výrobe liatiny inými pochodmi až r. 1 400 n.l.

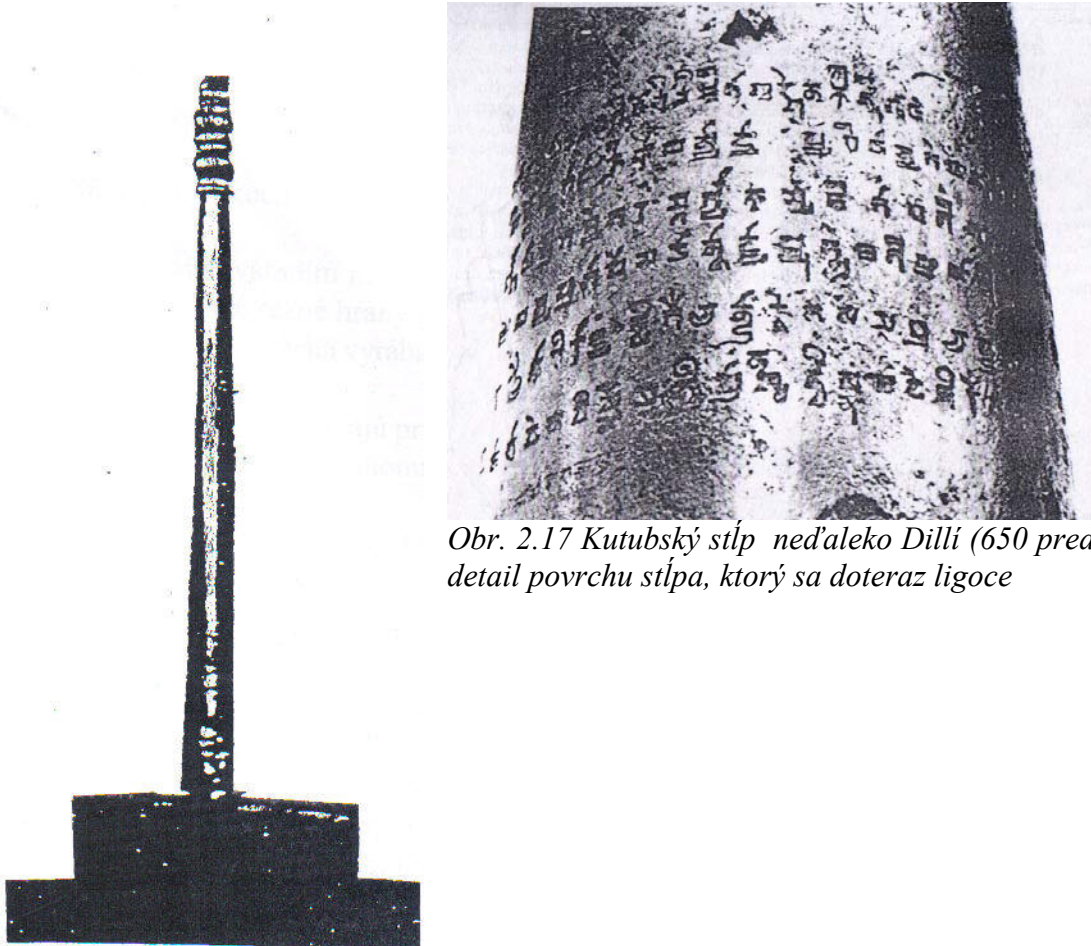
Obr. 2.16 Odlievanie nástrojov zo železnej liatiny v Číne (400 pred n.l.)



R. 750 n. l. zhotovili remeselníci v Číne 13 m vysokú pagodu z čistého železa. Pravdepodobne bola zvarená z viacerých kusov.

Podobné veľké dielo o železa postavili už asi 50-100 rokov predtým v Indii. Išlo o obelisk, ukovaný z viacerých kusov liatiny, tzv. Kutubský stĺp v dnešnom Dillí.. Obelisk je dlhý 16 m, pričom nad povrchom zeme vyčnieva 7 m. Váži 17 t a je opracovaný tak dokonale, že na ňom nevidno stopy po zvaraní. Oba tieto azijské dokumenty sú odolné voči korózii, preto vzbudzujú rozličné dohady o tom, že úroveň dobovej techniky nebola taká, aby ich bolo možné zhotoviť. Opak je pravdou. Vysvetlenie priniesla až nedávno uskutočnená chemická a metalografická analýza. Potvrdila, že stĺp je skutočne skvelou ukážkou hutníctva železa. Predovšetkým bolo zistené, že nie je homogénny a že ho vykovali za tepla z väčšieho množstva hrúd hubovitého železa. Jeho priemerné chemické zloženie je: 0,15%C; 0,25%P; 0,005%S; 0,005%Si; 0,02%N; 0,05%Mn; 0,03%Cu; 0,05%Ni, zvyšok je železo. V porovnaní s dnešnými druhmi ocelí má teda menší obsah mangánu a síry a vysoký obsah fosforu. Stĺp je zapustený do zeme a táto jeho časť je pohyrtá asi centimetrovou vrstvou korózie a sú v nej hlboké jamky. Nadzemná časť má asi

50 až 500 mm hrubú ochrannú vrstvu kysličníkov, ktoré majú približné chemické zloženie: 67%Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>; 13,1%FeO; 14,8%H<sub>2</sub>O; 1,7%FePO<sub>4</sub>; 3,1%SiO<sub>2</sub>.



*Obr. 2.17 Kutubský stĺp neďaleko Dillí (650 pred n.l.) a detail povrchu stĺpa, ktorý sa doteraz ligoce*

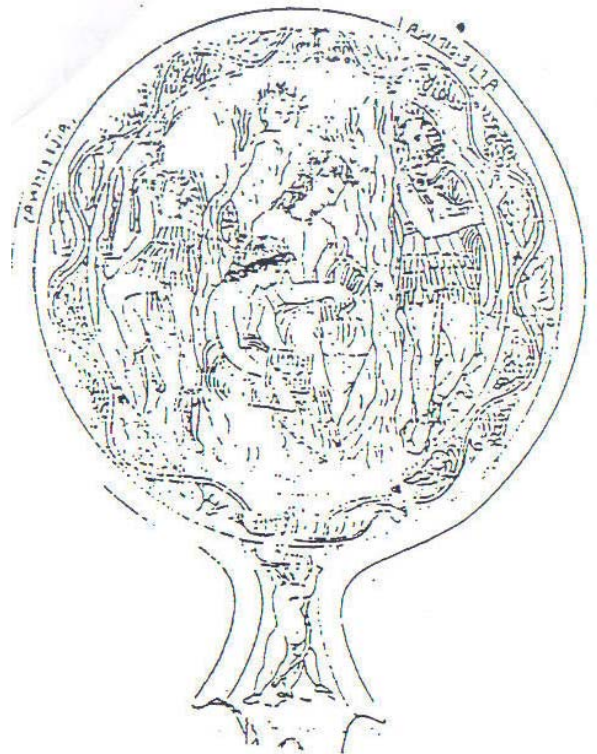
Podobné vyrobené stĺpy sa zachovali v Konaraku na morskom pobreží. Nesú však značné stopy korózie. To viedlo k domnienke, či príčinou stavu stĺpa v Dillí nie je tamojšia nízka vlhkosť vzduchu. Domnienka sa plne potvrdila. Okrem toho bol tento stĺp vykovaný kvalitnejšie ako stĺpy v Konaraku, takže má menej pórov. Aj keď v oboch prípadoch ide o železo veľmi chudobné na mangán, stĺp v Dillí obsahuje viac fosforu, ktorá zrejme tiež prispel k povrchovej pasivácii. Napokon sa ukazuje, že hrúbka vrstvy oxidov na stĺpe v Dillí je v súlade s dnešnými hodnotami rýchlosti korózie v tomto meste.

Nápis na stĺpe udáva obdobie jeho vzniku. Zhotovili ho na pamiatku víťazstva kráľa Čandraguptu II. (375-413 pred n.l.). Pri výške 720 cm a priemere bolu 49 cm, hore 30 cm váži nad zemou 6 t. Obdiv si zaslúži kováč, ktorý ho zhotovil. Také veľké predmety sa kovali v Európe až koncom 19. storočia.

R. 300 pred n. l. vyrábali Etruskovia, usadení v strednej a severnej Itálii vyrábali ručne kovové zrkadlá z lešteného bronzu (obr. 2.18). Používali sa vyše dvoch storočí. Rozkvet ich umeleckej výroby nastal až v 3. storočí pred n.l.



Obr. 2.18 Zrodenie Athény na etruskom gravírovanom zrkadle



b. etruské zrkadlo, nájdené v Bolsene. Podľa jedného z historikov je na motíve typické je slovanské oblečenie ?



Obr. 2.19 Egyptský železný kľúč z 3., alebo 2. storočia pred n.l. [9]

Stavajú sa vodovody z bronzových rúr.  
Objavujú sa pluhy, ktoré pôdu nielen rozrývajú, ale aj obracajú.

Okolo r. 200 pred n.l. sa v Grécku a Rímskej Ríši používali železné pílníky. Teleso pílnika je vykované. Na výkovok v tvare pílnika sa vyrazili seky a nakoniec sa nástroj

zakalil. Kalilo sa v studenej vode, baranej krvi, chlapčenskom moči (obsahuje čpavok) a oleji.

R. 192 pred n.l. sa v Európe udomácnila podkova z kovaného železa, pripevňovaná tiež kovovými klincami.

R. 97 pred n.l. SEXTUS JÚLIUS FRONTINUS založil svojim spisom o kovaných a spájkovaných olovených rúrach novú éru zabezpečovania miest vodou. Rúry sa vyrábali z pásov oloveného plechu, ktoré sa zohli okolo jadra a po priblížení oboch strán sa na šve zospájkovali. Mali oválny, alebo kvapkovitý profil. Do olovenej spájky niekedy pridávali nepatrné množstvo cínu. V tom čase nepoznali zdravotné riziko z používania olova na potravinárske účely.

Technický vývoj na prelome storočí pokračoval pomerne intenzívne.

R. 18 sa v Ríme objavilo drôtené lano.

Okolo r. 99 Rimania poznali pocínované zrkadlá.

V 1. storočí n.l. sa používa hoblík (obr. 2.20).



1

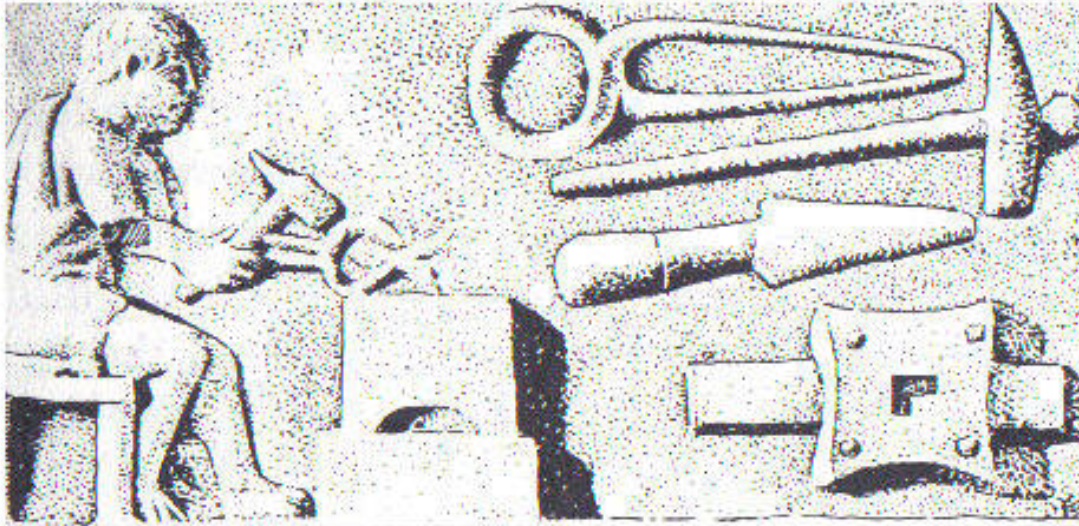


3



2

*Obr. 2.20 Rímsky hoblík (1) a súprava novších hoblíkov na výrobu sudov (zbierka autora)., 2 - drážkovací hoblík na drážky suda, 3 - nastavovací drážkovací hoblík*



Obr. 2.21 Zámočnícke práce Ríme v 2. storočí [9]

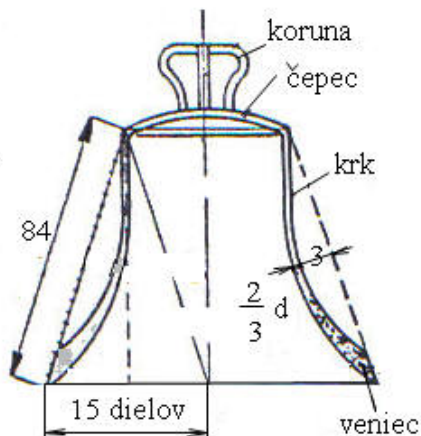
Okolo r. 250 sa objavujú miesto drevených železné visuté mosty.

R. 409 PAULINUS, biskup v Nole vynášiel odlievanie zvonov. Predtým sa zvony kovali, alebo tepali. Zvony sa začali odlievať metódou stratenej formy. Forma o sádry pozostávala z dvoch vrstiev. Po stuhnutí kovového zvona sa sádrová forma rozbila (zvonenie kostolných zvonov počas dňa na oznamovanie času zaviedol pápež SABILIÁN).

Zvon dáva základný tón chvením okraja. Tento tón je najhlbší, preto musí byť úder blízko okraja, kde bije srdce najsilnejšie (veniec). Ustálený tvar zvona vyplýva z obr. 2.18.

Srdce zvona obyčajne hruškovité z ocele, visí na remeni. Jeho hmotnosť je  $\frac{M}{10} + 2,5$  kg,

kde  $M$  je hmotnosť zvona. Zvony sa odlievajú z bronzu (zvonovina), ocele, porcelánu, skla. Zvon Zigmund v chráme u sv. Víta v Prahe váži 270 q; spodný priemer má 2,5 m.



Obr. 2.22 Ustálený tvar zvona

Okolo r. 700 v dnešnom severovýchodnom Španielsku vynášli vysokú pec na hutnícku výrobu

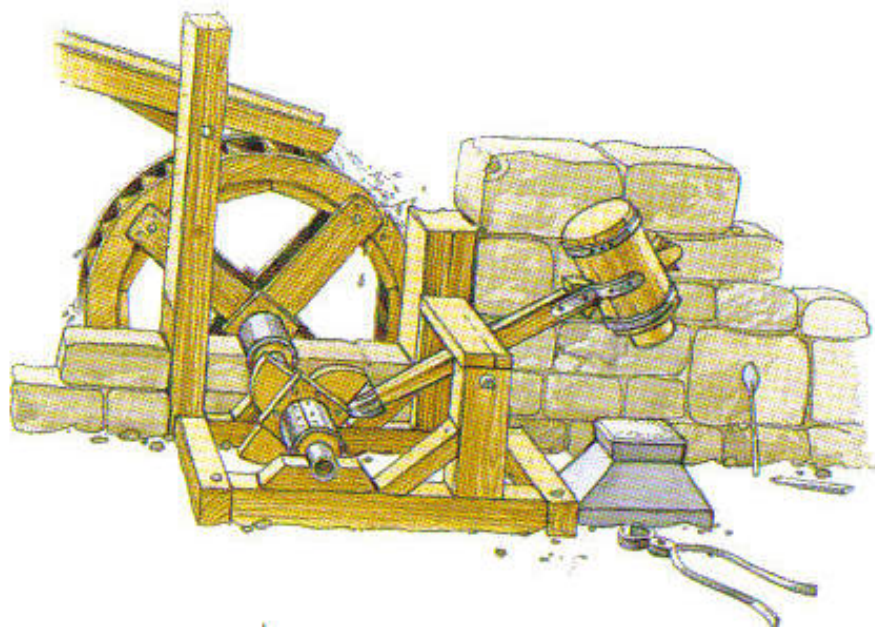
železa (katalánska taviaca pec). Predtým sa v Európe taviło železo v nízkych peciach. Ruda sa položila na vrstvu žeravého dreveného uhlia a k ohňu sa privádzal vzduch ťahom, alebo mechmi. Lenže ano pri tomto postupe sa nedosiahla teplota na získanie tekutého železa.

V 9. storočí sa vyrábajú železné drôty ťahaním v prievlakoch (obr. 1.56). Bol to veľký pokrok oproti predchádzajúcemu kovaníu.

V slovanskom železiarstve sa rozličné predmety spájajú zváraním mäkkších železných častí s tvrdšími, oceľovými. Navarujú sa najmä oceľové rezné hrany pri výrobe nožov a čepelí kôš. Hotové výrobky sa potom kalia a popúšťajú. Kováci vyrábajú široký sortiment, až 90 druhov nástrojov.

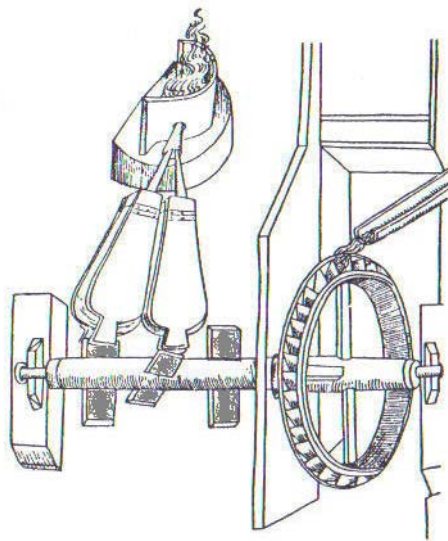
V rovnakej dobe sa stavajú prvé železiarske vodné hámre k pohonu veľkých kováčskych kladív. Na kovanie sa tiež začal používať pohon vodnými kolesami na vrchnú vodu (obr. 2. 23).

*Obr. 2.23 Pohon buchara vodným kolesom [21]*



Pohon vodnými kolesami v 11.-12. storočí sa rozširuje na pohon mechových fúkačov (obr. 2.24).





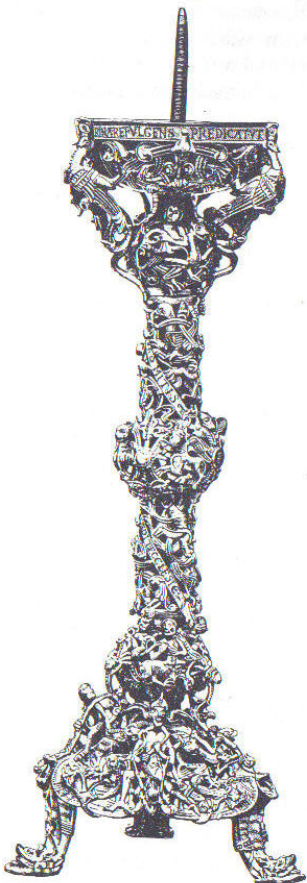
a



b

Obr. 2.24 Mechové fúkače, poháňané vodou a – schéma, b – dobový obrázok

Okolo r. 1100 benediktínsky mních THEOPHILUS podal prvý opis techniky odlievania zvonov pomocou hlineného jadra. Vysušené hlinené jadro sa používalo ako forma pre vnútrojšok zvona. Na jadro sa nakládla vrstva špeciálneho pevného tuku, ktorá presne odpovedala hrúbke budúcej steny zvona. Na vrstvu tuku sa opäť navrstvila hlina a všetko sa stiahlo železnými obručami. Takto pripravenú formu spustili do odlievacej jamy. Potom tuk rozpustili horúcou vodou a vzniknutý dutý priestor vyplnili roztaveným kovom. Touto technológiou bolo možné vyrábať veľmi zložité odliatky.



Obr. 2.25 Bronzový svietnik z kostola Svätého Petra, Gloucester, začiatok 12. storočia [9]

V 12. storočí sa v benátskych baniach uplatňuje nový spôsob získavania striebra z olovených rúr, tzv. vyciedzanie. Zohralo významnú úlohu v ďalšom prudkom rozvoji ťažby striebra, z ktorého sa prevažne razili mince (obr. 2.26).



*Obr. 2.26 Razenie strieborných mincí v 12. storočí [9]*

R. 1327 sa v Kremnickej mincovni začali raziť uhorské groše a od r. 1335 aj zlaté floreny, známe ako kremnicke dukáty. Je zrejmé, že hodnota mince odpovedala cene drahého kovu z ktorého bola zhotovená.

Po r. 1350 v Bavorsku vyrábajú pocínované plechy.

Okolo r. 1390 v Kórei vynášli kovové pohyblivé typy pre tlač. Tým sa na Ďalekom Východe dovŕšil vývoj knihtlače.

Začiatkom 15. storočia sa začínajú hrubo vykované železné plechy načisto valcovať v malých valcovniach s vodným pohonom.

V banskej technike sa začínajú používať koľajnice.

V našich krajinách sa v tom čase vyrábalo železo v tzv. dýmačkách, t.j. kusových peciach, vyhrievačkách, šmelcovniach, bucharoch a tzv. slovenských peciach. Mohutnejšie dúchadlá, poháňané vodou umožňovali natoľko zvyšovať železiarske pece, že postupne vznikala vysokopečná výroba surového železa. V západnej Európe sa šíria vysoké pece v 15. storočí, u nás až koncom 16. storočia. Palivom zostáva drevené uhlie až do 18. storočia.

Obr. 2. 27  
Stredoveká vysoká  
pec



Už tesne pred r. 1 400 sa ojedinele objavujú aj hlavne diel z liatiny. Používajú sa železné delové gule.

Po r. 1475 má LEONARDO DA VINCI viacero vynálezov, venovaných spracovaniu a využitiu kovov. Príkladom je valcovacia stolica, článkové reťaze, závitnica, univerzálny kľb.

Ku koncu stredoveku sa v Európe vrábalo až 60 000 t surového železa. Zaznamenal sa najväčší pokrok vo verbose železa. Bol to prechod od kovaného železa k liatemu.

## 2.2 Koniec stredoveku

Hneď začiatok novoveku je spojený s udalosťami na našom území. Spišský rodák LÁN TURZO r. 1496 postavil v Moštenici prvú špajzovacu (čistiacu) a sciedzacu hutu na území Slovenska.

V 13-15. storočí bola ťažba striebra v Jihlave a Kutnej Hore na svetovej úrovni.



Obr. 2.28 Úklonné šachty, výťahy, vodné kolo, dosahované hĺbky až 600 m v Kutnej Hore [25]

V polovici 16. storočia sa značne rozvinula ťažba cínu v okolí Horného Slavkova v Českom Lese. Istú dobu tu boli najbohatšie ložiská cínu v Európe. Vyťažilo sa tu asi 25 000 ton cínu. Dochádza k najväčšiemu rozmachu slovenskej medi. V období r. 1495-1546 jej bolo na Slovensku vyťaženej 60 000 ton. Plechy sa plne vykovávali vodnými kladivami v tzv. plech-hámroch. V Nemecku sa používajú aj primitívne valcovacie stolice. Okolo r. 1515 sa objavili ložiská strieborných rúd v okolí Jáchymova v Krušných Horách.

R. 1535 nemecký humanista H.E.HESSUS ako prvý opísal valcovňu na železný plech so zariadením na preťahovanie a rezanie železa vo valcovni v Norimberku. Už takmer celé storočie bola v Európe známa liatina. Taviace pece, používané na jej výrobu sa čiastočne podobali neskorším vysokým peciam. Prevzdušňovanie sa realizovalo silou vody. Vodné kolesá poháňali kováčske mechy. V šachtových peciach železo naberalo veľa uhlíka z dreveného uhlia a tým klesol bod jeho tavenia. Tekutý kov stekal na šachtovú podlahu, ale potom sa mohol znova ľahko taviť a nalievať do foriem.

Okolo r. 1540 sa v baníctve a hutníctve zaviedlo veľa nových technológií. Zavádzali sa mechanické postupy, ako rozomieľanie vo vodných mlynoch, drvenie rudy v mokrých stupách a premývanie vodou. Aj nové chemické metódy ako amalgácia rúd ortuťou, alebo likvidačná tavba. Zvyšovalo sa tým využitie rúd. Významným strediskom rozvoja nových ťažiskových metód bola aj stredoslovenský banská oblasť.

R. 1546 vychádza dielo G. AGRICOLU, polyhistora stredoveku: *“De re metallica libri XII”* (Dvanásť kníh o baníctve a hutníctve), ktoré sa stalo auda najznámejšou knihou všetkých čias o baníctve, hutníctve a sklárstve. AGRICOLA (obr. 1.50) čerpal poznatky okrem iného aj počas svojej lekárskej praxe v Jáchymove. Pobyt v tomto baníckom meste s bohatými ložiskami rúd tzv. 5-prvkovej formácie (Cu, Pb, Zn, Au, Ag), ku ktorým v 20.

storočí pribudol urán, mal rozhodujúci vplyv na profiláciu vedeckej dráhy AGRICOLU. V knihe zahytil nielen krušnohorskú bánsku techniku, ale aj slovenskú. Vo vyhľadávani rudných telies, ktoré nevychádzajú na povrch odporúčal používať rýhy, štôlne a plytké šachty, čo sa praktizuje doteraz.

Mimochodom, v diele opísal aj prútkárstvo, ako metódu sledovania nálezísk, ale ho neodporúčal s tým, že baník by mal byť natoľko šikovný, aby objavil ložisko inými metódami.



*Obr. 2. 29 Prieskumné a kutacie práce na rudné ložiská z knihy G. AGRICOLU [1]*



Obr. 2.30 Práca tavičov podľa AGRICOLU. A,B – pece, C-horné predpecie, D-dolné predpecie. Hutník sťahuje trosku F zahnutou tyčou E. G-Pomocník hasí žeravú trosku zalievaním. H-pletená ošatka z prútia, I-hrabačka, K-ruda na tavenie. Pri peci B majster pripravuje predpecie, ubíja ubijadlami L. M-tyč

Z priekopníkov, ktorí sa podieľali na technickom rozvoji a organizovaní baníckej výroby v tom období patrí na Slovensku J.THURZO z Levoče (1434-1508) a J.

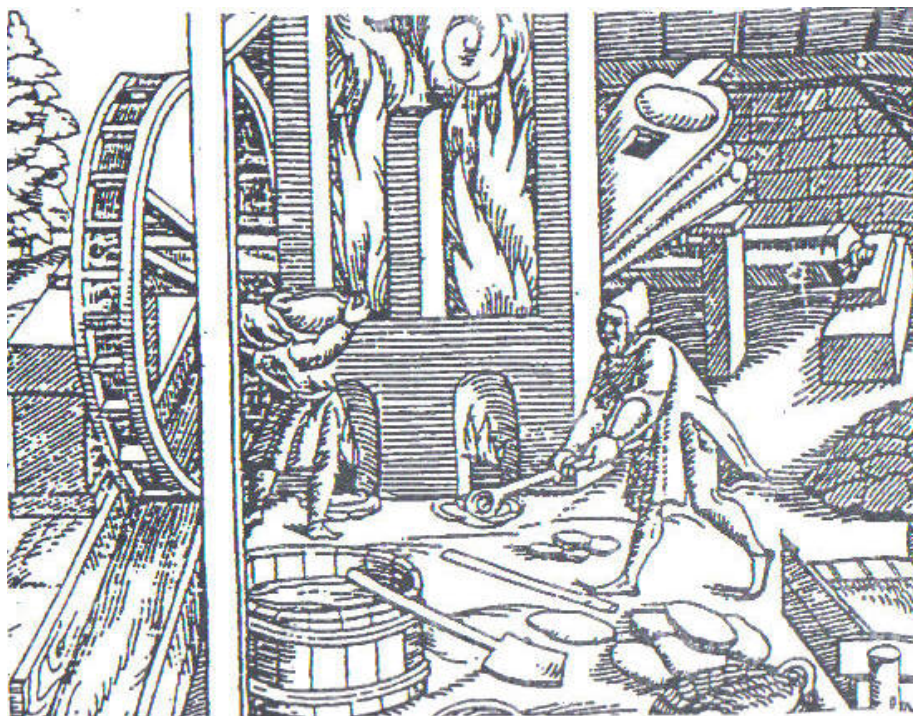
DERSCHWAMM, ktorá tiež poskytoval informácie o baníctve AGRICOLLOVI. Dlhoročné skúsenosti Thurzovcov so slovenskou meďou a poľským olovom dali zrod myšlienke, získavať striebro metalurgickou cestou zo slovenskej, striebro obsahujúcej medi a poľského (alkuszkého) striebro obsahujúceho olova. Princíp technológie scedzovania medi spočíval v rozdielnom bode tavenia medi ( $1083^{\circ}\text{C}$ ) a olova ( $327^{\circ}\text{C}$ ). Striebro obsahujúca čierna meď sa v určitom pomere tavia spolu so “sčerstveným” olovom (obohateným striebrom). Olovo pri tavení pojalo do seba striebro, obsiahnuté v medi. Pri novom tavení sa z nej vycedilo. Pretože vývoz drahých kovov z Uhorska bol zakázaný, vývoz striebra, obsiahnutého v čiernej medi predstavoval výnosný obchod.

Druhou významnou osobnosťou slovenského baníctva bol J.DERSCHWAMM (1494-1567). Zvládol súvekú banskú techniku a to najmä hutnícku technológiu spracovania medených rúd, ako aj čistenie, rafináciu zlata v cementačnej peci v Kremnici. Vďaka nemu si udržali bane v Španej Doline svetovú slávu. Zaviedol sa tu napr.nový spôsob úpravy chudobnej rudy, háld a trosky (r.1537), ktoré sa na dlhé roky stali vzorom pre ostatné bane na Slovensku. Slovenská bánska techniky v tom čase predstavovala svetovú špičku v baníctve.



Obr. 2. 31 JÁN DERSCHWAMM – pamätná medajla z r. 1537

R. 1556 sa v Anglicku vyvíja rezací stroj na železo.



Obr. 2. 32 Železná huta podľa ilustrácie knihy MÜSTERA “Cosmographia” z r. 1586. Vodné koleso poháňa kováčsky mech.

R. 1574 L.ECKER (1528-1594) vydáva v Prahe knihu: “*Bestchreibung oller furnemisten mineralischen Ertz-und Berkwerksarden*”, jedno z najvýznamnejších svetových diel o hutníctve a skúšobníctve drahých kovov.

Z historického a kultúrneho hľadiska je zaujímavé vedieť, že B.CELLINI už v 16. storočí používal techniku, ktorá sa aplikuje doteraz, odlievanie do škrupinových foriem. Metóda dosiahla prudký rozvoj v 70-tych rokoch 20. storočia. V tom čase nanášal tekuté bahno na voskový model, pieskoval ho, sušil, kým sa nevytvorila škrupinová lejacia forma. Tú potom zaformoval do piesku a vylial kovom.

Treba poznamenať, že výroba voskového modelu bola jednoduchá. Je to mäkký materiál. Novšie poznatky ukazujú, že už v starom Grécku (400 pred n.l.) boli zhotovované unikátne tvarované sochy odlievaním s voskovým modelom (obr. 2.34).



Obr. 2.33 Jedným z významných veľmi zložitých CELLINIOVÝCH odliatkov bolo *sťatie medúzy*



Obr. 2.34 Fragment fyziologicky presnej bronzovej sochy Parisa z Grécka 314 pred n. l.)

Na vyhotovenie voskových modelov aj používali aj živí ľudia (obr. 2.35). Na telo as naniesla sádra. Po uschnutí bola rozdelená a spojená, do dutiny bol naliaty vosk, čím vznikol presný tvar kopírovaného orgánu, ktorá sa prípadne upravil. Po odlíatí sa jednotlivé časti tela zložili, čím vznikol veľmi členitý a presný voskový model. Preto tieto sochy vynikajú dokonalými anatomickými tvarmi.





Obr. 2.35 Rekonštrukcia odlievania nohy. Sádrovanie a odliatok zo sádrovej formy

R. 1572 sa začala banskými metódami dobývať soľ v soľnej bani pri Prešove.

Okolo r. 1570 anglická kráľovna Alžbeta I. zaviedla v Cornwalle (juhozápadné Anglicko) výrobu cínu, ktorá sa rýchle rozvíjala ako prosperujúce odvetvie. Cínovec sa pražil v tzv. ručných, neskôr rotujúcich tanierových a clindrových peciach. Zostatok praženia sa od cudzích kovových oxidov čistil praním a spracovaním kyselinou soľnou, alebo zriedenou kyselinou sírovou. Takto obohatená cínová ruda sa redukovala v šachtových peciach. Surový cín sa napokon musel ešte vyčistiť.

R. 1578 v Lyone vo Francúzsku vychádza dielo J.BESSONA (1540-1576): *“Theatrum instrumentarioum et machinarium”*, ktoré prináša významné informácie o tehnikе 16. storočia

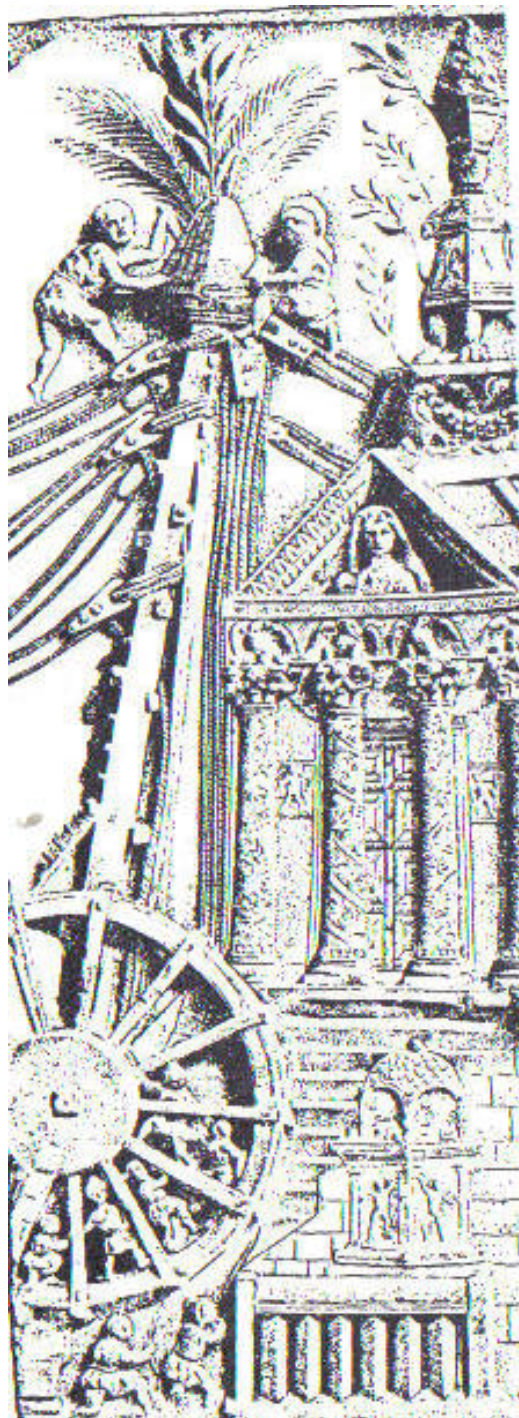
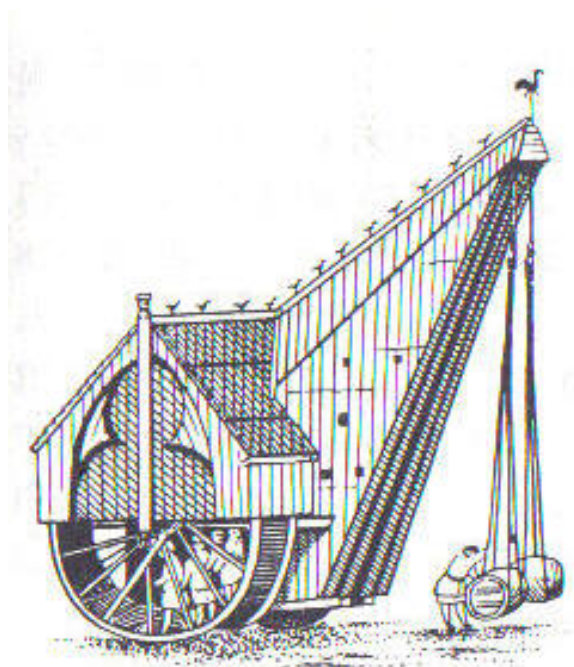
R.1580 v Hronci pri Banskej Bystrici založili prvú manufaktúru na spracovanie a výrobu železa na Slovensku. Neskôr dostala názov Horehronský železiarsky complex a patrilo doň 17 okolitých obcí.

R.1585 zaviedli v Londýne po dlhej prestávke od čias antickej civilizácie vodovod s oloveným potrubím, do ktorého sa dodávala voda z čerpacej stanice pod mostom London Bridge (obr. 1.64).

R. 1586 našli spôsob vyťahovania kôš v hámroch na vodný pohon. V tejto dobe vznikajú železiarske manufaktúry, ktoré prechádzajú k seriovejšej výrobe, niekedy aj ku tapizácii výrobkov, najmä strojárskych.

Francúz B.PASCAL (1623-1662) navrhuje konštrukciu hydraulického lisu. Podobnú konštrukciu zostrojil už skôr GALILEO GALILEI.

*Obr. 2.36 Šliapací žeriav rímskych rezbárov z r. 100 n.l. Dole: Šliapací žeriav, použitý v Bruggách začiatkom 15. storočia Dokumentuje rozvoj techniky v priebehu cca 1000 rokov*



Pokiaľ ide o technický rozvoj, v popredí záujmu je stále baníctvo

8. februára 1627 banský majster z Tirolska G.WEIDL v bani Horná Bieberová v štôlni v Banskej Štiavnici po prvý raz na svete použil pušný prach na rozpájanie horniny v bani. Nová metóda sa rýchle rozšírila aj do ostatných banských revírov a už r. 1632 sa tiež použila v Harzi, neskôr v Sasku.



*Obr. 2.37 Prvý odstrel v bani znamenal mohutný rozvoj slovenského baníctva*

Okolo r. 1660 sa pôvodne kožené fúkače v českých krajinách nahrádzajú drevenými.

R. 1660 sa zavádzajú na kočoch v Anglicku perá tvaru oblúkových pružín z temperovanej liatiny.

Zo Sazka do Británie sa šíri výroba bielych pocínovaných plechov.

R. 1708 anglický fyzik R.HOOKE vysvetlil vzťah medzi napätím a deformáciou, ktorá sa stal neskôr známy ako Hookov zákon (Predĺženie materiálu je v pružnej oblasti deformácie priamo úmerné napätiu  $\sigma = E \cdot \varepsilon$ ).

R. Angličan A.DARBY r. 1708 vynášiel metódu odlievania železa do formovacích rámov s mokrým pieskom. Polo potrebné najprv vyrobiť drevený model a ten zaformovať do delenej formy. Po vybratí modelu a opätovnom zatvorení formy sa nalial tekutý kov, ktorá zaplnil priestor po modeli.

Na dobovej rytine z r. 1700 sa ešte nepoužívajú pieskové formovacie rámy.



Orb. 2.38 Technika odlievania okolo r. 1700 [9]

R. 1713 anglický inžinier A.DARBY po 4-ročnom úsilí o nové palivo s vyšším obsahom uhlíka použil technológiu, známu z prípravy dreveného uhlia, nízkoteplotnú karbonitridáciu, teda neúplné spaľovanie. Tak sa mu podarilo získať z kamenného uhlia koks, ktorý bol tvrdší ako drobiace sa drevené uhlie a umožnil sypať do vysokej pece vyššiu vrstvu rudy aj paliva.

Veľak znamenal brat vo verbose železa, ktorá sa tak stala nezávislou na zásobách dreva.

Od r. 1716 sa drevené koľajnice obijajú železným plechom.

R. 1721 J.F.HENCKEL (1679-1744) pripravil v Anglicku zinok redukciou staleritu.

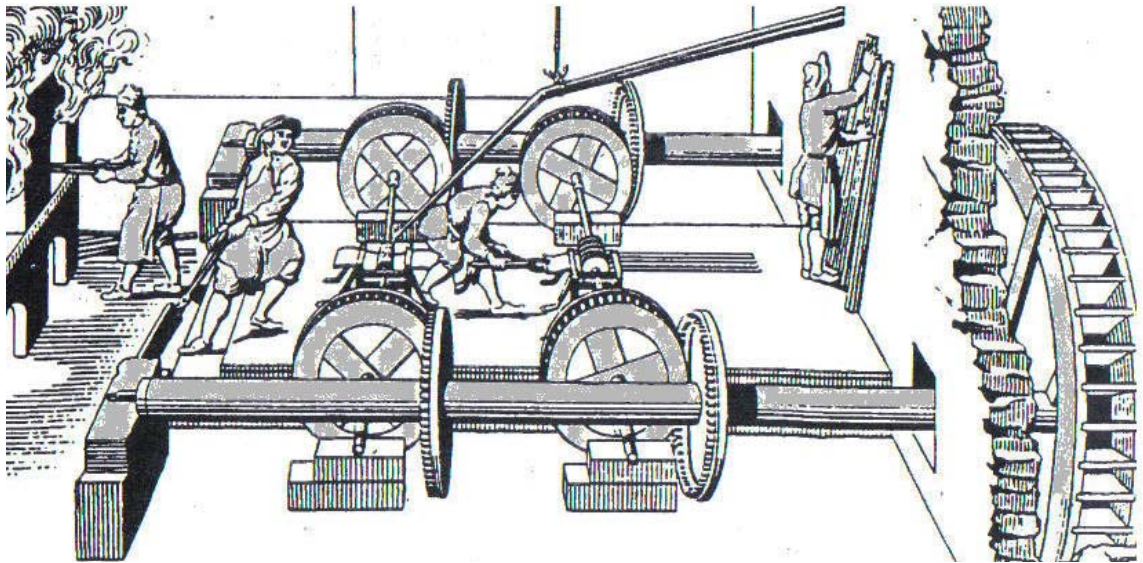
Od r. 1730 sa už zinok vyrába vo veľkom.

R. 1722 francúzsky fyzik R.A.RÉAMUR (1683-1757) zdokonalil výrobu ocele cementáciou, pri ktorej nauhličoval kujné železo uhlíkom z dreveného uhlia. Hádaj prvý skúmal metalurgické procesy z vedeckých pozícií.

V rokoch 1424-1739 vydal Nemec J.LEOPOLD (1674-1727) osemdielne kompendium techniky: *“Theatrum machinarium generale”*, alebo: *“Schauplatz des Grundes mechanischer Wissenschaften”*. Toto dielo je jedným z najplátnejších svedectiev o stave techniky v polovici 18. storočia.

R. 1728 Angličan J.PAYNE taval v otvorenej zkujňovacej peci surové železo a železný šrot, spolu s prísadami a tým predstihol základnú myšlienku neskoršej Martinskej technológie (1864), spolu s J.HANBURYM zaviedol v Anglicku valcovanie oceľových plechov. Základný princíp spočíval tom, že pri súčasnom tavení kujného a surového železa sa má získať oceľ, ktorá je pružnejšia a pevnejšia ako železo. Nepodarilo sa mu to však dosiahnuť, lebo použitý typ pece neposkytoval dostatočnú teplotu. Získaný produkt bol však vhodný na viacnásobné rozvalcovanie.

R. 1734 odliali v Kremli zrejme najväčší zvon na svete.



Obr. 2.39 Vodou poháňaná valcovňa plechu zo Ewedenborgu. Z knihy: "Regnum subterraneum", 1734 [9]

R. 1735 zohráva na Slovensku významnú úlohu založenie Odbornej baníckej školy v Banskej Štiavnici, prvej baníckej školy na svete, (začínala v Štiavnických baniach).

Švéd E.SWEDENBORG (1688-1772) vydal vinikajúce dielo o verbose železa.

R. 1738 sa objavuje správa o železniciach, t.j. koľajovej doprave s koľajnicami zo železa. Postavili ju vo Whiterhavene v Anglicku. Koľajnice boli zo železnej liatiny.

R. 1740 začal Angličan B. HUNDSMAN (1704-1782) v okolí anglického Sheffieldu vyrábať veľmi kvalitnú tegľovú oceľ. Viac ako ďalších 100 rokov sa týmto spôsobom vyrábala kvalitná oceľ, žiaľ len v malých množstvách.

R. 1747 M.ZIOPSER prýkrát na svete zaviedol tzv. priečne dolovanie pri rúbaní na Pacherovej štôlni v Banskej Štiavnici. Táto ťažobná metóda sa používa s menšími obmenami v rudných baniach dodnes na celom svete.

R. 1750 významne prispel k rozvoju vedeckej metalurgie ruský vedec M.V.LOMONOSOV (1711-1765).

R.1754 Angličan H.CORT rozvinul valcovanie železa (ako prvý ho použil jeho krajan J.PAYNE už r. 1728 na valcovanie plechu). Valcovanie prinieslo zjednodušenie

práce obsluhy, ktorá bola obmedzovaná na vloženie neopracovaného železného odliatku do drážok (profilov) valcov a na odoberanie hotového produktu. Poklesla aj požiadavka na zručnosť a kvalifikáciu obsluhy. Na prelome storočia pracovali prvé valcovacie stolice na parný pohon. Mali aj spätný chod (1792) a boli zdvojené. Vývoj valcovania ocele znamenal počiatok hľadania nových metód jej výroby. Pretože oceľ k valcovaniu nesmela byť krehká.

Toto hľadanie sa asi od r. 1783 orientovalo dvoma základnými smermi: Jedným bolo nahradenie skujňovacej vyhne plameňovou pecou, v druhej je spaľovacie ohnisko s uhlím oddelené od pracovnej vyhne so surovým železom. V druhom smere tohoto úsilia išlo o vloženie téglíka do plameňovej pece, vyhrievanej uhlím.

R. 1758 si dal významný anglický hutník J.WILKINSON (1728-1808) patentovať formovanie železných rúr do piesku.

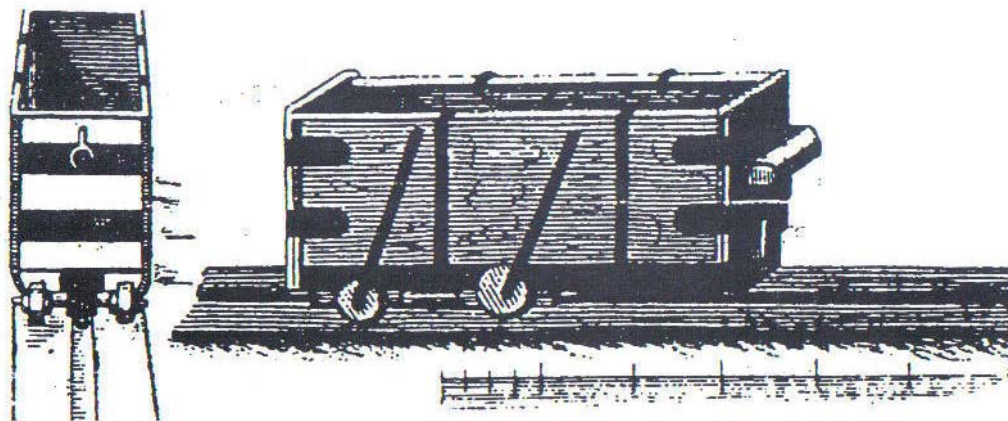
R. 1766 zaviedol vo francúzskom Besancone riaditeľ mincovne FLEUR ťahanie valcovaného drôtu.

13. decembra 1762 panovníčka MÁRIA TERÉZIA rozhodla o založení baníckej vysokej školy v Banskej Štiavnici. Bola to prvá vysoká škola technického typu na svete. Vyučovanie začalo v septembri 1764, keď začal prednášať profesor chémie, mineralógie a hutníctva M.JACQUIN. V nasledujúcom roku vznikla Katedra matematiky a mechaniky, ktorú viedol jezuita P.PODA. Zároveň začal budovať matematicko-fyzikálnu zbierku.

Definitívnu podobu dostala škola dekrétom zo 14. apríla 1770, keď ako tretia vznikla Katedra nauky o bankských dielach. V tomto roku dostala škola aj oficiálny názov *Banícka akadémia*. Súčasne bol vydaný aj študijný plán. Štúdium trvalo 2 roky, bolo bezplatné a malo charakter vysokoškolského štúdia. Absolventi po ukončení odchádzali na povinnú prax, ktorá sa končila praktickou skúškou a diplomovou prácou. Profesori školy pracovali aj vedecky. Banskoštiavnická akadémia si modernými a pokrokovými metódami vyučovania, predovšetkým však spojením teórie s praxou čoskoro získala svetovú povest' a stala sa vzorom pre vysoké školy technického typu v celej Európe, napr. aj známej École Polytechnique v Paríži. Učebnice boli písané v latinčine a v nemčine. Kompletná knižnica školy bola presťahovaná na univerzitu v Miškolci. Obsahuje napr. aj originály kníh AGRICOLU.

R. 1768 Angličan J.SMEATON (1724-1792) konštruje valcové dúchadlo na vháňanie vzduchu do železiarskych vysokých pecí. Viedlo k zvýšeniu produkcie surového železa. Vyrobili ho z liatiny a znamenalo začiatok používania liatiny v strojárskych verbose.

R. 1771 J.BRANT z Lawfordu v Essexe zostrojil prvý známy celoželezný pluh. Jeho výroba sa rozšírila v ďalšom storočí.



Obr. 2.40 Uhorský, alebo slovenský "hunt" – banský vozík. Nákres z Deliriovej učebnice baníctva (1772)

Prvé oceľové lano vzniklo r. 1780. Uplietol ho ručne francúzsky mechanik REIGNER. Strojovo pletené lano bolo vyrobené v Štiavnických baniach r. 1817.

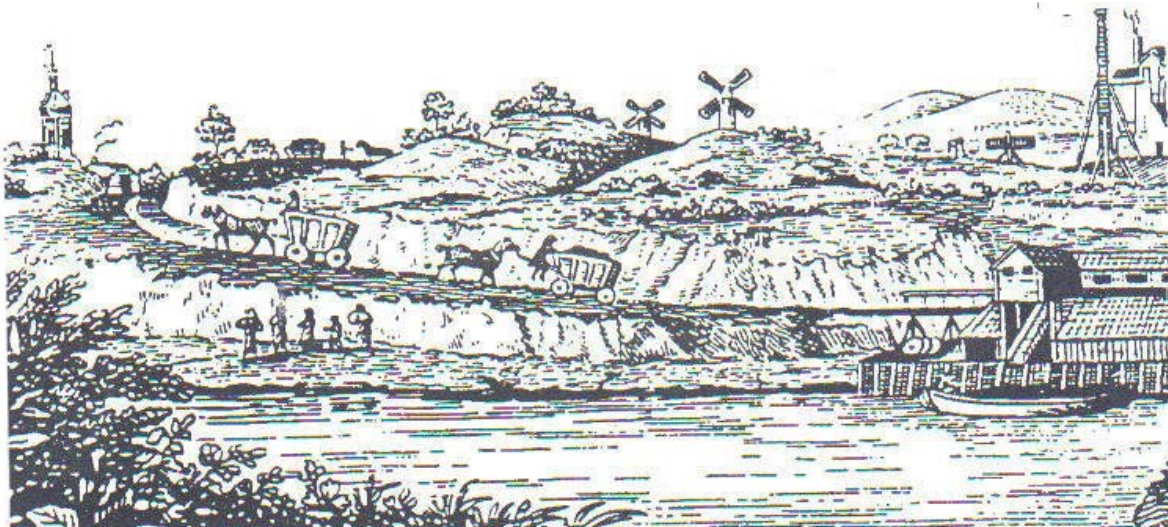
R. 1783 britský majiteľ hámra H.COT vynášiel v Lancasteri pudlovaciu metódu. Týmto spôsobom sa dala zo železa vytvoriť oceľ, ale aj kujné železo. Použilo sa kamenné uhlie, alebo koks (1754). Pudlovací patent priniesol riešenie. V plamenej peci bez dúchadla, vyhrievanej ručne kamenným uhlím prichádza surové železo do styku iba so žiarom zo spaľovania uhlia, ale nie priamo s uhlím. Ďalší proces odpovedal už známym skujňovacím postupom. Takáto kovová kaša sa intenzívne miešala a potom sa zbavila uhlíka.

R. 1784 A.COCHRANE (1749-1831) získal anglický patent na uzatvorenú koksovacia pec. Vedľajšími produktami okrem koksu boli decht, smola, éter, oleje a ďalšie produkty. Koksovacia pec výrazne ovplyvnila ďalší rozvoj železiarstva.

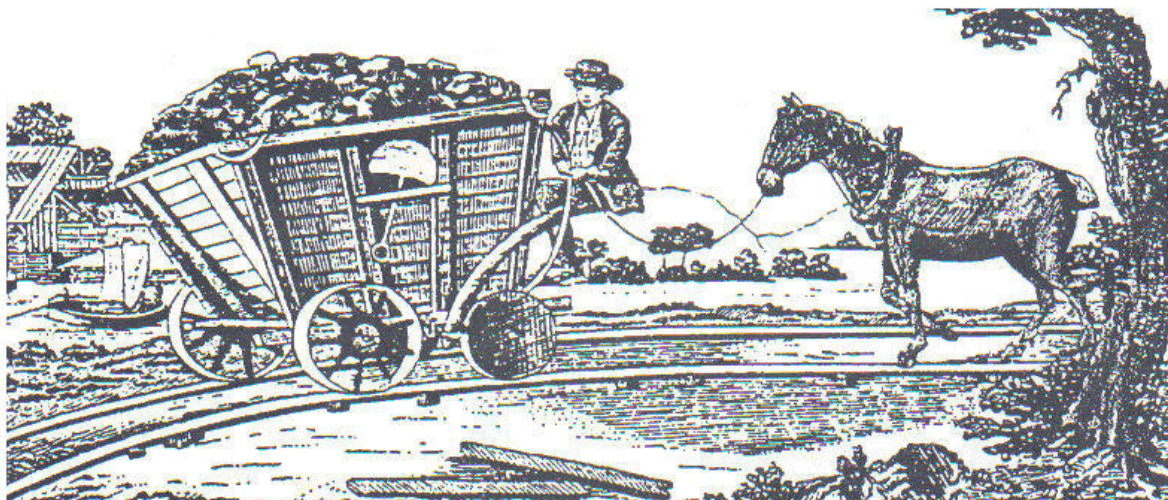
R. 1786 v Banskej Štiavnici a Sklených Tepliciach sa zišli banícki a hutnícki odborníci z celej Európy, aby sa oboznámili s novou amalgačnou metódou získavania kovov a vymenili skúsenosti. Pod amalgačnou sa myslí vytváranie zlučenín ortute s drahými kovmi. Destiláciou možno z amalgame vydeliť ortuť a získať tak drahý kov, alebo jeho zliatinu. Od 80-tych rokov sa zdokonalením amalgačného procesu zaoberal v rakúskej monarchii J.BORN. Účastníci konferencie založili *Spoločnosť na výskum baníctva a pridružených odvetví*. Vydala dva zväzky zborníka Bergbaukunde. Mala 147 členov z 5 európskych a amerických krajín. Stojí za zmienku, že medzi členmi boli aj J.W.GOETHE, J.WATT a A.L. LAVOISIER. Spoločnosť však v dôsledku francúzskej revolúcie nemala dlhé trvanie.

R. 1783 S.RINMANN začína vo Švédsku vyrábať smaltovaný kuchynský riad.

R. 1786 francúz MALOUIN objavil, že železný plech možno chrániť pred koróziou pozinkovaním. Na základe svojich výskumov angličan W.WATSON opísal presý návod na výrobu tohoto bieleho plechu. Plech sa po odmastení ponoril do roztoku chloridu amonného a nakoniec do ohriateho zinkového kúpeľa v ktorom sa vytvoril požadovaný povlak.



*Obr. 2.41 Doprava ruda konským potahom v Anglicku*



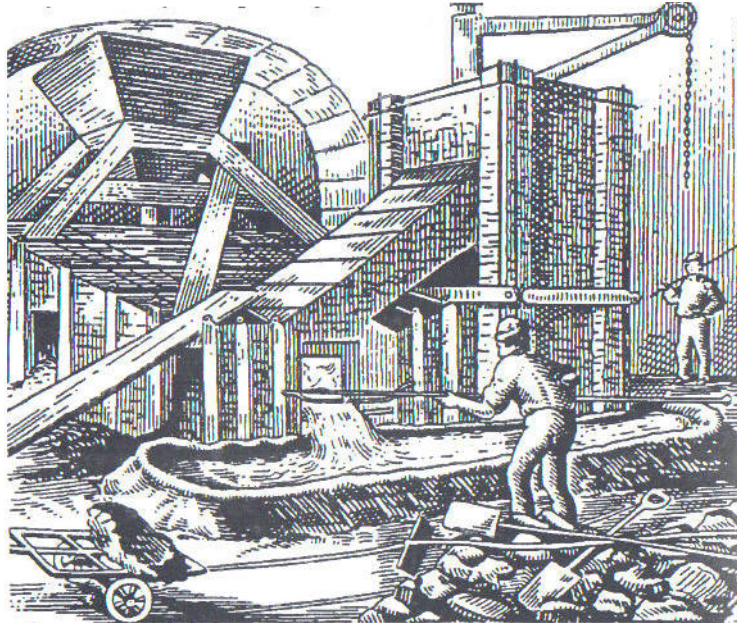
*Orb. 2.42 Detail konského potahu (spúšťanie plného vozíka) [9]*

R. 1790 anglický továrnik JAMES KEIR objavil možnosť tzv. pasivácie železa. Zistil, že hoci zriedená kyselina dusičná napáda železo a spôsobuje jeho oxidáciu, železo sa nič nestane, ak sa najprv ponorí do vysoko koncentrovanej kyseliny dusičnej. Tento úkaz možno vysvetliť chemicky. Silná kyselina vytvára na železe veľmi tenkú, neviditeľnú vrstvu oxidu, ktorá chráni kov pred kyslíkom a tým pred ďalšou koróziou.

R. 1794 J.WILKINSON, majiteľ oceliarne v Brosley v anglickom grófstve Shopshire, vynášiel kuplovaciu pec na pretavovanie surového železa. Tvorí ju valec



šachtového tvaru, vmurovaný ohňovzdornou výmurovkou a obalený oceľovým plechom. 2,5 až 9 m vysoká pec mala svetlosť 50-150 cm. Do pece sa cez kychtu v hornej časti šachty plynule dodávalo surové železo, koks a prísady. Do pece sa tlačil vzduch. Roztavené železo sa odpichovalo na spodku pece a tieklo priamo do formy, alebo do predpecie, kde sa držalo v tekutom stave do použitia.



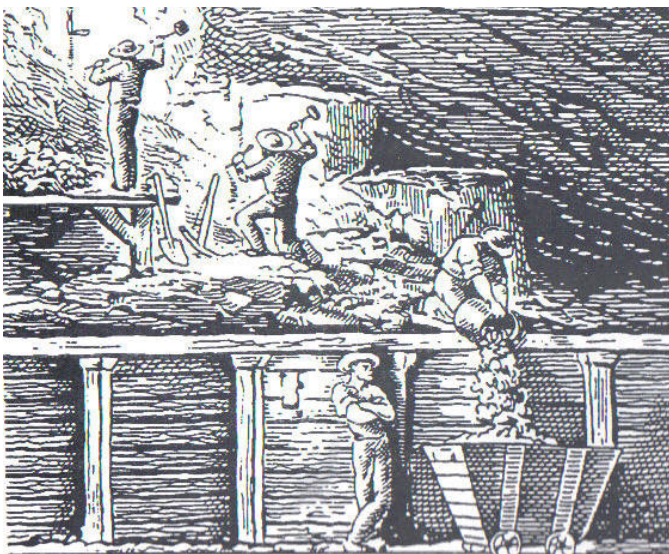
*Obr. 2.43 Kuplová pec pri odpichu liatiny do formy. Nad pecou je navážacie zariadenie*

J.WILKINSON vynašiel tiež r. 1792 vratnú valcovaciu stolicu, čím zracionalizoval výrobu železného plechu. Jeho vývoj nadväzoval na spomínanú stolicu H.CORNA (1754). WILKINSON súčasne zmenil pohon stolice z vodnej energie na paru.

Angličan R.BRAHAM (1746-1814) vynašiel r. 1769 hydraulický lis, jeden z dôležitých prostriedkov rozvíjajúceho sa strojárstva.

Staviteľ J.J.FINLEY (1762-1828) postavil v USA prvý visutý most zo zvaraného železa.

R. 1798 W.HANCOCK v Birminghame začal výrobu železných lán.



*Obr. 2.44 Ťažba rudy r. 1798 v Anglicku*

R. 1803 anglický inžinier J.NIXON prvý krát použil železničné koľaje z kujného železa.

V železiarňach v Hronci na Slovensku J.SCHWARZKÖNIG zaidol tzv. hrončiarSKU metódu skujňovania železa, ktorá sa rozšírila do celého Uhorska a našla miesto aj vo svetových dejinách technológie železiarskej výroby. HrončiarSKA zlievareň bola najväčšia na Slovensku.

V rovnakom čase chemici J.JACOB von BERZELIUS zo Švédska a W.HISINGER z Nemecka vyrobili v laboratóriu prvý čisté kovy a ich soli pomocou elektrolýzy.

R. 1805 britský technik STONE vynášiel rezací horák. Zmiešaval plyn z čierneho uhlia a kyslík

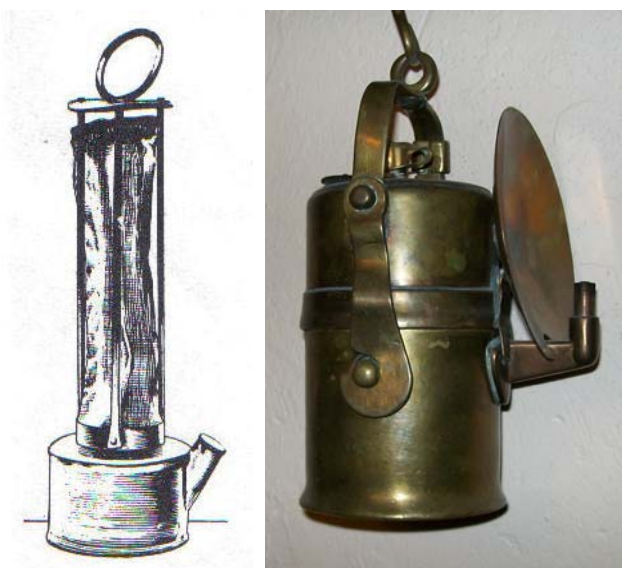
V rovnakom čase bolo vyvinuté galvanické pozlacovanie Talianom L.G.BRUGNATELLIM. Striebornú medajlu ponoril do roztoku fulminanu zlata a kyanidu draselného a použil ju ako elektródu. Zlato sa v nej zachycovalo elektrolyticky. Dovtedy sa kov pozlacoval priložením lístkového zlata, alebo náterom zlatého amalgámu s nasledujúcim žíhaním (tzv. pozlacovanie žiarom). Galvanický nanášaná vrstva držala podstatne lepšie.

R. 1809 nemecký technik ESKARDT vynášiel spôsob odstredivého liatia kovu. Roztopený kov sa leje do valcovitej nádoby bez jadra, ktorá je v stálej rotácii. Odstredivou silou sa kov usadí na vnútornej strane valca a stuhne. Vytvorí sa liata rúra.

T. BURR z anglického mesta Shrewsbury vypracoval r. 1820 technický postup na výrobu olovených rúr vytláčaním. Najprv nalial roztavené olovo do hrubostenného železného valca. Po vychladnutí ho tlačil piestom cez užší koncový medzikruhový otvor vo valci.

Sir HUMPHRY DAVY r. 1816 vyvinul spoľahlivý banický kahan. Bol vybavený kovovou sieťkou, ktorá zamedzila preniku plameňa do priestoru a zapáleniu plynu v bani. Súčasne sa ochladzovala vzduchom, aby se nerozžeravila. Prítomnosť plynu v bani sa prejavila zväčšením plameňa a zmenou jeho farby.

Obr. 2. 45 DAVY-ho lampa z r. 1816.  
Vpravo súčasný karbidový kahan  
(zbierka autora)



R. 1821 odkryli na juhu Álp dovtedy neznámu hliníkovú rudu, ktorú nazvali podľa náleziska *bauxit*. Hliník sa v rude vyskytuje vo forme oxidu hlinitého ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), ktorého obsahuje až 65%. Hliník sa z bauxitu pražil na oxid hlinitý. Ten sa nakoniec rozpustil v kavenine kaolínu a v nej sa elektrolýzou rozložil na kyslík a hliník.

R. 1826-27 sa ruskí metalurgovia V.V.EUBARSKIJ (1795-1852) a P.G.SOBOLEVSKIJ (1782-1841) zaoberali technológiou platiny a vynali nový postup zhotovovania platinových výrobkov z prášku. Tým položili základ práškovej metalurgie.

R. 1827 sa nemeckému chemikovi F.WOHNEROVI podarilo vyrobiť vo väčšom množstve čistý hliník. Výhodiskom bol kysličník hlinitý.

R. 1828 začal londýnsky stavebný inžinier vyrábať vlnitý plech, pretože zistil, že je pevnejší ako plochý. Vlny sa do plechu vyrážali. Neskôr r. 1844 J.SPENCER vymyslel valcovanie vlnitého plechu.

R. 1835 nemecký chemik J.LIEBIG vynul nový spôsob postriebrovania sklenených zrkadiel. Dovtedy bola podkladom pre zrkadlá jedovatá ortuť.

Rus P.P. AMOSOV r. 1837 objavuje spôsob, ako vyrábať liatu kalenú oceľ.

R. 1839 konštruje Škót J.NASMITH (1808-1890) veľký parný buchar na kovanie parníkových hriadeľov. Myšlienku realizoval r. 1841.

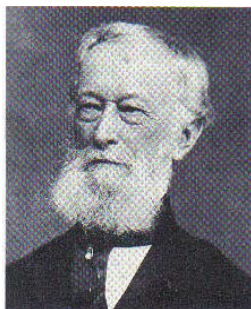
Rovnakom čase vo Chvatimechu pri železiarňach v Hronci postavili prvú pudlovaciu pec na území Slovenska a vzápätí sa pudlovanie rozšírilo aj do ďalších slovenských železiarní.

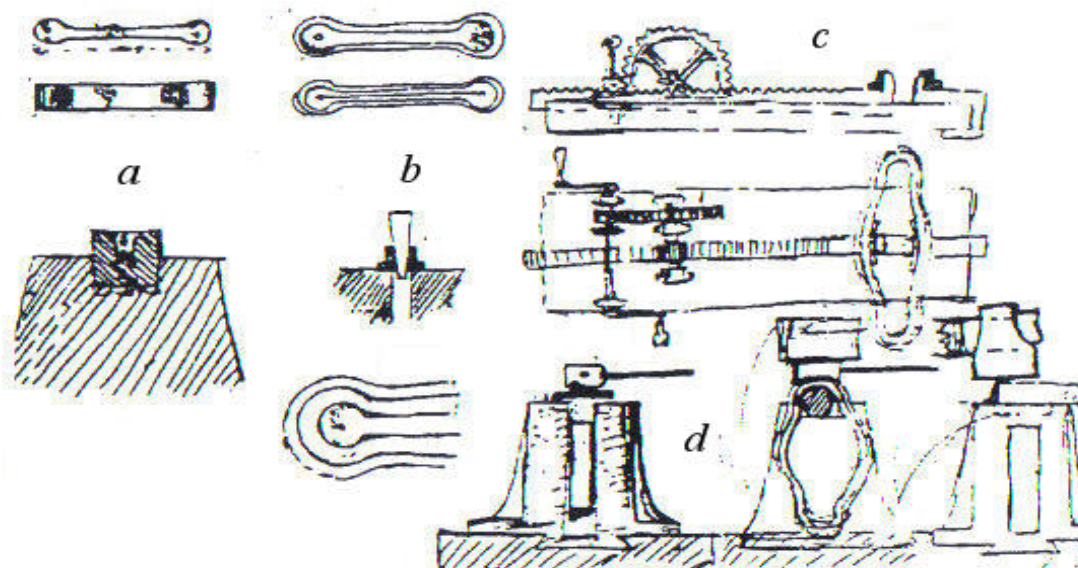
R.1840 ruský metalurg P.P.AMOSOV (1797-1851) vynachádza originálny stroj na premývanie zlatonosných pieskov a navrhuje nový spôsob získavania zlata pretavovaním piesku na zlatistú taveninu a jej rozpustením v kyseline sírovej.

V rokoch 1847-1850 nemecký železiarsky podnikateľ z Essanu A. KRUPP (1812-1887) vyrobil prvé oceľové obruče z liatej ocele. V železiarňach používal buchara a lisy v tých časoch najväčších rozmerov.

R. 1853 sa mu podarilo vyrobiť nezvárané okolesníky železničných kolies. Vagóny a lokomotívy tak mohli byť konštruované na vyššie rýchlosti. Od r. 1855 sa začali bezšvové obruče vyrábať aj v Bochumskom spolku. Spôsob upevnenia obruče na koleso bol vyriešený až v 70-tych rokoch 19. storočia. Obruče boli vyrobené s menším rozmerom ako náboj kolesa. Po ohreve na  $200^{\circ}\text{C}$  sa nasadili na koleso a nechali vychladnúť.

Postup výroby bezšvových obručí je na obr. 2.46. Do plochej tvarovanej tyče sa vyrazia otvory (a), pozdĺž tyče sa vytlačí drážka (b), potom pomocou ručného prípravku s lineárnym ozubeným prevodom a tyč rozťahne (c) a nakoniec vykove do kruhového tvaru (d).

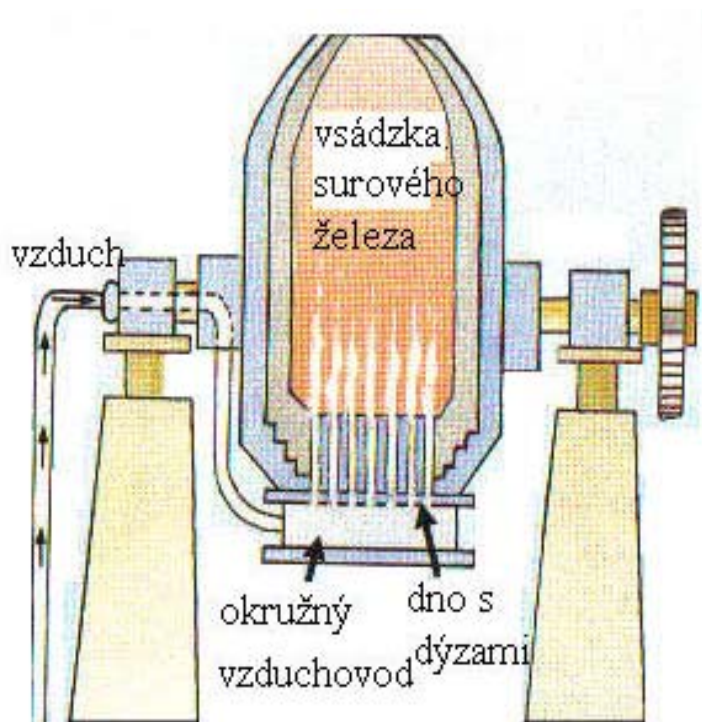




Obr. 2.46 ALFRÉD KRUPP (1812-1887), jeho nákresy technológie výroby bezšvových obručí železničných kolies a pohľad na kovanie obruče [21]

Rozmach technológie si vyžiadala aj odpovedajúca príprava odborníkov. Popri banskoštiavnickej Baníckej akadémii začala od r. 1872 pôsobiť stredná strojnica škola v Košiciach. Po nej vzniklo viacero poľnohospodárskych, drevárskych, textilných a elektrotechnických stredných škôl. Slovensko bolo popri Budapešti koncom tohto priemyselne najvyspelejšou časťou Uhorska.

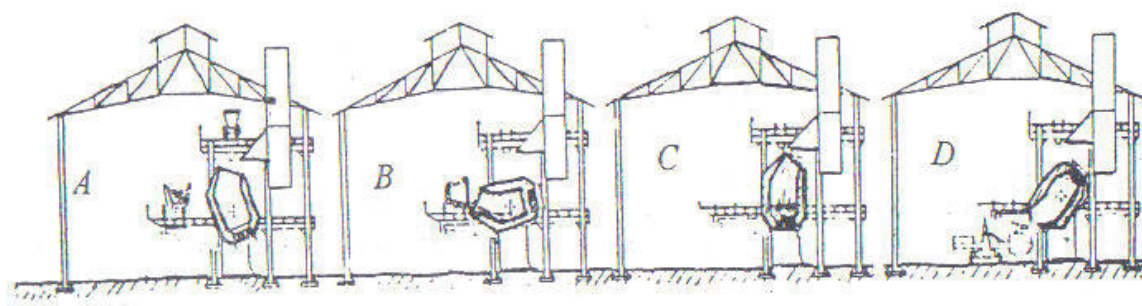
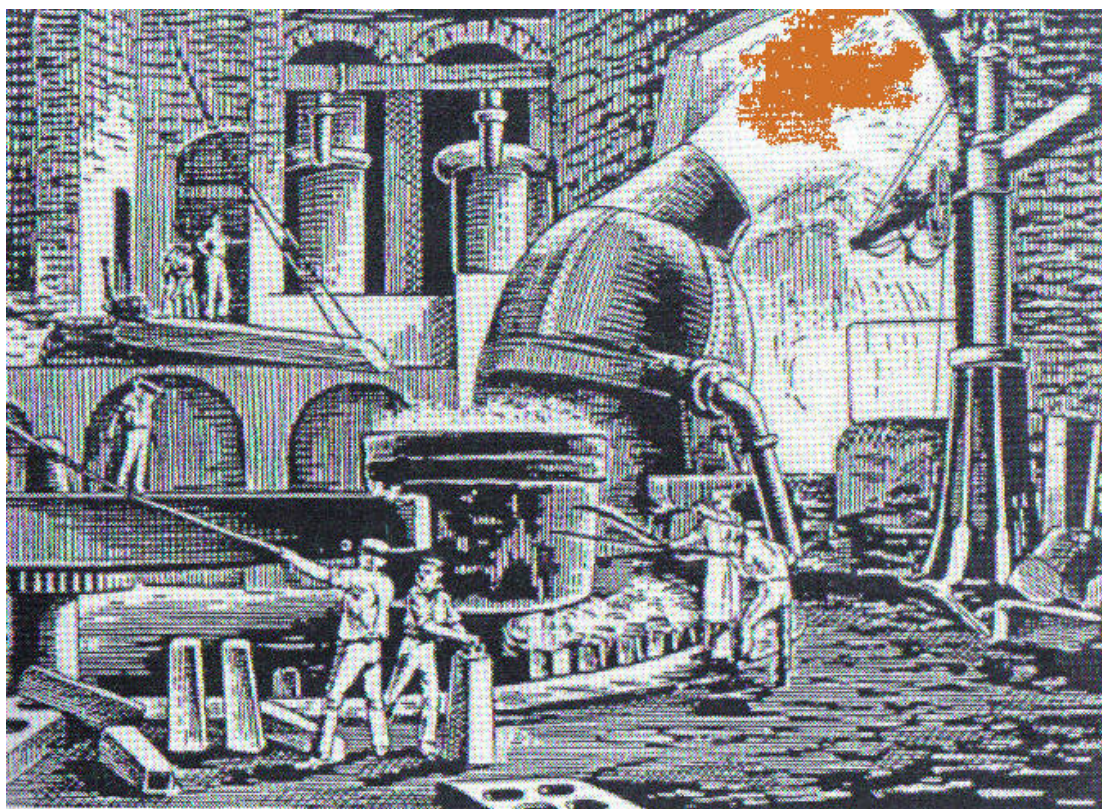
R. 1855 anglický vynálezca H.BESSEMER vyvinul konvertor na výrobu ocele, ktorý po ňom nazvali „Bessemerova hruška“.



Obr. 2.47 HENRY BESSEMER a schéma jeho konvertora [21]

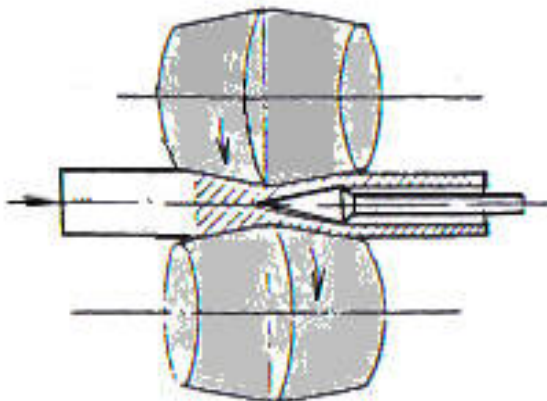
Kyslá výmurovka konvertora podporuje tvorbu trosky. Vzduch, privádzaný spodkom konvertora spaľuje nečistoty v roztavenom surovom železe. Konvektor produkoval zväratelnú oceľ s obsahom uhlíka 0,25%, ktorej výrobná cena bola len 6-7% ceny dovtedy vyrábanej téglikovej ocele. Bola dokonca lacnejšia ako kujné železo.

Uhlík sa zo surového železa odstraňoval až v pudlovacích peciach (1788) tak, že sa okolo preháňal čerstvý vzduch. Bessemer sa pokúsil tento proces zintenzívniť. Navrhol veľkú oceľovú nádobu tvaru hrušky a žiaruvzdorne ju zdnuka vymuroval. Použil pritom náhodou kyslý materiál a ako vsádzku surové železo s malým obsahom síry a fosforu. Výsledkom bola chemická reakcia, pri ktorej sa uvoľňuje teplo. Týmto teplom sa obsah konvertora bez ďalšieho kúrenia ohrial z 1200 na 1 530<sup>0</sup>C. Jediný Bessemerov konvektor vyrobí za 20 minút toľko ocele, ako pudlovacia pec za deň. Okrem toho ušetrí ťažkú telesnú prácu pri pudlovaní (miešaní). Bessemerov konvektor bol plodom úsilia, vyrábať oceľ rýchlejšie a vo väčšom množstve ako dovtedy, pretože rozvoj priemyslu a nástup železničnej dopravy kladli na oceliarstvo nové požiadavky.



Obr. 2.48 BESSEMEROV konvertor v činnosti a fázy činnosti konvertora: A,B-vsádzka, C-proces preublávanie vzduchu, D-vylievanie

R. 1856 dostal britský inžinier R.A.BROOMAN patent na valcovací stroj, ktorý tvárnil hrubostennú rúru na bezšvové tenkostenné rúry, tak, že boli tlačené šikmými valcami proti kužeľovito zakončenému tŕňu za tepla. Pretože rúry sa museli z tŕňa periodicky vyberať, vznikol dojem vratného procesu, preto názov „pútnický“ spôsob výroby rúr. Bratia MANNESMANOVCI zdokonalili túto technológiu (1885) tak, že rúry valcovali priamo z masívnych tyčí (obr. 2.49).



Obr. 2.49 Technológia valcovania bezšvových rúr podľa bratov MANNESMANOVCOV

R. 1856-1861 Nemeč F.SIEMENS (1826-1904) zostrojil *regeneratívnu* pec.

Francúz P.E.MARTIN (1824-1915) použil Siemensov vynález a skonštruoval nístejovú pec na výrobu ocele so surového železa, alebo železného šrotu. Siemensova-Martinova plávková oceľ je revolučným medzníkom v modernom oceliarskom priemysle. Dodnes sú Martinove pece najviac rozšíreným spôsobom výroby ocele.

R. 1857 Angličan E.COWPER (1819-1893) vynášiel spôsob, ako využívať spaliny vo vysokých peciach a predohrievanie vetra v špeciálnych ohrievačoch.

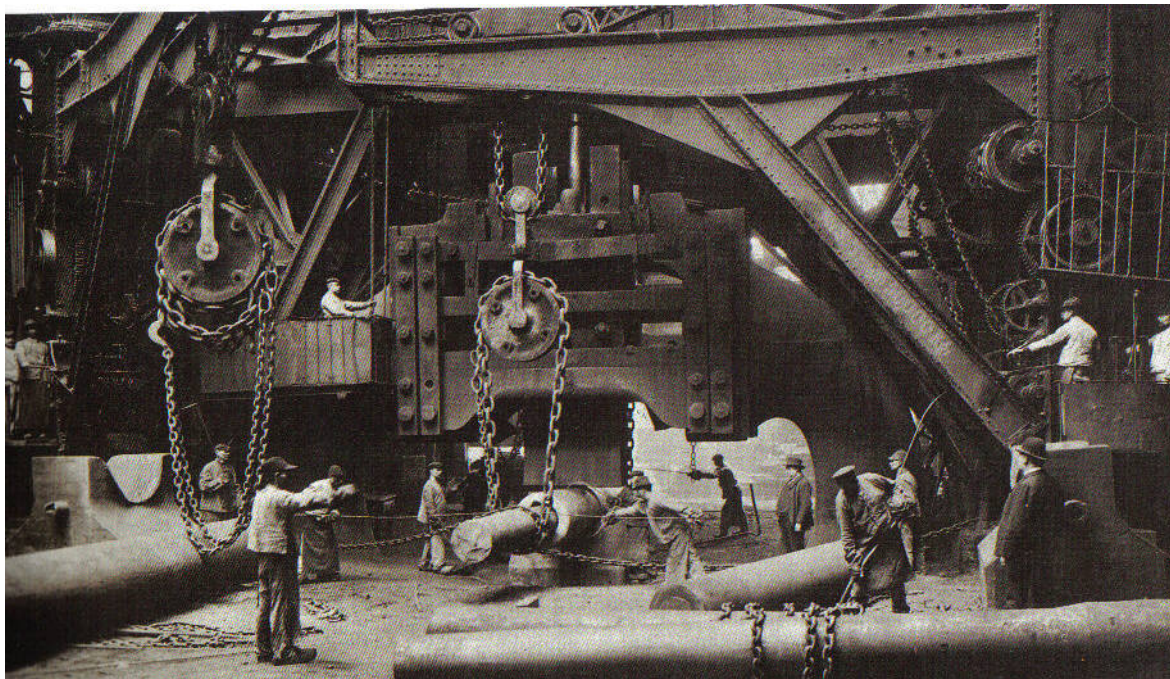
Pred r. 1860 sa začali používať legované ocele.

R. 1858 nemecký chemik a metalurg OXLAND legoval železo a oceľ volfrámom, aby zlepšil ich mechanické vlastnosti. Volfrám je biely, lesklý kov, ktorý sa pri vyšších teplotách dá valcovať, ťahať a kovať. Je odolný voči chemikáliám. Zemská kôra ho obsahuje 0,0064%. Vyrába sa z volframovej rudy, volframitu a nerastu scheelitu ( $\text{CaWO}_4$ ). Volfrám zlepšuje odolnosť ocele proti oteru, žiaruvzdornosť a tvrdosť. Oproti chrómu (ktorým začal legovať Francúz BERTHIER r. 1821) je výhodnejší.

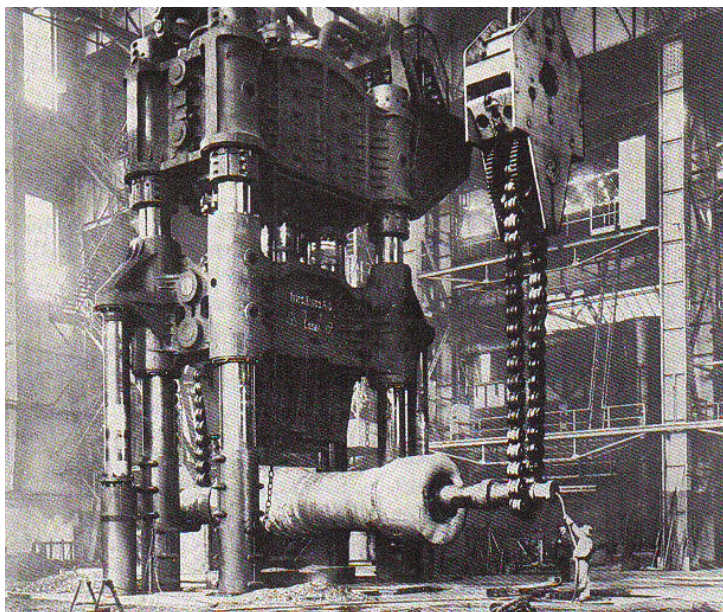
F.TAYLOR a M.WHITE legovali najskôr volfrámovú oceľ chrómom, molybdénom a špeciálnym taviacim procesom získali rýchloreznú oceľ (1900). Ďalšími legujúcimi prvkami boli hliník, kobalt, niób, tantal a vanád.

16. septembra 1861 A.KRUPP uviedol do prevádzky ťažký parný buchar. Baran mal hmotnosť 30 t. Zhotovil aj veľké kovací stroje, napr. parno-hydraulický kovací lis s tlakom 150 kN, na kovanie ingotov s hmotnosťou až 300 t. R. 1862 otvoril prvú veľkú konverktorovú oceliareň (*bessemerovňu*) na európskom kontinente. Založil tiež skúšobný ústav na skúšky materiálov. Hlavným skúšobným strojom bol KRIKALDOV trhací stroj, ktorá firma získala na Londýnskej svetovej výstave r. 1852. Buchar Fritz bol skonštruovaná tak kvalitne, že spoľahlivo pracoval 50 rokov. Parný buchar, ktorá KRUPP postavil s obrovskými rozmermi a novou konštrukciou je vynálezom škótskeho strojára JAMESA NASMITHA (1839). Ťažký baran sa dvíhal v rovnobežnom vedení rámu. Pri páde bolo možné baran ešte urýchliť parou. Rozmerom KRUPPOVÝCH strojov

odpovedajú aj ich výrobky. Už r. 1855 spôsobil KRUPP rozruch na Parížskej svetovej výstave, keď na nej vystavil ingot z téglikovej ocele s hmotnosťou 5 000 kg.



*Obr. 2.50 Parný buchar Fritz, vyvinutý ALFREDOM KRUPPOM, obdivovaný ako „technický zázrak sveta“ [21]*

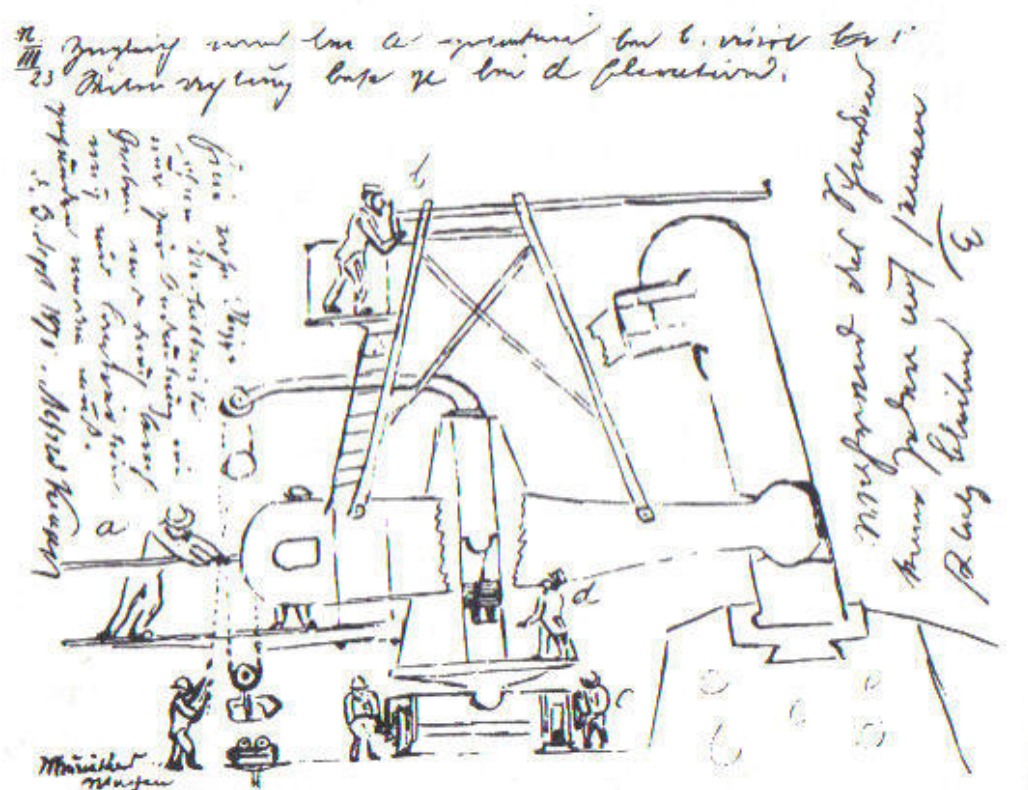


*Obr. 2.51 Parno-hydraulický lis fy. Krupp v Essene s tlakom 150 kN a trojvalcovou konštrukciou, určený na kovanie ingotov do hmotnosti 300 t [21]*

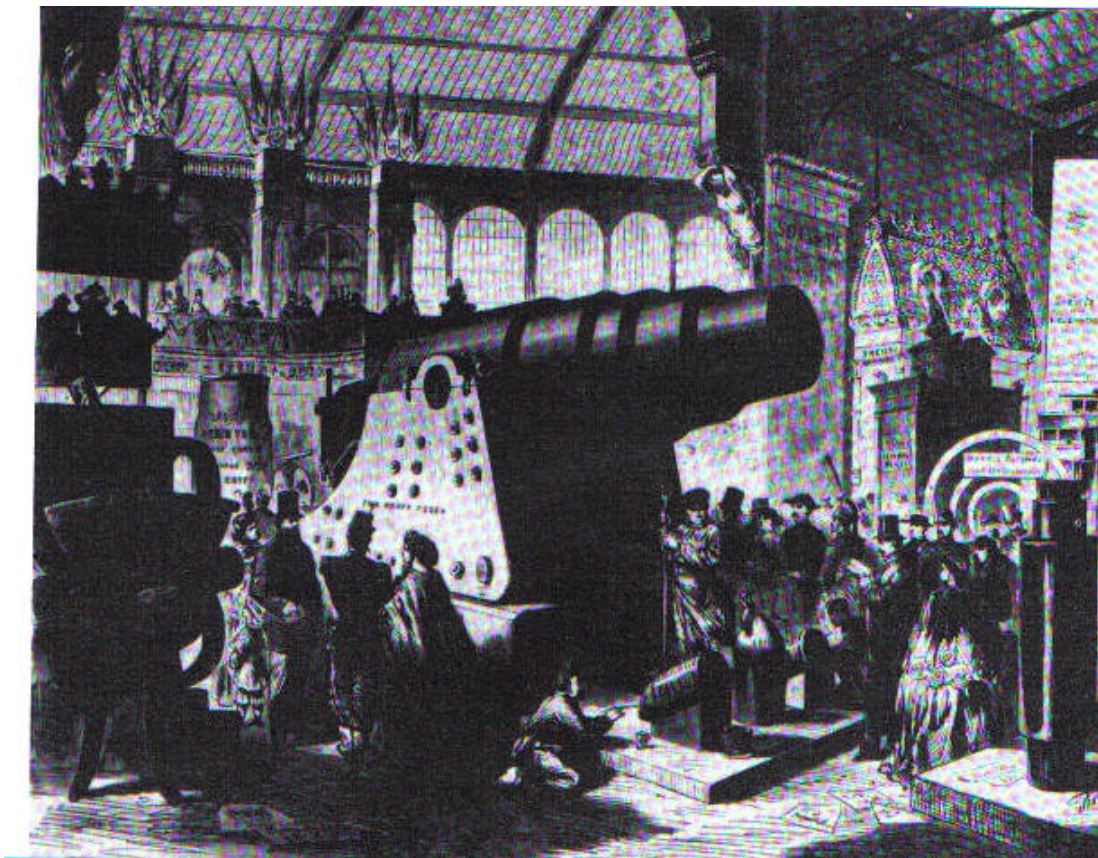
Pre svetovú výstavu v Paríži postavila Essenská firma ALFREDA KRUPPA tisíc librové delo s nabíjaním zozadu. Samotná hlaveň vážila 50 t. Delo bolo vyrobené z liatej



ocele a konštruované na náboje o hmotnosti 400 kg. Na jeden výstrel spotrebovalo viac ako 75 kg strelného prachu. Toto obrovské delo však nebolo skutočnou zbraňou a nikdy nevystrelilo. Slúžilo len ako svojrázny reklamný prejav technických schopností výrobcu. Mimochodom, kanón nápadne pripomína známe delo z románu J.VERNEHO Oceľové mesto.



Obr. 2.52 Originálna skica KRUPPA pre montáž ťažkých zbraní, 1875 [9]



*Obr. 2.53 KRUPPOV obrovský kanón na svetovej výstavy v Paríži [21]*



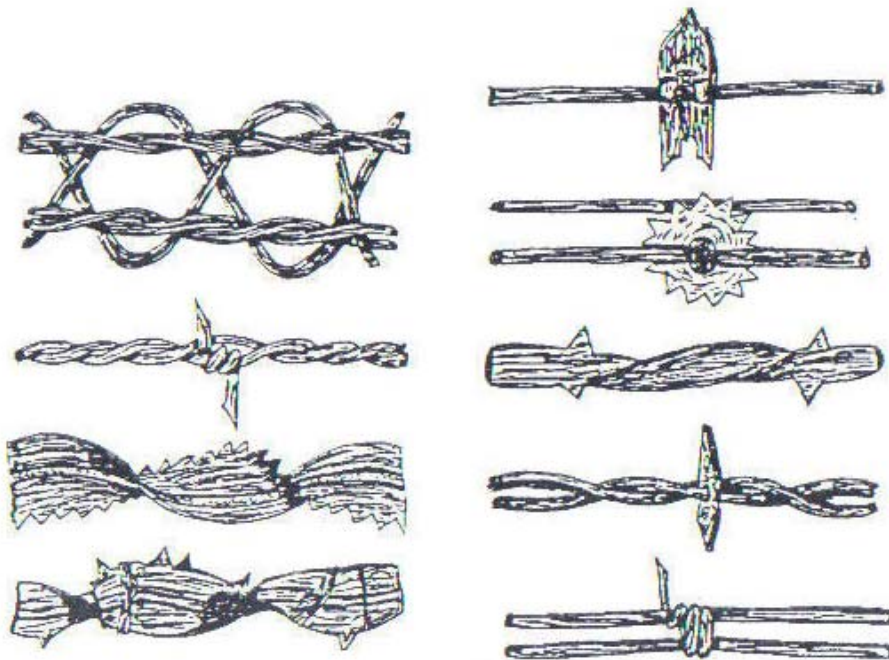
*Obr. 2.54 Medaila, ktorú dostal KRUPP na parížskej výstave*

R. 1885 bolo objavené zváranie elektrickým oblúkom. Objavil ho fyzik N.N.BERNARDOS. Elektrický oblúk medzi elektródou a zváranými telesami má teplotu  $4\,000^{\circ}\text{C}$ . Kvapkajúci kov z prídavnej tyčky zváracieho drôtu tečie do medzery medzi súčiastkami a spája ich natavenými okrajmi. Od zvárania kovovou elektródou sa postupne dospelo ku zváraníu uhlíkovou elektródou a zváraníu v ochrannnej atmosfére.

R. 1868 vynašiel Američan M.KELLY ostnatý drôt. Američan JOSEPH GLIDDEN si ho dal patentovať r. 1873. Začal sa vyrábať v rozličných modifikáciách (obr. 2.56). Vynález ostnatého drôtu spôsobil významnú zmenu v živote farmárov. R. 1876 GLIDDEN

potvrdil kvalitu svojich drôtov tým, že oplotil pasienky pre osobitne mocný hovädzí dobytok. Bolo patentovaných okolo 1 000 rozličných typov.

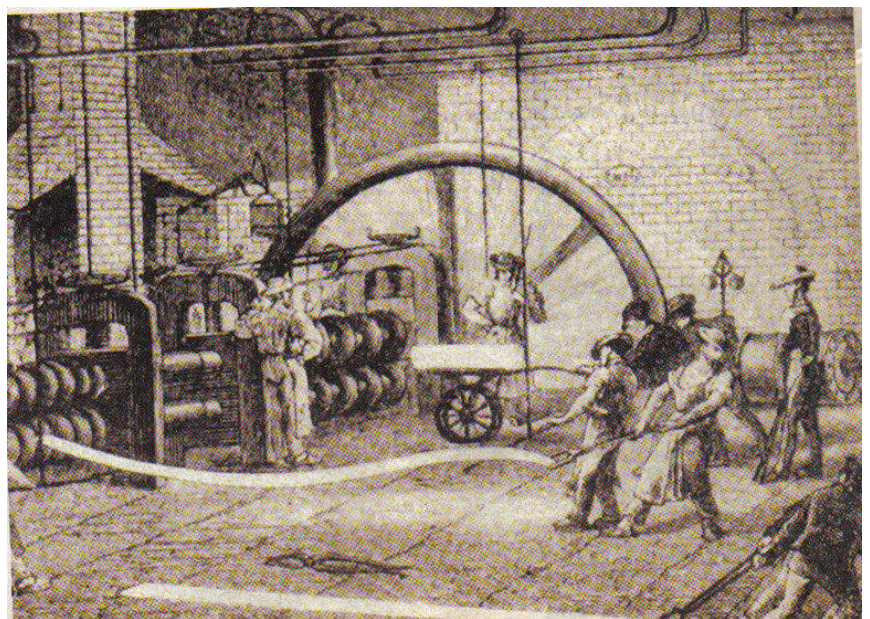
*Obr. 2.55  
Sortiment  
ostnatých  
drôtov,  
používaných  
na  
amerických  
pastvinách  
koncom 19.  
storočia*



R. 1886 Američan CH.H.HALL a Francúz P.I.HÉROZLT nezávisle od seba vyvinulu elektrolytickú metódu priemyselnej výroby hliníka. Bauxit sa zmiešaval s kryolitom. Je to počiatok výroby hliníka vo veľkých množstvách.

R. 1888 firma SCHNEIDER v Creuzote začala vyrábať podľa patentu H. SCHNEIDERA nikloceľové platne, ako výborný materiál na výrobu pancierov. Zloženie: 59 dielov železa, 36 dielov niklu, 3 diely uhlíka a 2 mangánu. Parné tanky s týmito panciermi prvýkrát nasadila britská armáda vo vojne s Búrmami (1899-1902) v Južnej Afrike.

*Obr. 2.56  
Valcovanie železa  
okolo r. 1890. Oproti  
prvému CORTONOVEMU  
zariadeniu z r. 1754 mohla  
táto továreň vyrábať nielen  
plech, ale valcovať aj  
profily*



R. 1893 francúzsky inžinier De PLACE skonštruoval prístroj na nedeštruktívnu skúšku kovových súčiastok. Prístroj zvaný „*schiceopton*“ bol založený na odraze zvukových vln a v telefóne bolo počuť zvuky, identifikujúce vnútornú chybu v materiáli.

R. 1900 prináša objav rýchloreznej ocele, od amerických technikov F.W.TAYLOR a M.WHITE. Legovali oceľ titánom, volfrámom, molybdénom (alebo chrómom) a dosiahli tak lepšie rezné vlastnosti a možnosť použiť vyššie rezné rýchlosti (preto názov „*rýchlorezná oceľ*“). V sérii pokusov s rýchloreznou oceľou neskôr R.A.HEAD zistil, že pri pridávaní volfrámu do ocele od 0,1 do 16,18% sa pevnosť v ťahu nemení, ale podstatne sa zvyšuje pevnosť v tlaku. R. 1906 autori vylepšili svoju oceľ pridaním vanádu.

V rovnakom roku francúzsky metalurg E.FOUCHÉ so spolupracovníkmi zaviedol zváranie autogénom. Postup spočíva v tom, že sa okraje spájaných súčiastok najprv natavia a do taveniny sa roztaví prídavný drôt z rovnakého materiálu. Požadovaná teplota sa dosahuje elektricky (1867), alebo spaľovaním plynu (1885). Pri zváraní ocele sa potrebná teplota dosahuje spaľovaním acetylénu (1862), alebo vodíka s čistým kyslíkom vo zväracom horáku, tzv. Danielovom kohútiku (dve, do seba zapadajúce trubice so spoločnou zápalnou dýzou, v ktorej sa plyny zmiešavajú).

Nemecký inžinier ALFRED WILM vyvinul r. 1906 *duralumínium* (*dural*). Ide o zliatinu hliníka s meďou a horčíkom, ktorá sa dala zakaliť. Bol to materiál, vhodný na výrobu lodí a lietadiel. V I. svetovej vojne postavil H.JUNKERS duralové lietadlo. Zatiaľ čo čistý hliník má pevnosť v ťahu 80, dural až 850 MPa. Tiež má výrazne vyššiu tvrdosť a ťažnosť.

R. 1911 Duisburská medená huta, založená r. 1876 dala do prevádzky kuplovú pec, ktorej úlohou bolo pretaviť odpadové surové železo tak, aby sa mohlo predávať. Znamenalo to dôležitý krok v metalurgii farebných kovov, pretože sa začalo v tejto oblasti druhotné spracovanie surovín.

R. 1914 vyrobili nemeckí metalurgovia *karbidy volframu* (WC a W<sub>2</sub>C). tento materiál tmavej farby bol veľmi tvrdý a mal vysoký bod tavenia, takže sa mohol použiť ako povlak na rezné a tvárniace nástroje ako brusný leštiaci materiál. Karbid volframu, známy ako spekaný karbid, alebo *vidium* (z nemeckého *wie Diamant* – ako diamant) má pri izbovej teplote pevnosť v tlaku viac ako 6 000 MPa (železo má 600 MPa) a vysokú tvrdosť. Pevnosť v ťahu a ohybe je podstatne menšia.

R. 1923 sa v USA zaviedlo motorové palivo, obsahujúce teraetylolovo, ktoré výrazne znižovalo klepanie OTTOVÝCH motorov. Zvonivý zvuk motora je spôsobený tým, že časť zmesi paliva a vzduchu sa sama vznieti a zhorí explozívne. V spaľovacom valci vznikajú tak tlakové špičky, ktoré znižujú výkon motora a poškodzujú ho. Zlúčeniny alkylolova sú však jedovaté a ich používanie v palivách do spaľovacích motorov prispieva k znečisťovaniu životného prostredia.

Vývoj nového spôsobu kontinuálneho odlievania, ktorým sa nahradilo ingotové sa ukončil r. 1950. Roztavený kov sa nalieva do rozdeľovacej nádoby. Otvorom v dne nádoby vyteká kvapalný kov do ďalšej kokily, chladenej vodou, kde postupne tuhne na tyč, sťahovanú párom valcov. Tyč smeruje zvisle, ale v polo stuhnutom stave sa dostáva na horizontálnu linku, kde na profilovej valcovacej trati dostáva požadovaný tvar. Takto možno vyrábať bežné uholníky L a U.

18. júna 1953 Slovenská národná rada a schválila zákon o zriadení *Slovenskej akadémie vied*. Táto vedecký ustanovizeň priamo nadviazala na Slovenskú akadémiu vied a umení, ktorá vznikla r. 1942. Popri prírodných a lekárskejších vedách sa v nej široko rozvinul výskum aj v technických vedách. Medzi prvými dvanástimi akademikmi SAV bol metalurg a zvärač JAROSLAV ČABELKA.



Obr. 2.57 Akademik Čabelka, busta

Postupne vznikli výskumné ústavy akadémie, ako Ústav fyzikálnej metalurgie v Košiciach (dnes Ústav materiálového výskumu), Ústav kovových materiálov Bratislava, ktoré zohrali dôležitú úlohu pri rozvoji metalurgie kovov na Slovensku.

Od r. 1955 sa v priemysle začína používať nový druh veľmi tvrdých látok – oxidová keramika. Sú to zosintrované (*spekané*) oxidy kovov, najčastejšie oxidu hlinitého ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), oxidu zinočnatého ( $\text{ZrO}_2$ ), oxidu berylového ( $\text{BeO}$ ) a oxidu horečnatého ( $\text{MgO}$ ). Sú odolné voči chemickým činidlám, sú oteruvzdorné, vhodné napr. na výrobu rezných nástrojov. Neskôr došlo k vývoju zmesovej keramiky (*kovokeramiky*), kde kovové spojivo zlepšuje vodivosť tepla a húževnatosť nástroja. Práškový východiskový oxid sa zhutňuje pod lisom a speká pri vysokých teplotách.

V rovnakom roku vyrobili v USA prvé syntetické diamanty n priemyselné účely. Diamant je z hľadiska chemického zloženia chemický čistý uhlík. Má v podstate identické zloženie ako sadze, alebo grafit. Aby sa však grafit premenil na diamant, musí sa dostať do extrémnych teplôt a tlakov. Reálne sú hodnoty asi  $3,5 \cdot 10^4$  MPa a 1 200-1 600°C. Grafit sa potom rozpúšťa v roztavených ťažkých kovoch, nikle alebo tantale. Kovy tu vzájomne pôsobia ako katalyzátory. V týchto podmienkach sa za cca 1 min vytvoria syntetické diamanty, veľké od 0,01-1,2 mm. Majú polykrystalickú štruktúru, preto sa hodia len na brúsenie a leštenie. Novšie technológie umožňujú už vyrábať podstatne väčšie diamanty.

R. 1960 začína výroba železa a ocele v Košiciach. Boli vyrobené prvé rúry vo Východoslovenských Železiarňach.

V USA sa podarilo r. 1970 vyrobiť novú zliatinu nióbu, hliníka a germánia, ktorá má mimoriadne veľkú magnetickú rezistenciu voči silným magnetickým poliám. Vznikla zliatina na supravodiče, schopná viesť aj v silných magnetických poliach veľké elektrické prúdy.

## 2.3 Čo ďalej s kovmi?

Za posledných 10-15 rokov si ľudstvo zvyklo na skutočnosť, že sa začínajú presadzovať nové kovové štruktúry, ako kovové prášky a povlaky. V mikroelektronike sa v malých množstvách vyrábajú čisté kovy a zliatiny so špeciálnymi vlastnosťami. Podarilo sa riadenou kryštalizáciou vyrobiť monokryštály viacerých kovov, ktoré majú vyššiu pevnosť, pretože nemajú hranice zŕn. Majú perspektívu napr. v leteckom priemysle na lopatky plynových turbín.

Perspektívu majú kompozitné materiály na báze kovových aj nekovových vlákien.

Spomedzi kovov si nezadržateľne razí cestu titán, ako kov s malou hmotnosťou a vysokou pevnosťou (najmä jeho zliatiny) a odolnosť voči teplotám a agresívnym prostrediam.

Z druhej strany konkurujú kovom nekovy, najmä keramika a plasty. R. 1983 celosvetová spotreba syntetických materiálov v objemovom vyjadrení prvý krát predbehla spotrebu železa. Ak ešte r. 1983 sa spotreba železa rovnala spotrebe plastov (125 mil.m<sup>3</sup>), spotreba syntetických materiálov sa v súčasnosti odhaduje na 1 480 mil.m<sup>3</sup>. Prevaha syntetických materiálov si žiada riešiť ešte viacero problémov. Treba riešiť ich pevnosť v ťahu a ohybe, malú odolnosť voči vysokým teplotám, problémy zmeny vlastností s časom (starnutie), doplniť sortiment o nové druhy a požadovanými vlastnosťami. Možnosti spojovania plastov s inými materiálmi sú obmedzené. Vyvíjajú sa nové stroje na výrobu plastov a ich spracovanie. V rámci ochrany životného prostredia sa musia naliehavo hľadať nové metódy odstraňovania a opätovného spracovania odpadov zo syntetických materiálov. Tieto riešenia im vytvoria novú perspektívu. Budú o väčšej miere nahrádzať klasické materiály. Napr. z obalových materiálov vytlačia papier a sklo. Uplatnia sa v kozmickej technike a pri stavbe lietadiel, alebo v raketovej technike a pri stavbe lietadiel, alebo v raketovej technike, ako aj v medicíne, na zhotovenie umelých častí kostry, údov, v protektike ako významné materiály, ušité na mieru. Spotreba syntetických materiálov by mala vzrásť v poľnohospodárstve, napr. pri úprave pôdy v rozličných lokalitách. Penové granuláty ktoré by obsahovali živiny a sadivo. Veľké možnosti sú v automobilizme a ďalších oblastiach. To však neznamená koniec kovov.

## 3 HISTÓRIA A VÝVOJ OBRÁBANIA MATERIÁLOV

Celá história ľudstva je sprevádzaná výrobou úžitkových predmetov, ich výmenou a obchodom. Základnou technológiou ich výroby bolo a je mechanické opracovanie surovín a materiálov na hotové výrobky. Jeho história nám mnoho napovedá aj o vývoji myslenia a konania v tejto oblasti v jednotlivých historických etapách. Mnohé s týchto aktivít sa udiali v strednej Európe a na území dnešného Slovenska. Nemožno obísť skutočnosť, že riešenia vytvorili známe aj neznáme osobnosti, ktoré silou ľudskej myšlienky posúvali poznanie v dobe, často bez materiálnych podmienok, alebo technických zariadení. V tom je sila človeka, treba teda zadosť učiť jeho činom.

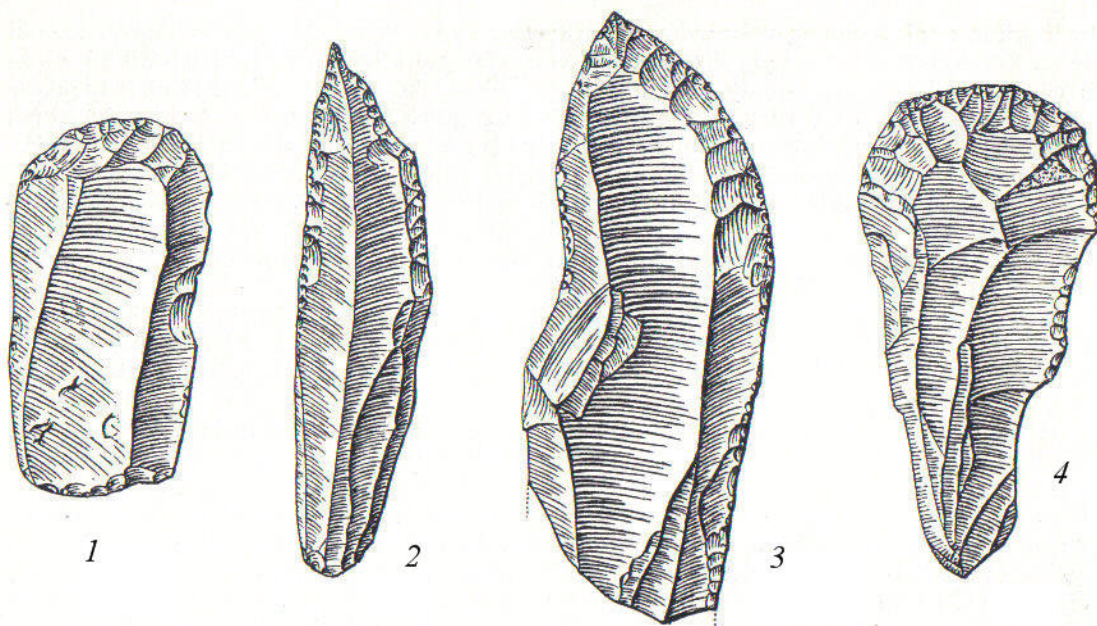
### 3.1 Niekde v staroveku

Niekedy v *pleistocene* (2,5 milióna rokov pred n. l.) človek prestal jednoducho zahadzovať použité predmety ako nástroje a začal ich upravovať a vyrábať. Technika a ľudská kultúra nevznikali náhodným vyrobením nástroja, ale až zámerným opracovaním materiálu, rozvíjajúcou sa výrobou nástrojov, podľa určitých, sociálne nadobudnutých zvyklostí. Vyžadovalo si to dobrú znalosť suroviny, zachovanie skúseností z minulosti a predstavu vyrábaného predmetu a jej zachovanie do budúcnosti.

Najstaršie kamenné nástroje, zámerne vyrobené podľa vžitých vzorov s našli na mnohých starých osídleniach.

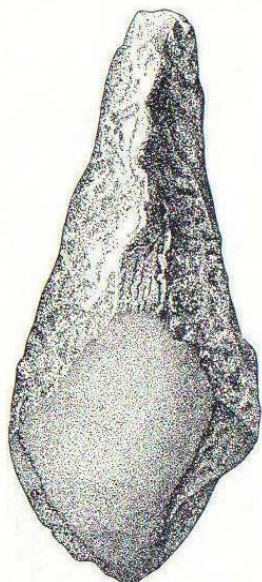
Prvou výrobnou metódou, ktorú človek použil na úpravu a výrobu jednoduchého domáceho a loveckého náradia z dreva, kostí, rohov a kameňa bolo sekanie, doplnené po čase brúsením. Nástrojom na sekanie bol tvrdý kameň, na brúsenie kusu lávového kameňa, kremeň a iné horniny.

Asi 600-150 tis. rokov pred n. l. začína výroba nástrojov štiepaním z *pazúrka*, *kremeňa* a *rohatca*. Výroba oštepov sa rozšírila v strednom paleolite (pojmem zaviedol antropológ J.LUBBOCK, z gréckeho *palalos*-starý a *lithos* – kameň - teda *staršia doba kamenná* (100 – 400 tis. rokov pred n. l.). Nálezy týchto predmetov sa našli aj na našom území.



5

Obr. 3.1 Nálezy kamenných nástrojov zo staršej doby kamennej, nájdené na území Slovenska. 1 - čepeľové škrabadlo z rohovca, 2 - vrták z pazúrka, 3 - silný oblúkový hrot z rohovce, 4 - kombinácia kruhového škrabadla s klinovým stredným rydlom, 5 - šidlo z kosti [15]

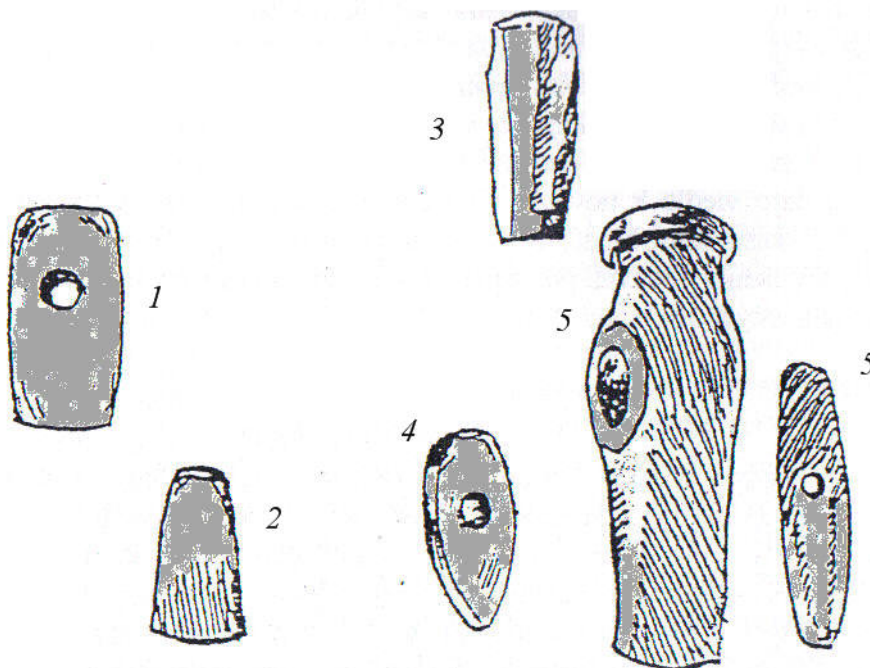


Obr. 3.2 Pästný klin, stredný paleolit



V období 40-10 tis. pred n. l. sa objavujú prvé kamenné čepele, odrazené úderníkom od jadra a opracované retušovacími technikami (odrážanie nerovných hran a plôšiek). Z kameňa sa vyrábali sekery, dláta, páky, vrtáky, rydlá.

V období 9-7 tis. Pred n. l. v *mezolite* (*mezos-stredný*), teda strednej dobe kamennej sa používajú nástroje, zložené z niekoľkých častí, najmä z mikrolytických čepeliek, vyrobených z pazúrika, obsidiánu (látka, podobná čiernemu sklu) a iných materiálov, vkladných do drevených a kostených rukovätí. Pazúrikové nože, pílk, dláta a hroty sa do rukovätí zatmeľovali aj živicom .



Obr. 3.3 Predmety strednej a mladšej doby kamennej na Slovensku, 1-kamenná motyka, 2-plochá kamenná sekerka, 3-kamenný nôž, 4,5-kamenné sekeromlaty

Približne v r. 5 000-2 500 pred n. l. už bol známy kamenný pilník (obr.3.4), tvarom podobný dnešnému pilníku.



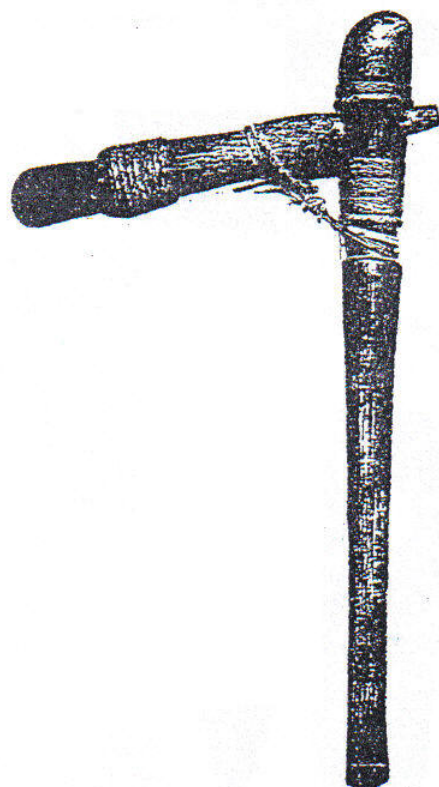
Obr. 3.4 Kamenný pilník

Kamenné nástroje sa začali vyrábať novým spôsobom, rezaním, brúsením a leštením kamennej suroviny. Táto technika charakterizuje obdobie neolitu (mladšej doby

kamennej). Vyrábajú sa rozličné nástroje na opracovanie dreva, najmä ťažké sekery, ktoré sa nasadzujú na drevené poriská. Nástroje sa režu kamennými píľami bez zubov, pomocou piesku. Brúšia sa kamennými kotúčmi. Vrtá sa dutým vrtákom (dutá kosť, báza), a posypáva sa pieskom. Vrták sa najprv krútil medzi dlaňami, neskôr pomocou luku. Postupne sa dosahovala majstrovská kvalita. Výsledky veľmi nezaostávali za výsledkami, ktoré sa dosahujú dnešnými nástrojmi z kovu. Kamenný pazúrik sa lepil k rukoväti borovicovou živicom, zmiešanou s včelím voskom.



*Obr.  
3.5 Sekerka  
z Novej  
Guiney*

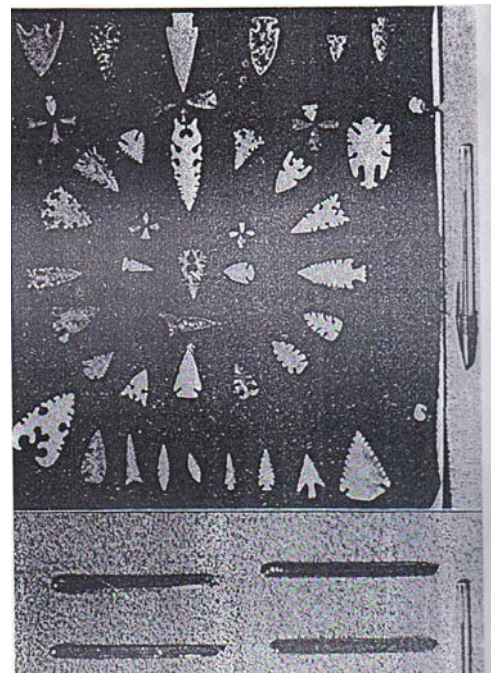


*Obr. 3.6 Kamenný nôž a hrot z pazúrika (paleolit).  
Dole veľký kus pazúrika s viditeľnými  
trhlinami (štiepne plochy)*



Spôsobom výroby a používania kamenných nástrojov sa zaoberá experimentálna archeológia – nový vedný odbor, ktorá vznikol len pred niekoľkými desaťročiami. Medzi jeho významných predstaviteľov patrí leningradský vedec S.A.SEMJONOV, ktorý sa venoval najmä štúdiu starých kamenných techník. Z amerických vedcov možno spomenúť profesora CRABTEE. V týchto experimentoch ide okrem iného o zhotovenie kópií funkčných kamenných nástrojov technikou paleolitických kamenárov. Ukazuje sa, že kamenné nástroje sú v mnohých prípadoch ostrejšie ako kovové. Môžu sa preto používať ako chirurgické nástroje. V USA dokonca vznikla spoločnosť *Aztecnic* (Aztecnicisa Washington), ktorá vyrába obsidianové skalpely na rozličné operácie. Ich výroba je klasická ako v dobe kamennej. Podobné obsidiánové a pazúrikové nástroje používali Mayovia a Aztékovia, pravdepodobne pri liečebných chirurgických zákrokoch a pri rituálnych úkonoch na ľudských obetiach.

Dokázalo sa, že hrana kamenných čepelí má len 10 molekúl, preto je celkom prirodzené, že je mnohonásobne ostrejšia ako oceľové skalpely.. Dnešné kamenné nástroje sú dokonalou syntézou technológie doby kamennej a požiadaviek modernej chirurgie. Kamenné nástroje neprijímajú žiadne látky, nekorodujú a nie sú magnetické.

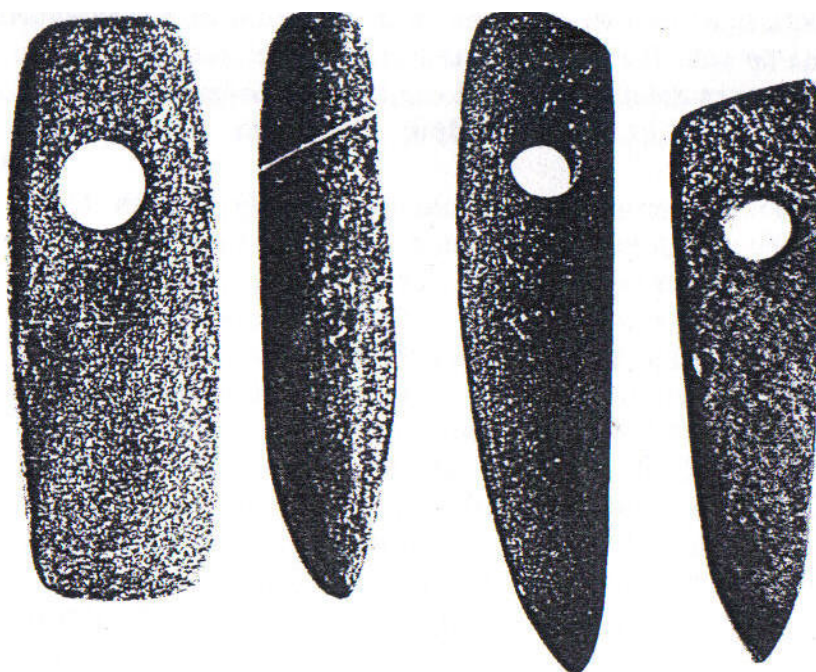


*Obr. 3.7 Repliky kamenných nástrojov a ozdôb amerických indiánov. Vyrobil ich Don CRABTREE z pazúrika, obsidiánu, opálu, achátu, jaspitu a kryštálu. Vpravo na porovnie veľkosti – prepisovacia tužka*

Prišlo sa aj na techniku výroby paleolitických dlhých tenkých hrotov „*vavrínových listov*“. Pazúrik, rohovec, alebo obsidián je potrebné pred začiatkom tlakového štiepania zohriať. Potom rukou, alebo paličkou sa vyvíja tlak na kostennú tyčinku, ktorou sa prenáša na predpokladané miesto pazúrikového jadra, z ktorého odlietajú štiepky, alebo čepele.

Boli vykonané početné experimenty stínania stromov neolitickými sekerami (originálmi aj replikami). Borovica s priemerom kmeňa 130 mm bola napr. zoťatá za 45 s. Jednou neolitickou sekerou bolo zoťatých 200 stromov. Pritom ju nebolo potrebné ostríť, pretože sekaním sa ostrila sama.

*Obr. 3.8  
Leštica zo  
zelenej bridlice  
z obdobia  
neolitu (zpred  
6 000 r.) na  
dlabanie dreva,  
Je dlhá 190  
mm a váži 650  
g. Vpravo  
sekeromlat zo  
zelenej bridlice  
na stínanie  
stromov  
z obdobia  
neolitu. Je dlhý  
260 mm, váži  
1 020 g*



Rovnako ako kameň zužitkovali naši predkovia mamutie a slonie kly. Už mlado paleolitickí lovci dokázali zmäkčiť mamutí kel. R. 1953 poľský archeológ K.ŽUROVSKI o tom uverejnil svoju hypotézu, ktorá sa zrodila nasledovne. Pridal do tatárskeho bifteku horčicu. Raz zabudol v pohári s horčicou lyžičku zo slonoviny. Keď ju chcel po čase vytiahnuť, ohla sa, ako by bola z gumy. Zmäkčovanie teda spôsobila kyselina, obsiahnutá v horčici. Od kolegov archeológov sa dozvedel, že často nachádzajú rastliny, obsahujúce kyselinu šťavelovú, dokonca objavili nálezisko parohov v jame, ktorá mohla byť nádržou na ich zmäkčovanie. Skúsil ponoriť do vody s postláčanými listami kusy slonoviny a kosti. Po šiestich týždňoch ich mohol opracovať ako drevo a na piaty deň po vytiahnutí stvrdli. Tieto pokusy vedú k logickým domnienkam o používaní týchto techník pred existenciou kovových nástrojov aj pri dlabaní do kamenných kvádrov.

V 6. storočí pred n. l. sa vyrábajú leštené obsidiánové platne, ktoré slúžia ako zrkadlá. Z tohto obdobia je známa už metalurgia medi a v 3. tisícročí pred n. l. sa meď nahrádza bronzom. Táto zliatina medi a cínu umožnila vyrábať omnoho tvrdšie a trvanlivejšie nástroje. V strednej Európe sa postupne začína vyrábať od r. 2 000 pred n. l.

Na začiatku 3. tisícročia vrcholí technický rozvoj raných civilizácií. V remeselníckej výrobe sa dosahujú pozoruhodné výkony. Dodnes nás obklopujú predmety, veci a nástroje, ktoré vtedy dostali svoj tradičný tvar, ako napr. sekery, dláta, nože, píly. Niektoré z nich sa objavili v dokonalej podobe už skôr.

Z bronzu sa vyrábala plech a drôt. V Indii r. 2 700 pred n. l. bola známa vítačka, pracujúca na princípe luku, alebo husľového sláka. Pri jej vratnom pohybe vznikla rýchla rotácia. Je pravdepodobné, že technika vŕtania lukovým nástrojom vznikla z techniky rozkladania ohňa, keď náš predok objavil, že súčasne so vznietením dreva sa v ňom

vytvára otvor. Prišiel na to, že čím väčší je rozdiel tvrdosti materiálu a nástroja, tým je proces vrtania intenzívnejší. Ak použil ako vrták dutú kosť, vrtal medzikružie (*trepanácia*), čo išlo ľahšie ako vrtanie do plného materiálu.



*Obr.3.9 Rozkladanie ohňa rotáciou drevenej tyčky v práchnivom dreve [27]*

Z doby bronzovej sa zachovalo veľa rotačných predmetov, ktoré svedčia o tom, že sa sústružili na špeciálnych sústruhoch. Predmet sa zrejme otáčal pomocou lukovej tetivy, ako pri lukovom vrtáku. Sústruh sa vtedy stal najdôležitejším obrábacím strojom. Niektorí autori pripúšťajú jeho existenciu až po r. 1 000 pred n. l. s tým, že predtým sa výrobky opracovávali len dokonalou rezbárskou technikou.

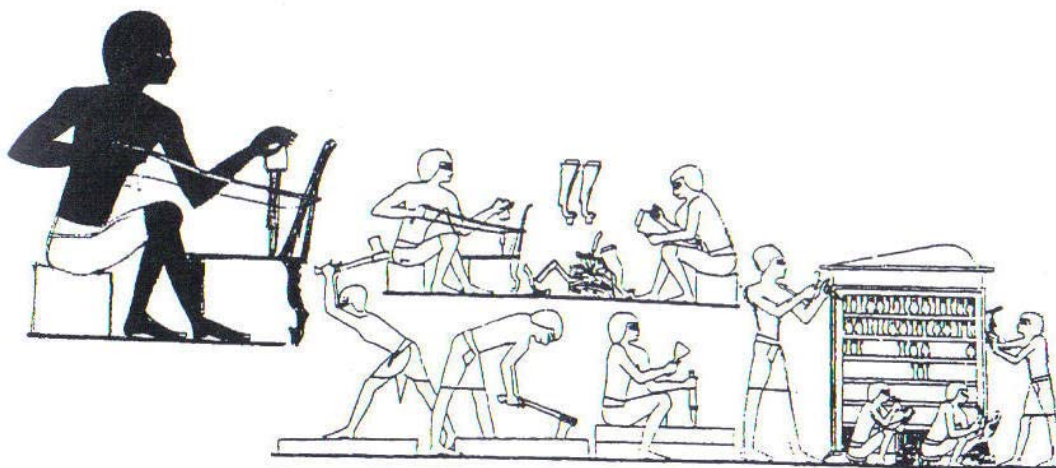
Sú priame dôkazy o tom, že lukové vrtáčky boli známe už v stredoveku. Sú znázornené na reliéfoch staroegyptských chrámov. Ich zvislá os ukazuje, že ďalším vzorom na ich vytvorenie mohol byť hrnčiarsky kruh.



*Obr. 3.10 Klasický hrnčiarsky kruh, roztáčaný nohou (Múzeum ľudovej architektúry Bardejovské Kúpele)*



Obr. 3.11 Egyptská ručná vrtačka

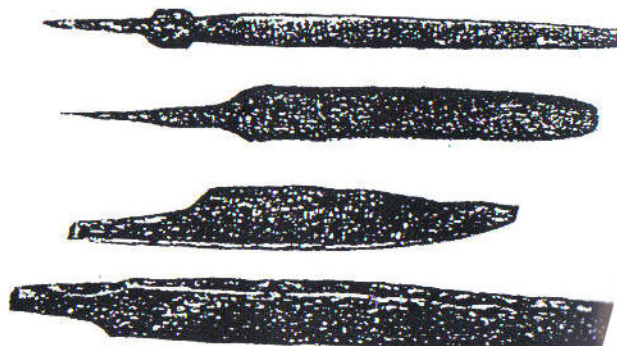


Obr. 3.12 Výsek reliéfu chrámu z Téb z r. 1440 pred n. l., znázorňuje práce na výrobe „nábytku“ do hrobky faraóna Rekmireho (zväčšený detail – práca s vrtačkou) [9]

R. 1500 pred n. l. sa začína výroba železa redukciou železných rúd v nízkych peciach. Ako palivo sa používalo drevené uhlie. Uvádza sa, že železo z rúd tavili už predtým Číňania. Železo sa rozšírilo z prednej Ázie do južnej Itálie a strednej Európy. Z vykopávok a starých letopisov sa dozvedáme, že napr. pilníky poznali už Babylončania v dobe 5 000 rokov pred n. l. Z vykopávok na Kréte pochádza najstarší nález medeného pilníka (1 500 pred n. l.). O pilníku je zmienka už v hebrejskej knihe SAMUELOVEJ z 10. stor. pred n. l.

Objav kovov, spočiatku medi a bronzu, neskôr železa podstatne zmenil tvar nástrojov používaných na obrábanie a umožnil podstatne zvýšiť ich výkon a dosiahnuť vyššiu kvalitu obrobenej plochy. Prvé kovové pilníky boli vyhotovené z medeného, alebo bronzového plechu. Neskôr dostali doteraz používaný hranolovitý tvar. Podobne vyzerali aj železné pilníky (obr. 3.13).

*Obr. 3.13 Prvé železné pilníky*

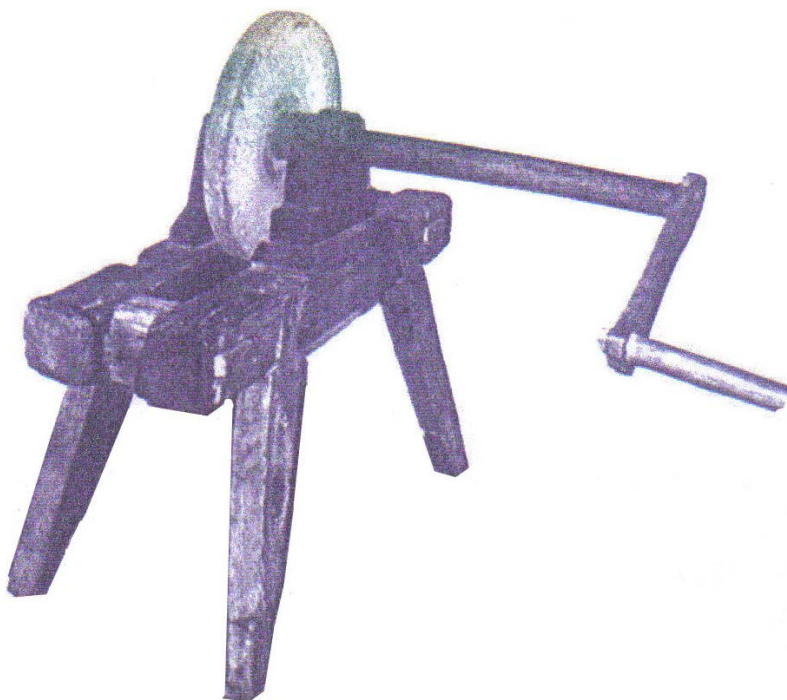


Podobne tomu bolo aj u metód vŕtania, kde kovový vrták znamenal zásadné zvýšenie výkonu vŕtania. Prvé tvary kovových vrtákov (kopijovitý a lyžicový) sa udržali bez podstatných zmien až do 18. storočia

Tesári v 5. storočí pred n.l. používali pílu so železným listom.

Znalosti obrábania sa rozšírili z prednej Ázie a severnej Afriky do južnej Európy, Grécka, Rímskej ríše a stade do strednej a severnej Európy. Európske národy sa rýchlo naučili používať tieto výrobné metódy, pozdvihli neskôr v stredoveku a novoveku remeselnícke spracovanie kovov a iných materiálov na vysokú úroveň, ale po veľa storočí ustrnuli na prevzatých metódach práce a tvarov nástrojov. Sami nič pre ich zdokonalenie neurobili. Metódy obrábania ostali obmedzené na brúsenie kotúčmi z pieskovca, pilovanie, ručné vŕtanie a jednoduché sústruženie na šliapacom sústruhu.

*Obr. 3.13 Ručná brúska s kotúčom z pieskovca*



*Obr. 3.14 Brúsenie na lukovom sústruhu (dobová rytina) a autorov pokus o sústruženie drevenej pišťalky (tentoraz už s opierkou)*

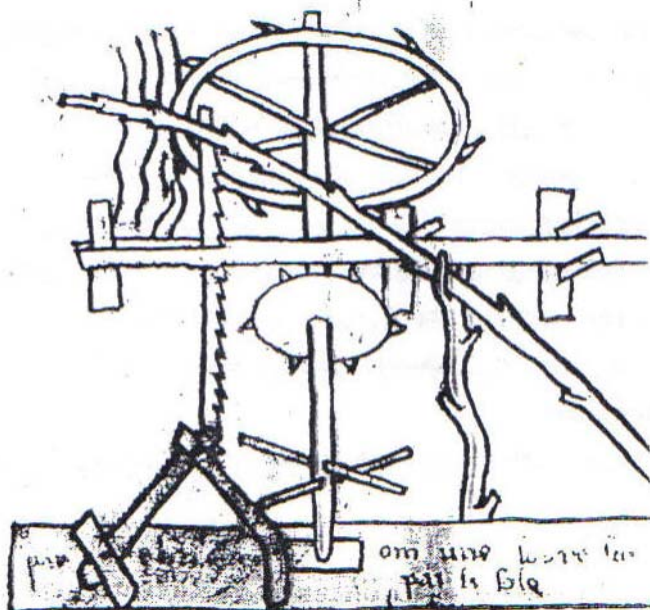


### 3.2 Nový letopočet

V celom prvom tisícročí našej éry čínska technika značne prevyšovala európsku. Napriek tomu vznikli mnohé technologické postupy aj v Európe.

Najstarší historický doklad o vodnej píle pochádza z roku 370 pred n. l. Rímsky básnik AUSONIUS, prefekt v Gálii ospevuje vo svojej básni Mozella krásu rieky tohto mena a jej prítokov Kyll a Ruwer v nemeckom Trierskom kraji. O rieke Ruver píše, že krúti kolesá na mletie obilia a ťahá píly na leštenie a rezanie mramoru. Podľa úrovne vtedajších technických prostriedkov je ťažko si takúto pílu predstaviť a to o to menej, že nasledujúci najstarší doklad o píle pochádza až z obdobia o 800 rokov neskoršie. Je to vyobrazenie píly na vodný pohon v stavebno-hutníckej knihe francúzskeho cisterciánskeho architekta VILLARDA de HONNECOURT, približne z roku 1235. Nevie sa, či ide o zobrazenie skutočnej píly, alebo len vynález, sotva však VILLARDOV.





Obr. 3.15 Vodná píla podľa vyobrazenia VILLARDA de HONNECOURT z r. 1235. Text pod kresbou . Par chu om une soore soir par lisle (Takto môže píla sama píliť) [12]

Z kresby sú zrejme tieto základné časti. Rotačný pohyb hnacieho hriadeľa sa prenáša na priamočiary pohyb pílového listu pomocou krížového hriadeľa. Pohyb pílového listu nahor sa realizuje pomocou drevenej pružiny. Posuv klády do rezu je ručný. Do rezu sa postupne vtlačá drevený klin, aby nedošlo k zaseknutiu pílového listu. Aj keď je niekoľko sporných miest, týkajúcich sa využitia píly, jej podstata je historicky významná.

Vodné píly vznikali na Slovensku veľmi skoro. Najstarší písomný doklad pochádza z r. 1428 z Bardejova. Rezané a štiepané dosky v Bardejove sa spomínajú už od r. 1419. Ďalšia písomne doložená píla je z Kremnice z r. 1431. Nasledujúca vznikla r. 1456 v obci Fyric (terajšia Rimavská Píla) pri Tisovci. R. 1460 začína fungovať píla v Srabskom (okres Prešov) a v priebehu 70 rokov sa rozšírili na celé územie Slovenska.

Unikátnym dielom je zariadenie na vrtanie drevených rúr v Bardejove. Podľa nariadenia kráľa Žigmunda . 1423 sa začalo zdokonaľovať mestské opevnenie Bardejova a ao jeho súčasť sa vytvorili vodné priekopy (obr. 3.16).

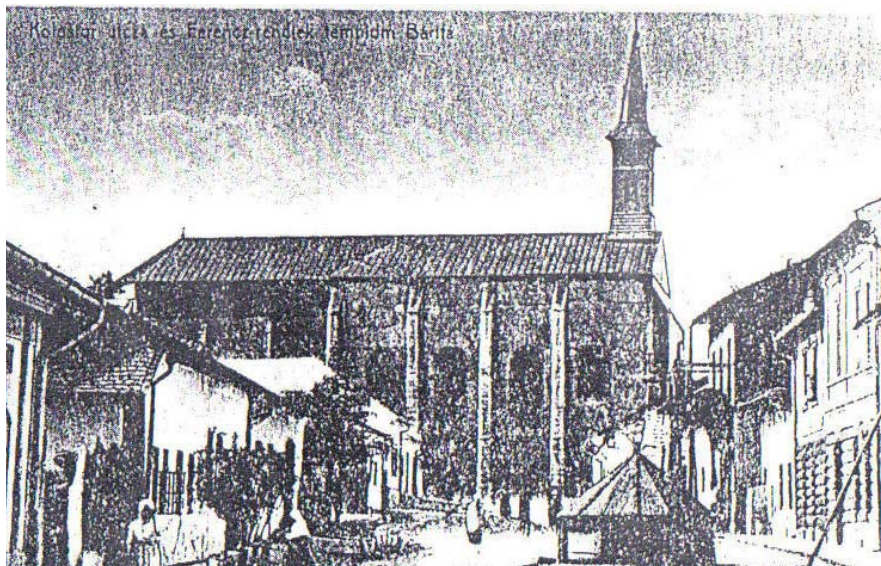


Obr. 3.16 Súčasné stopy po vodných priekopách v Bardejove

Prívodové vodné potrubie bolo ukončené r. 1426. Vodné práce podľa zápisov vykonával rúnik Mikuláš z Krakova.. Stará bardejovský vodovod mal dĺžku 6006 m. Ak k tomu prirátame asi 4 000 m potrubia v Bardejovských Kúpeľoch, dostaneme 10 km. Mestské priekopy boli r. 1430 už zarybnené, pretože v apríli 1432 sa v nich už lovili ryby. Treba uviesť, že potrubie v meste slúžilo na prívod pitnej vody so sústavy studní a dvoma cisternami, vybudovanými r. 1432 a 1436.

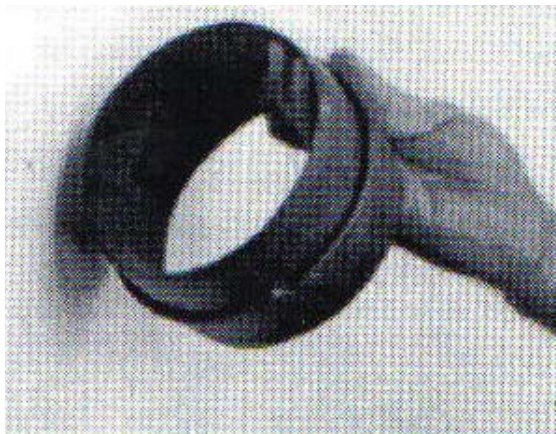
Od výstavby vodovodu v 15. storočí pritekalo do mesta rovnaké množstvo vody celých 500 rokov, zatiaľ čo počet obyvateľov rástol. Napr. v 17. storočí bývalo v meste 3 550 osôb. Pri dennom prietoku 515 400 litrov vody pripadalo na jedného obyvateľa teoreticky 146 litrov vody za 25 hod. R. 1910 to už bolo len 75 litrov a r. 1930 len 67 litrov (potreba na tú dobu bola asi 80 litrov). Nedostatok pitnej vody sa prejavil už r. 1930. Až r. 1953 sa pramene zachytili do betónových šachiet s liatinovými rúrami, pričom hlavné potrubie bolo naďalej drevené. R. 1956 zabudovali 5 700 m kovového potrubia. V rokoch 1962-1966 vybuodovali nový výtlačný vodovod. V máji 1963 zanikol po 540 rokoch posledný úsek bardejovského dreveného vodovodu.

*Obr. 3.17 Rúrová studňa s výtokom na bývalej Kláštornej ulici (pohľadnica z r. 1916) [11]*



Veľkým historickým paradoxom bardejovského vodovodu je jeho vyše 500 ročné trvanie. Bol to posledný gravitačný vodovod s dreveným potrubím na európskom kontinente, ktorá pretrval do našej súčasnosti. Treba poznamenať, že do dreveného potrubia sa neusadzovali žiadne minerály, ako je tomu dnes u kovového potrubia, najmä v Bardejovských Kúpeľoch.

Rúry boli zhotovené z rovných surových borovicových kmeňov, hrubých asi 300 mm. Kmene napíli na dĺžku 4 m. Do zeme sa ukladali s kôrou. Takto vydržali vo vlhkom prostredí 20-30 rokov. Spájali sa železnými, obojstranne zaostrenými kovovými prstencami (*buksi* – z nemeckého Buchsen), priemeru 120 mm, dĺžky 60 mm, hrúbky 3 mm (obr. 3.18)



*Obr. 3.18 Originálny kovový prstenec na vodotesné spájanie rúr (foto autor Múzeum ľudovej architektúry Bardejovské Kúpele), a upevnenie vyrobeného v kmeni*



Uprostred mali výstupok výšky 5 mm, ktorá bránil presunutiu puzdra viac do niektorej rúry. Puzdro sa do rúry narazilo drevenou kyjanicou.

Zaujímavý je spôsob výmen poškodených rúr a riešenie výtokov do studní v meste. Poškodená rúra bola odkopaná a vybratá z priekopy. Nová rúra sa v polovici prepílila a jej konce sa opreli o puzdra susedných rúr. Medzi rozpílené časti v šikmej polohe vložili ďalšiu spojku a pomocou kladív a nôh sa obe časti vtlačili do priekopy. Zvislý prívod sa realizoval zahĺbením v hlavnej, zaslepenej rúre, krátkou zvislou rúrou v ktorej bol kohút. Potrubie pokračovalo krátkou vodorovnou časťou a opätovným zvislým odvodom do pokračujúceho potrubia (obr. 3.19).



*Obr. 3. 19 Krátka rúra s bočným osadením na nasadenie zvislej rúry*

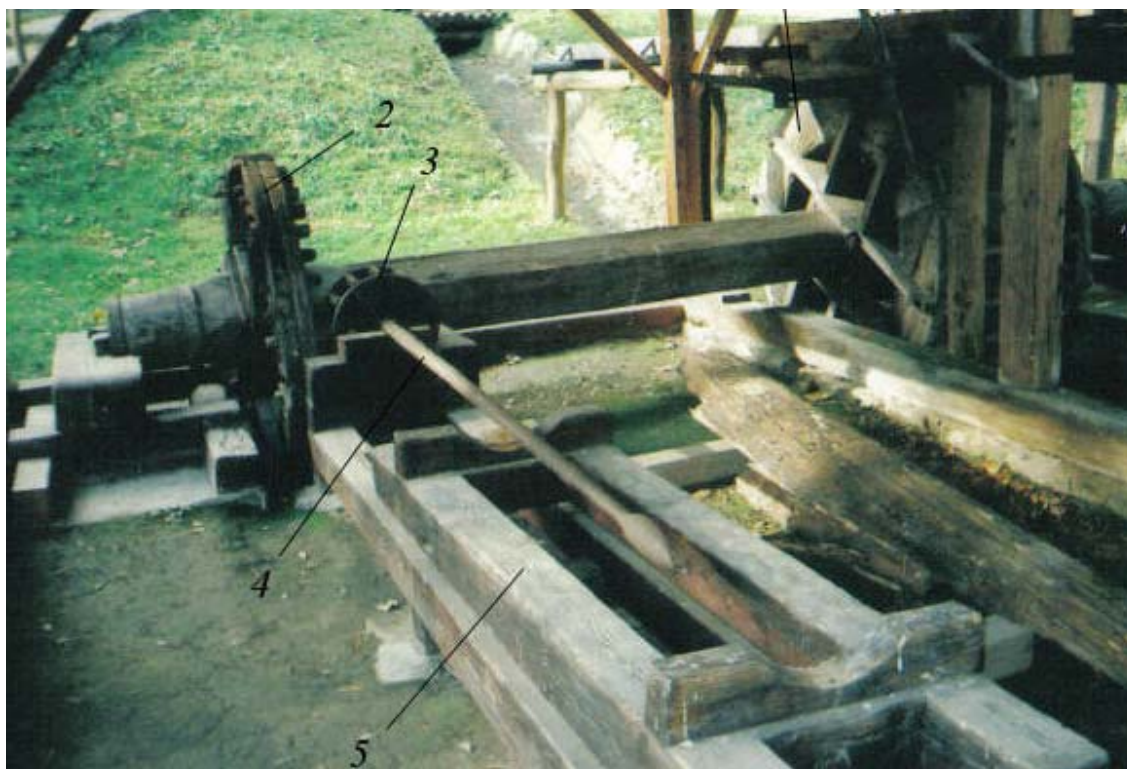
Na prvú inštaláciu vodovodu bolo potrebných 1 250 kusov 30 ročných borovíc. Prívodová vetva od prameňov do prvého vývodu mala dĺžku 2 454 m. Celkový spád bol 135 m.

Z dôvodu každoročnej výmeny poškodených rúr bolo potrebné v zimnom období navrátať 100-150 nových rúr.



*Obr. 3.20 Posledná fotografia drevených rúr, pripravených na výmenu z r. 1952 [11]*

Zariadenie na vŕtanie borovicových kmeňov bolo v rekonštrukcii postavené a je k dispozícii verejnosti v Múzeu ľudovej architektúry v Bardejovských Kúpeľoch (obr. 3.21).

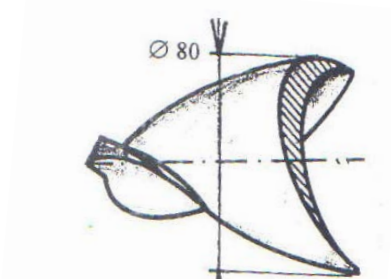


*Obr. 3.21 Zariadenie na vrtanie rúr (Múzeum ľudovej architektúry Bardejovské Kúpele) a jeho autorov zmenšený model (dole). 1-vodné koleso, 2-ozubená koleso, 3-pastorok (prevod 1:3), 4-vrták, 5-sane*

Je to dômyselné zariadenie, ktoré pozostáva z dreveného vodného kolesa, na spoločnom hriadeli s ozubeným kolesom, ktorá poháňa pastorok s prevodom 1:3. V jeho osi je vrták. Vŕtaný kmeň je uložený na saniach a poistený proti otáčaniu. Pri práci stačilo vtlačiť kmeň proti vrtáku, až do predvrtania začiatku diery. Potom sa kmeň posúval ťahom vrtáka. Kmeň pochopiteľne nebol presne vedený a vrták sa vedie cestou menšieho odporu, teda stredným letovým kruhom (jadrom kmeňa). Na obr. 3.20 vidno, že otvory nie sú v strede kmeňa. Priemer spájajúceho prstenca je preto volený tak, aby spoľahlivo spojil rúry aj pri excentrickom otvore. Vrták má dĺžku 2 680 mm, preto sa vrtalo postupne z oboch strán.. Dokončovací nástroj tvaru korýtka mal dĺžku 3 730 mm a ovládal sa ručne postupným kývavým pohybom. Na konci nástroja je „nos“ na vyťahovanie triesok (podobný nástroj sa dnes používa pri výrobe fujár).

Pre zaujímavosť bolo na zachovanej muzeálnej a nepoužívanej rúre uskutočnené meranie kvality povrchu. Bola nameraná hodnota  $Ra$  iba  $6 \mu\text{m}$  ( $Rz \approx 20 \mu\text{m}$ ).

Mimoriadne zaujímavý je tvar a geometria vrtákov, Na skrutkovitom vrtáku do dreva je vykovaná ďalšia skrutkovica, čím vznikol dvoj klinový vrták (obr. 3.21). (Doteraz sa na vŕtanie dreva používajú vrtáky s jednou skrutkovicou). Ak si uvedomíme dobu v ktorej tieto vrtáky vznikli a skutočnosť, že doklad o objavení dvoj klinového vrtáka siaha do r. 1 770 (patent Angličana P.COOKE), možno Bardejovu pripísať ďalšiu významnú technickú prioritu.



*Obr. 3. 22 Tvar vrtáka na vŕtanie otvorov priemeru 80 mm do surových borovicových kmeňov*



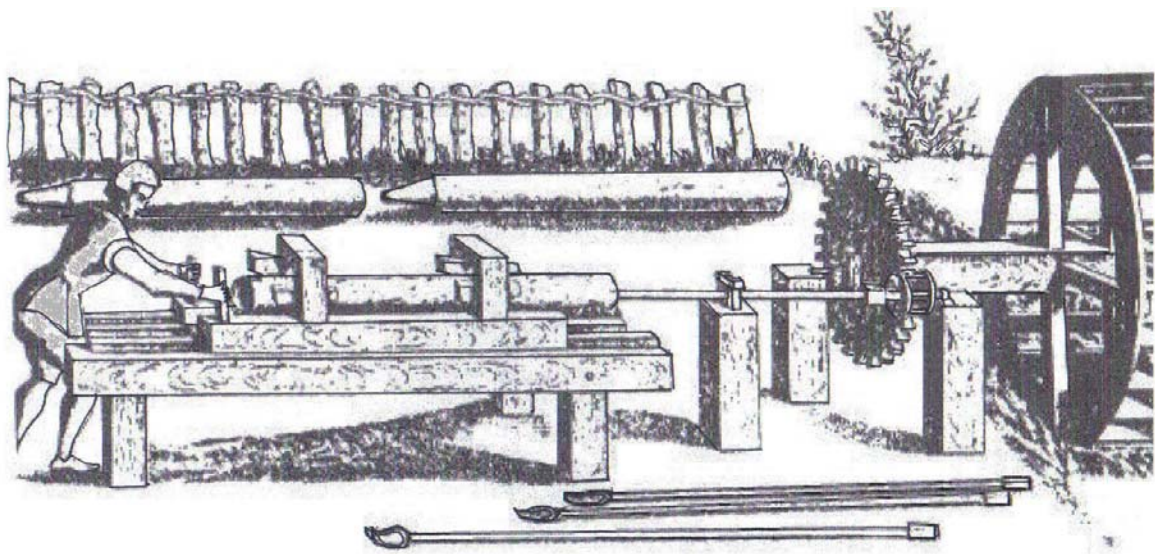
*Obr. 3.23 Autor s dokončovacím nástrojom.*

Pri porovnaní historických dokumentov možno konštatovať nasledovné: V knihe G.AGRICOLU z r. 1556 je na výstižnej rytine zobrazená technológia ručného vrtania kmeňov, určených na čerpanie vody z bane (obr. 3.24). Názorne vidno tvar použitých nástrojov a spôsob spájania rúr, vytvorením zásekov tvaru V (vľavo dole).

*Obr. 3.24 Ručné vrtanie rúr v Taliansku r. 1556. na čerpanie vody z podzemia. A – žumpa, B – rúry, C – povala, D – klát, E – otvory v kláte, F – záklopka, G – výtok, H – ťahadlo, I – rukoväť ťahadla, K – piestový kužel, L – piest s kruhovými otvormi, M – piest s oválnymi otvormi, N – záklopka, O – ručné vrtanie upevneného kmeňa, P - tvar skrutkovitého vrtáka, Q – vrtacie korýtko [1]*



Prvé publikované zobrazenie vrtania kmeňov vodnou silou sa objavuje až r. 1615 v diele: “*Les raisons de forces mouvantes*“ od francúzskeho inžiniera SALOMON de CAUS (obr. 3.25). Je zrejmý princíp vrtania pri použití kola na spodnú vodu. Odlišný je spôsob ukončenia a spájania rúr, ktorý spočíva vo vytvorení vonkajšieho a vnútorného kužeľa.



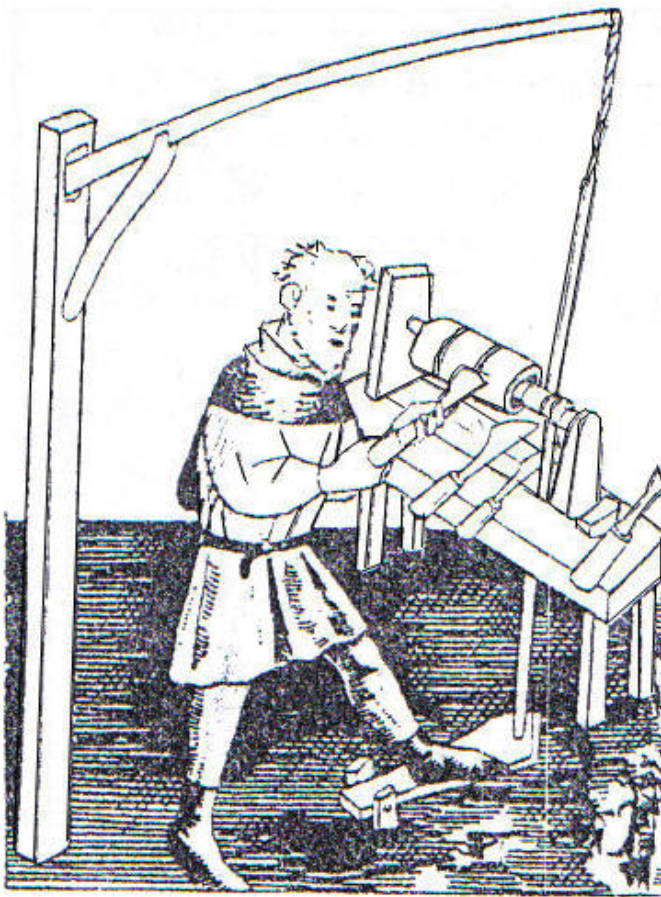
Obr. 3.35 Vodným kolesom poháňaný stroj na vrtanie drevených rúr z r. 1615 [11]

Vráťme sa ku kontinuálnemu vývoju. V slovanskom železiarstve sa v 9. storočí, sa cennejšie nástroje vyrábali zváraním mäkších železných častí s tvrdšími oceľovými. Navárajú sa najmä oceľové rezné hrany pri výrobe nožov, čepelí, kôš. Hotové výrobky sa ďalej kalia a popúšťajú. Kováči vyrábali široký sortiment, asi 90 typov nástrojov.

V 11.-12. storočí sa rozširuje pohon vodnými kolesami do železiarskej výroby. Kolesá uvádzajú do pohybu mechové dúchadlá, kováčske kladivá v hámroch. Postupne vodná energia umožní zvyšovať výšku pecí, čo napokon povedie k výrobe surového železa vo vysokých peciach. V 13. storočí voda poháňala píly a brúsy.

Okolo r. 1250 sa pri sústružení začína používať šliapadlo, od ktorého vedie povraz slučkou okolo obrobku k zavesenej pružnej žrdi, ktorá pôsobí ako vratné pero (obr. 3.36). Sústružník má tak uvoľnené obe ruky na prácu s nožom. Rytina veľmi názorne ukazuje postup obrábania. Sústružník používa lopatkové nože, upravené podľa účelu. Funkciu pružiny plní konár stromu. Suport zatiaľ neexistuje. Rezný odpor sa zachytáva rukami, preto násada noža musí byť dostatočne dlhá. Princíp obrábania by bolo možné nazvať „rotačné hobľovanie“. Odchádza široký a tenká triesky, ako pri klasickom hobľovaní. Obrobený povrch je hladký, ako po hobľovaní.





*Obr. 3.36 Šliapací sústruh s vratným rotačným pohybom [9]*

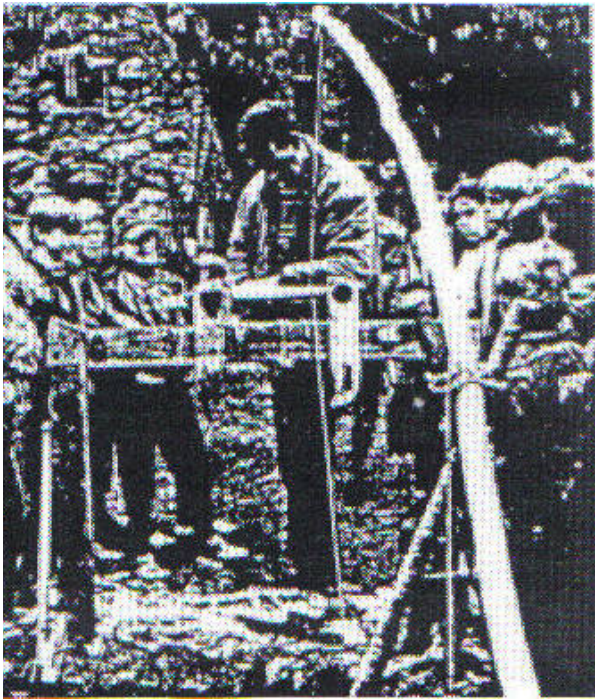
Na obr. 3.37 sú dva originálne nástroje z autorovej zbierky. Treba poznamenať, že boli zrejme dôkladne prekované, pretože minimálne podliehajú korózii.



*Obr. 3.37 Originálne nástroje na sústruženie na šlipacom sústruhu (zbierka autora)*

Aj táto technológia má svoje aplikácie v súčasnosti. Podnikateľ s drevom z Welsu TIM MADE úspešne aplikoval pri výrobe častí nábytku „lesné sústruhy“ na spôsob

pôvodných šliapacích sústruhov. Jedinými kovovými časťami sú len spojovacie prvky, hrot koníka a vretenníka so závitom a kľukou. Nahrubo otesaný klátik dreva za zasunie do hrotu koníka a pritlačí z druhej strany hrotom vretenníka. Ako pružina sa použije surová haluz stromu. Pri šliapaní dopredu odchádza trieska, podobná hobľovaniu. Pri vratnom pohybe sa nástroj kľže po povrchu a neodoberá triesku. Noha na stoličku je hotová za niekoľko minút.



*Obr. 3.38 TIM MADE predvádza prácu na lesnom sústruhu r. 1996*

Okolo r. 1350 sa na pohon okrem šliapadiel používa aj vodná sila.

O prvej vŕtačke na vyvrtávanie hlavne diel je správa z Trevíru. Hlaveň odliali ako dutú, ale odliatok treba ešte vyvŕtať načisto.

V 15. storočí sa na vŕtanie do dreva používa tesárska vŕtačka, ktorá využíva kľukový mechanizmus (obr. 3.39).

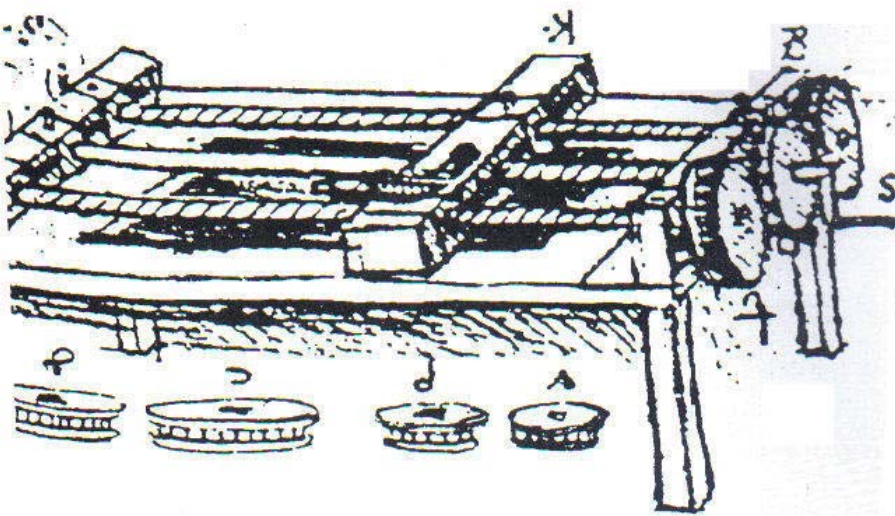


Obr. 3.39 Kolovrátok, alebo „prsná vrtačka“, ručný vrtáčik na malé dierky do dreva, „svidrik“ a vratidlový vrták „nebožiec“



Najstaršie doklady o existencii vodných píl pochádzajú až z 1. polovice 14. storočia. V Anglicku r. 1322 je zmienka o pílení dosák v mlyne. Z r. 1376 je tiež zmienka o vodnej pile (*saw-mill*) v Anglicku. V sliezskej Vratislavi bola vodná píla r. 1427. Stav na Slovensku bol uvedený vyššie.

Po r. 1475 ako je známe do stagnácie európskej techniky výrazne zasiahol LEONARDO da VINCI. Vynašiel princíp otáčania sústruhu v jednom smere. Zachoval sa jeho náčrt stroja na rezanie závitov do dreva s dvoma identickými vodiacimi skrutkami (obr. 3.40). Vodiace skrutky vedú priečnik v ktorom je závitnica, ktorá vytvára závit do stredného hriadeľa



Obr. 3.40 Náčrt stroja na rezanie závitov z pera LEONARDA DA VINCI (vidno originálne písané ľavou rukou)

R. 1480 sa na brúskach objavuje pohon šliapadlom, kľukou a ojnicou. Dochádza k ďalšiemu zdokonaleniu sústruhov, prvýkrát sa na nich objavuje primitívny support, ktorým sa neskôr (1800) zlepši obrábacia technika.

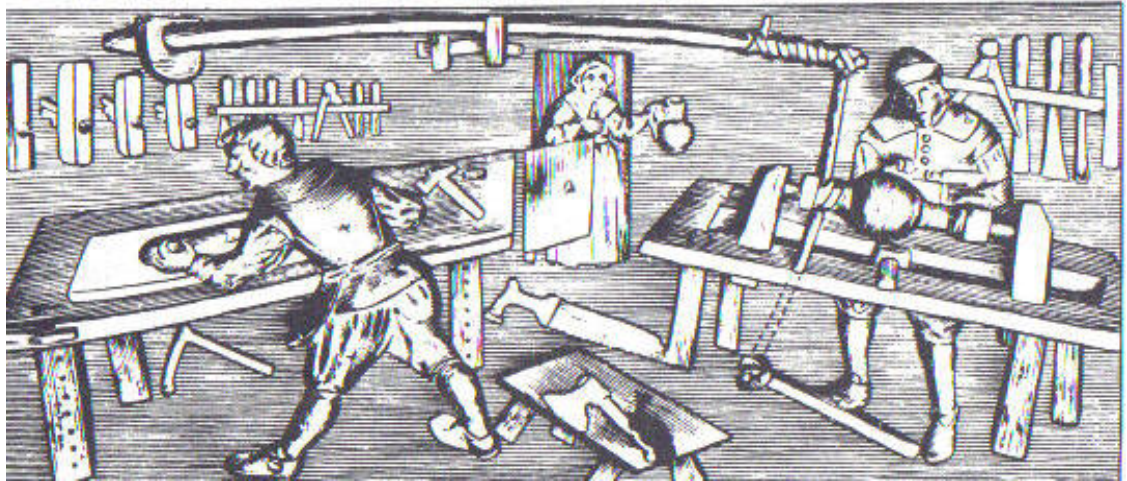
Približne z r. 1500 sú prvé zmienky o zveráku. Pravdepodobne bol však známy už skôr.

R. 1565 sa v Anglicku zavádza rezací stroj na kovy.

R. 1568 Francúz JAQUES BESSON skonštruoval stroj na rezanie závitov. Využil takisto princíp vodiacich skrutiek. Opísal ho o 10 rokov neskôr v knihe *Theatrum instrumentorum at machinarioum*.

Holandčan CORNÉLIUS Van UIGEEST začal r. 1569 ako prvý konštruovať a stavať rámové píly, poháňané veterným kolesom. Od r. 1596 pracovala v Saardame (Holandsko) prvý rámový píla na vodný pohon.

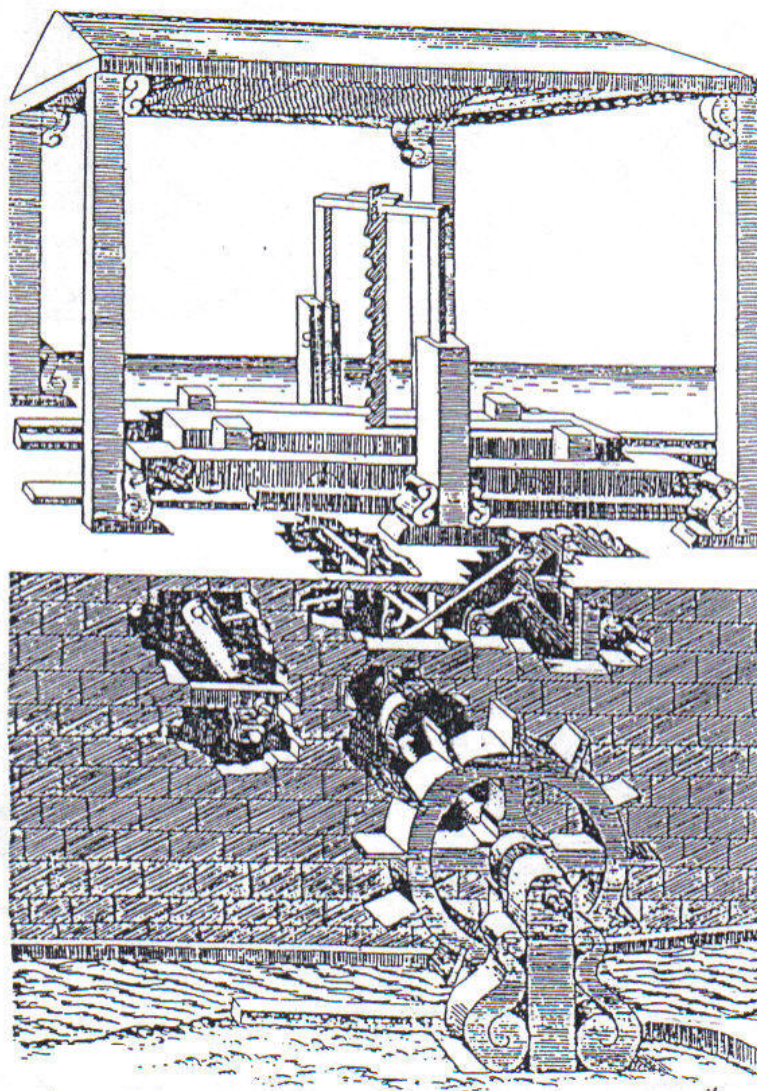
Na obr. 3.41 je truhlárska dielňa z r. 1600. Vidno dobové náradie a šliapací sústruh na obrábanie dreva.



Obr. 3.41 Truhlárske a sústružnícke práce r. 1600 [9]

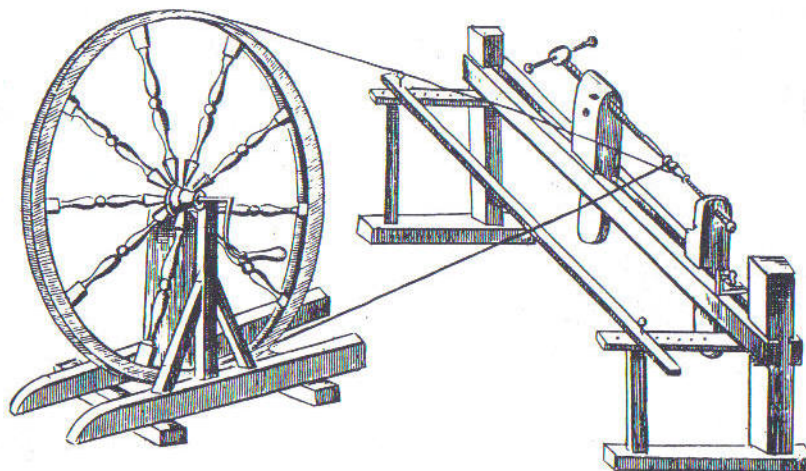
Z r. 1620 je známa píla AUGUSTINA RAMELLIHO, kde vodné koleso nielen dáva do pohybu pílový list, ale zároveň posúva dopredu opracovávané drevo (obr. 3.42).

Obr. 3.42  
*Pila A.*  
*RAMELLIHO*  
*s automatickým*  
*posúvaním*  
*obrábaného dreva*  
*[9]*



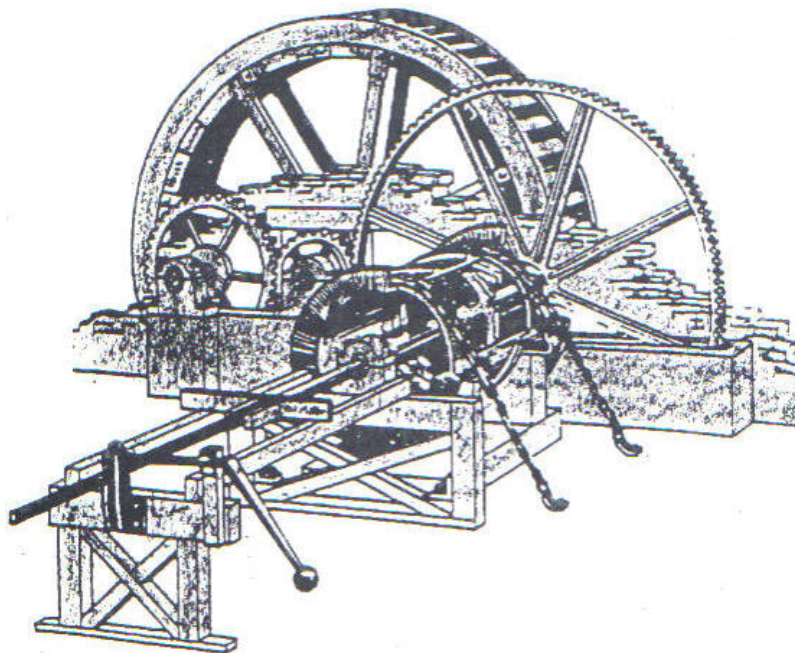
Revolučné technické zmeny, napr. rozvoj tkacích strojov boli bezprostredne spojené s rozvojom priemyselovo využiteľných obrábacích strojov na kov. Už výroba parných strojov bola priamo závislá na zabezpečení vhodných a na vtedajšiu dobu výkonnejších a presnejších obrábacích strojov.

Zdokonaľujú sa aj stroje na obrábanie dreva (obr. 3.43).



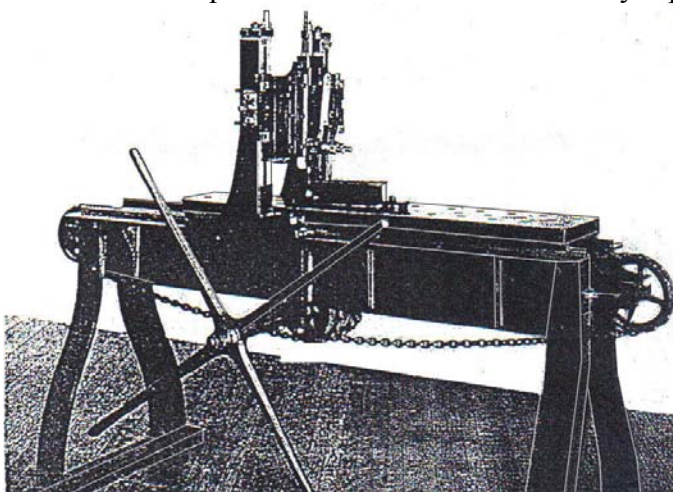
Obr. 3.43  
*Sústruh na*  
*drevo, poháňaný*  
*ručným kolesom - 1700*

J. WILKINSON vyvinul v Anglicku r. 1775 vyvrtávačku na valce parných strojov, poháňanú vodným kolesom (obr. 3.40). Vyvrtávací tyč je uložená vo dvoch ložiskách, pred a za vyvrtávaným valcom, čím sa zvyšuje jej presnosť.



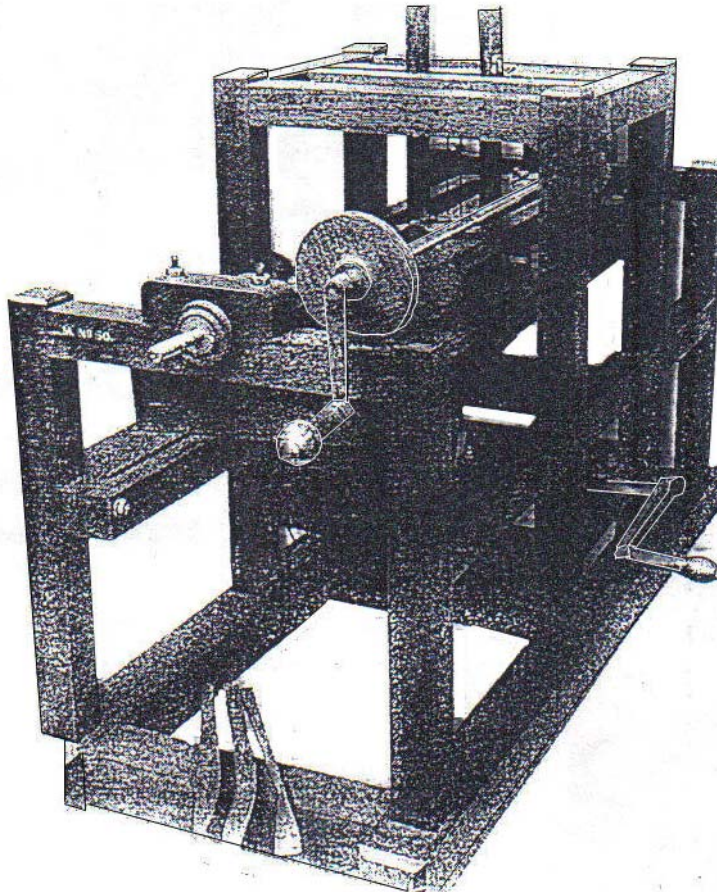
Obr. 3.44  
Vyvrtávačka  
parných valcov  
z Anglicka [9]

R. 1776 Angličan HATTON vynašiel stroj na hobľovanie dreva. Princíp jeho stroja spočíval v jednosmernom obíehaní hoblíka, ktorý je unášaný reťazou. Stroj bol zdokonalením oproti ručnému hobľovaniu vratným pohybom stola (obr. 3.45).



Obr. 3.45 HATTONOV hobľovací  
stroj na drevo, zrealizovaná až r.  
1817 [9]

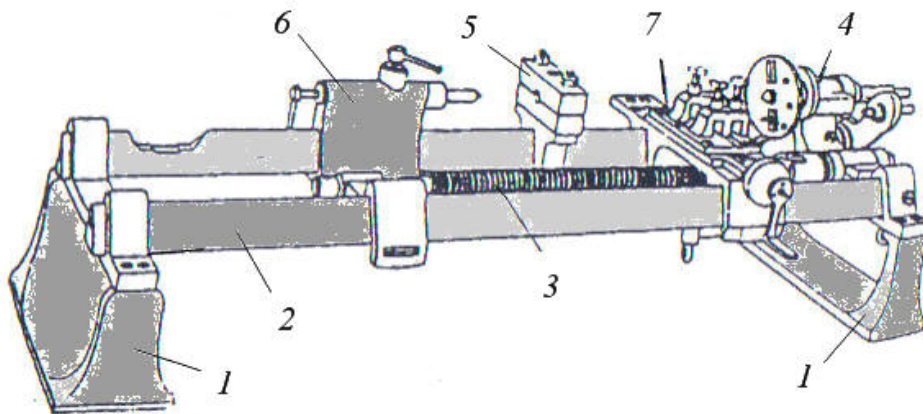
S. BENTHAM navrhol r. 1793 výrobu nových strojov na obrábanie dreva: kotúčových píl, vrtačiek na hlboké diery a obrážacích strojov. Píla bola skonštruovaná hneď, ostatné stroje až okolo r. 1820.



*Obr. 3.46 Kotúčová píla podľa návrhu SAMUELA BERTHAMA z r. 1793*

Veľký podiel na vývoji dnešného typu sústruhu má Angličan H.MAUDSLAY (1771-1831). Zrealizoval ho r. 1787-1831. Jeho pomocou bolo možné vyrábať ďalšie stroje, čím vlastne viedlo ku vzniku moderného strojárstva.. Ako bolo uvedené, primitívne sústruhy sa používali už o niekoľko rokov skôr. Boli drevené a obrobok bol upevnený medzi hrotmi, uvádzal sa do pohybu povrazom na tetive luku, alebo šliapadlom. Nevyznačovali sa veľkou presnosťou. V dobovej technickej literatúre sa ospevovali ako zázračné výtvary a opisovali ich viac poeticky ako technicky. MAUDSAY (čítaj Módzli) prišiel s niekoľkými novinkami, ktoré v embryonálnej podobe existovali už skôr, prevzal ich a pospájal, pričom výsledkom bola väčšia presnosť obrábania.. Vybavil ho precízne vedeným vodiacim lôžkom so suportom. Suport síce nevynašiel, ale výrazne ho zdokonalil. Nôž upevnil na dvojitých, pohyblivo ovládaných saniach, ktoré umožňovali pozdĺžny a priečny posuv nástroja. Naučil sústruh rezať závit s presne definovaným stúpaním. Neskôr po r. 1810 skonštruoval aj hobľovačku a niekoľko ďalších typov obrábacích

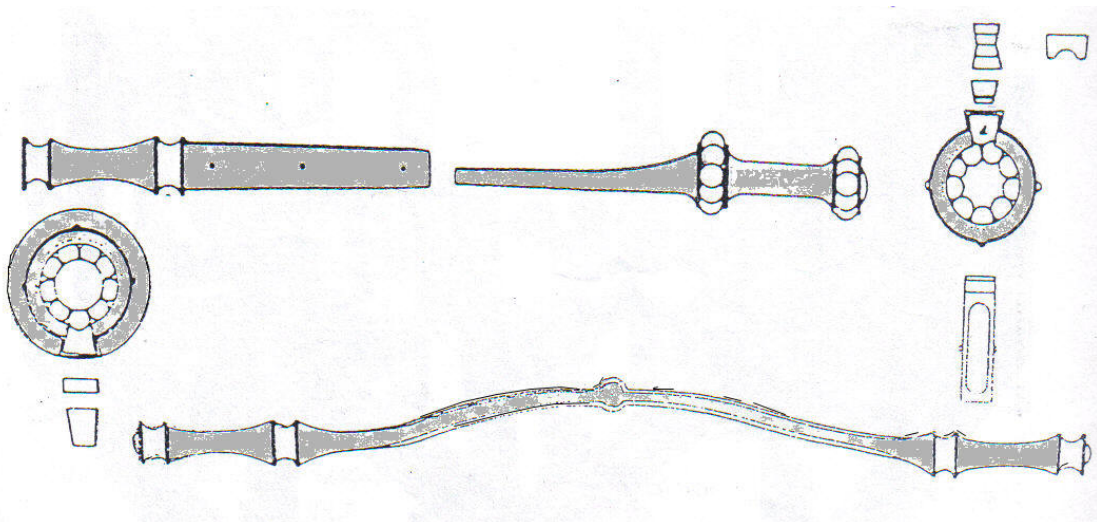
strojov. R. 1810 založil v Leedsu strojársky závod, ktorý sa stal konkurenciou špičkových Boultonových tovární v Soho.



Obr. 3.47 MAUDSLAYOV sústruh z r. 1797, určený najmä na výrobu skrutiek. 1-stojan, 2-lôžko, 3-pohybová skrutka, 4- vreteník, 5-luneta, 6-koník, 7-nožová hlava

Veľký vplyv na ďalší rozvoj obrábacích strojov malo objavenie valivého ložiska.

R. 1794 Brit P.VAUGHAN znova objavil princíp valivého ložiska, ktorá bol známy už v antike., ale v stredoveku upadol do zabudnutia. Ani pred, ani po VAGHANOVI (do r. 1883) sa tento typ uloženia nemohol plne uplatniť, lebo jeho výroba nebola technicky zvládnutá. Valivé ložisko znovu objavoval L.THIRON (r.1862) a J.SURIRAY (r.1869). Gulčky, ktoré sa dovtedy poznali len drevené boli teraz z ocele, museli sa obrábať ručne pilníkom, preto neboli všetky rovnaké. Okrem toho boli veľmi drahé. Táto situácia sa zmenila, keď r. 1833 P.M.FISCHER skonštruoval prvý stroj na výrobu guľiek



Obr. 3.48 Gul'kové žliabkové ložisko podľa patentu VAUGHANA z r. 1794



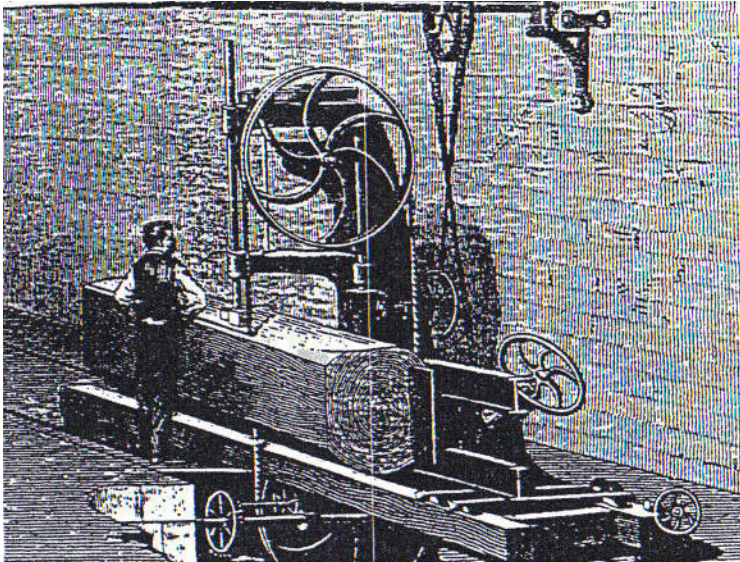
Bežné ložiská bez guľiek boli známe ako „osové ložiská“ už okolo r. 3 500 pred n.l. v Egypte, Kelti, Gréci, Peržania a Rimania vkladali medzi náboj kolesa a os prstencové drievka a železné prstence, ktoré sa dali vymieňať ako súčiastky, podliehajúce rýchlemu opotrebeniu. V období renesancie sa okolo r. 1519 valčekovými a guľkovými ložiskami zaoberal aj LEONARDO NA VINCI.

R. 1805 nemecký inžinier G.REICHENBACH vynášiel hobl'ovací stroj na kovy. Na stroji dosiahol translačný vratný pohyb.

R. 1806 Francúz F.JAPY postavil v Colmare stroj na výrobu skrutiek do dreva (závrtiek) a presnú frézku, ktorá bola schopná vyrábať veľmi malé súčiastky do vreckových hodiniek.

R. 1808 W.NEWBERRY zostrojil pásovú pílu a v r. 1814 Angličan M.MURRAY zdokonalil hobl'ovačku na kovy.

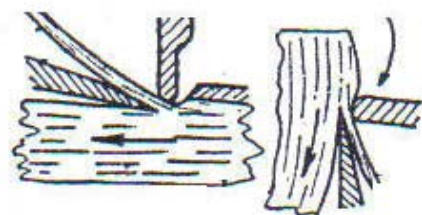
R. 1808 tiež MARC ISAMBARD BRUNEL a HENRY MAUDSLAY vyvinuli prvú pílu, poháňanú parným strojom (parná píla).



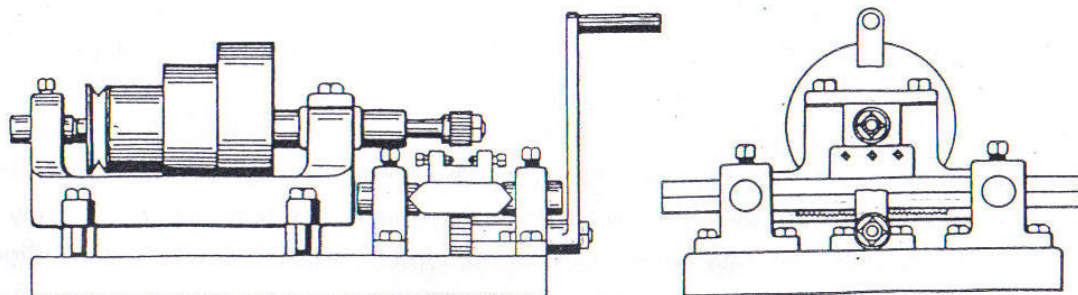
*Obr. 3.49 Parnou energiou poháňaná pásmová píla zo začiatku 19. storočia. Výkon sa od parného stroja prenášal k obrábaciemu stroju remeňové prevody [9]*

Americký inžinier E.WHITNEY vynášiel r. 1818 jednoduchú frézku s rotujúcim nástrojom na výrobu ručných strelných zbraní. V tom istom roku londýnsky konštruktér FAVERYAR vynášiel stroj na lúpanie dýh. Dyhy sa tradične získavali rozpílením drevených fošní rovnobežným rezom. Podľa vynálezu zariadenie lúpalo valcovité drevené bloky a oddeľovalo z nich tenké vrstvy špirálovite, smerom k jadru. Blok sa pritom pomaly otáčal. Široký nôž sa položil tangenciálne ku kmeňu a sústružil tenkú, veľmi dlhú dyhu z kmeňa, ktorá sa dala ľahko rovnať lisovaním. Novým spôsobom lúpania sa dosiahla celkom nová, symetrická kresba dyhy. Kmeň sa musí pred lúpaním napariť asi na dobu 36 hod., potom sa suší teplým vzduchom.

*Obr. 3.50 Lúpanie dýh hobl'ovaním a sústružením*



Prvý náčrt frézovacieho stroja, ktorého konštruktérom je S.MORTH sa objavil r. 1818. Vretenník sa môže otáčať od remeňa cez tri remenice, lineárny pohyb obrobku prebieha ručne pomocou kľuky a lineárneho ozubeného prevodu.

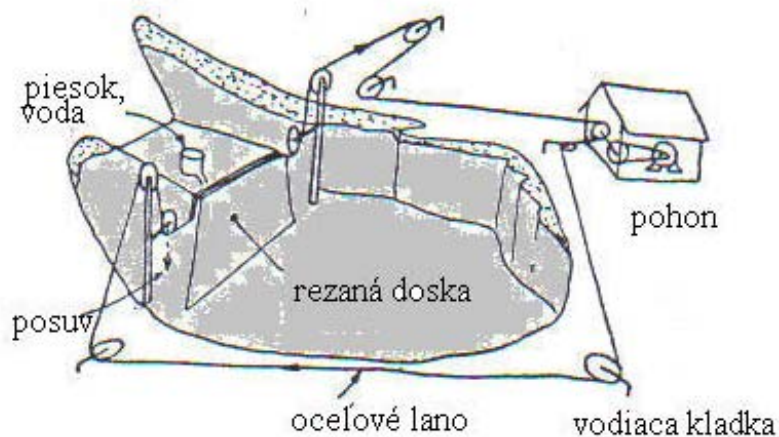


Obr. 3.51 PERKHUNSONOVA kresba MORTHOVHO frézovacieho stroja [9]

R. 1818 konštruje Američan W.E.WHITNEZ prvú presnejšiu frézku na frézovanie kovov. Súčasne T.BLANCHARD zostrojuje v Amerike prvý kopírovací sústruh na sústruženie nepravidelných tvarov.

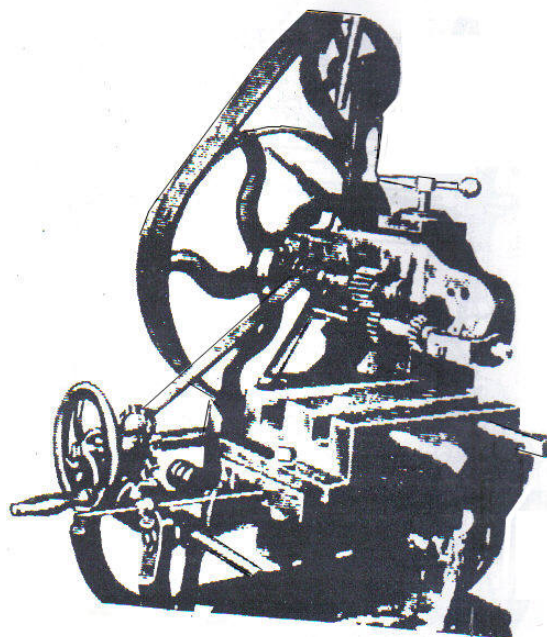
R. 1820 vyrába H.MAUDSLAY presné pohybové skrutky pre sústruhy. Podiel na zdokonalení sústruhov má aj Američan J.WILKINSON. Jeden z prvých sústruhov vyrobili podľa jeho návrhu r. 1825.

R. 1823 umelecký stolár BARNES v Cornwalle vynášiel rezací kotúč na rezanie kameňa, mramoru, ocele, železa a iných tvrdých materiálov. Mramor je zrnitý vápenec s prímiesami. Je zafarbený na šedo rozptýlenou tuhou, červeno ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), hnedo a žltá hydroxidmi železa. Vznikol z usadenín (sedimentov) prekryštalizáciou. Názov sa riadi farbou, náleziskom, zrnom. Povrch je opracovaný na hrubo (osírovaný), alebo je otesaný. Jemne sa opracuje štokovacím kladivom (pemerlicou), niekedy je brúsený a leštený. Dosky sa teda dali rezať pilami ako drevo, plechovými pásmi s ostrým pieskom a vodou (obr. 3.52).



Obr. 3.53 Rezanie mramoru ocelovým lanom

Prvá hobľovačka na ozubenie uviedla do činnosti r. 1829 firma GLAVET a syn.  
R. 1830 bola v USA vyvinutá frézka.



Obr. 3.54 Novšia frézka fy GAY-SILVER & Co z r. 1835

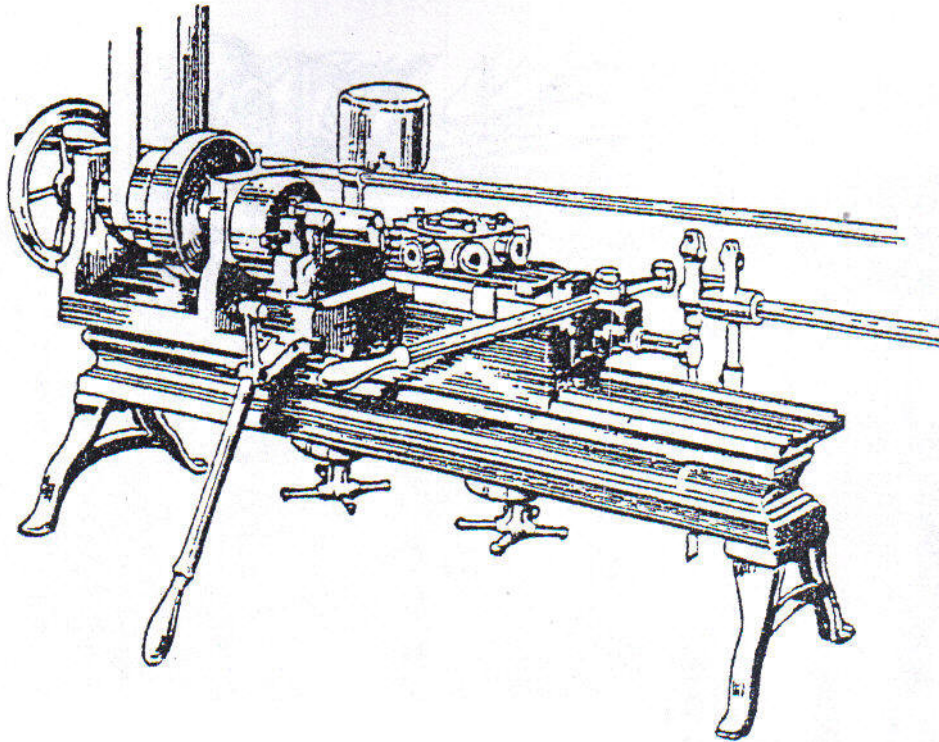
R. 1834 Angličan J.WHITWORTH sa zaslúžil o spresnenie prác pri rezaní skrutkovitých závitov. Súčasne zdokonalil závitorezy.

R. 1836 Mc DOWALL zostrojil prvú parnú strojovú pílu.

R. 1839 vynášiel Švajčiar J.G.BODMER karuselový sústruh so zvislým vretenom, (karusel).

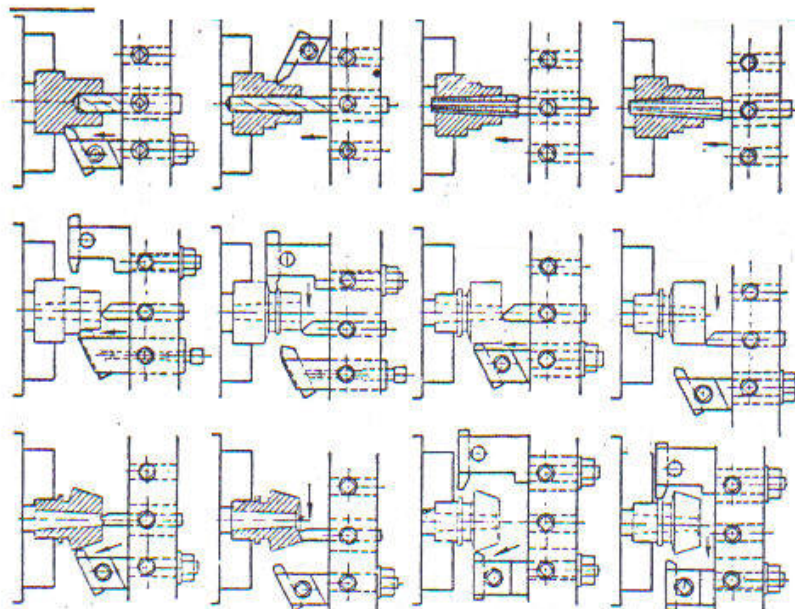
Anglický technik BURNET r. 1840 vynášiel drážkovaciu hobľovačku na drevo.

Po r. 1840 zakladatelia americkej firmy PRATT a WHITNEY vynašli revolverový sústruh s rýchlo výmennými nástrojmi. Od r. 1850 už ovládajú celý rad operácií.



*Obr. 3.55 Revolverový sústruh fy Robbins & Lawrence Company, Vermont, 1855*

*Obr. 3.56 Práce na revolverovom sústruhu s vopred nastavenými nástrojmi*



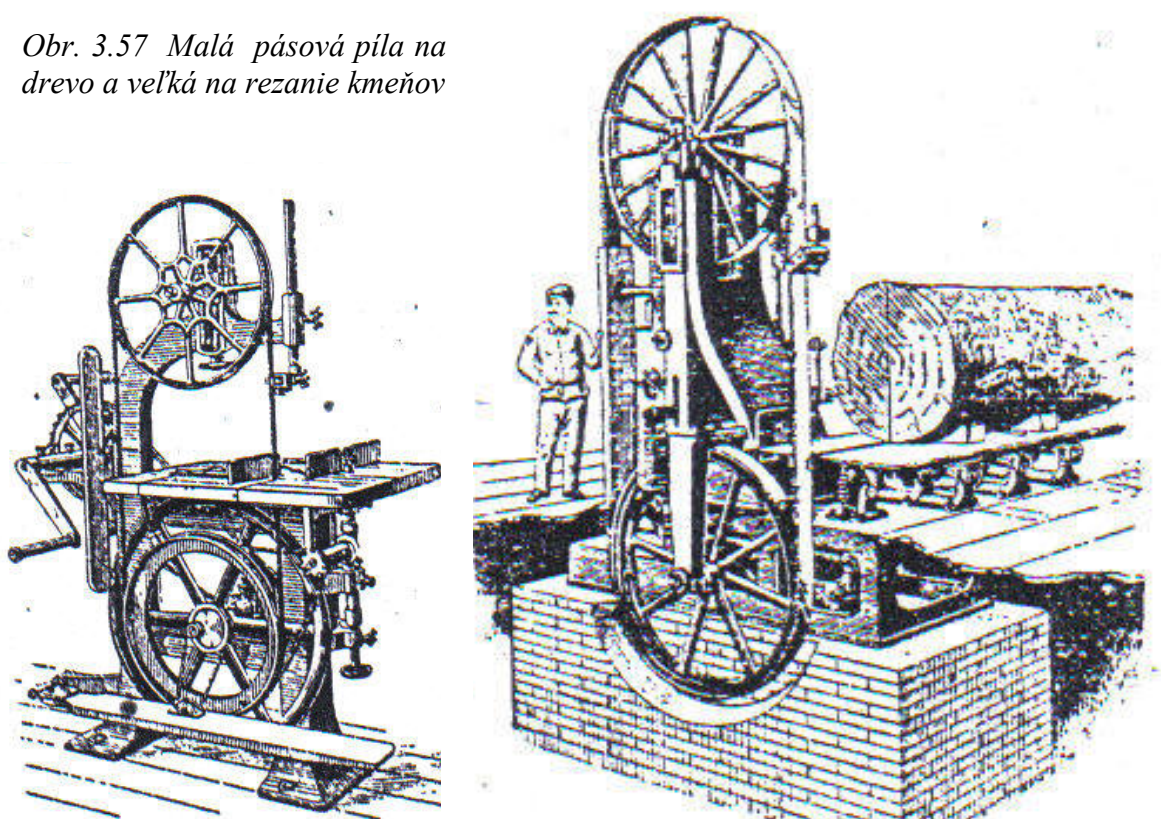
R. 1841 anglický továrnik J.WHITWORTH vyvinul jednotnú sústavu skrutkových mier, čím položil základy normovania skrutiek. Zjednotil tvary a stúpanie závitov drevených a kovových skrutiek. Túto jednotnú sústavu neskôr nazvali BSW (British Standarth Whitworth) a v anglických krajinách sa udržala takmer jeden a pol storočia. WHITWORTH sa špecializoval aj na zdokonaľovanie obrábacích strojov. R. 1835 si dal patentovať čelný sústruh, ktorý mal taký úspech, že si jeho vynálezca mohol zriadiť továreň na výrobu obrábacích strojov. V rovnakom roku F.G.KELLER zdokonalil metódu získavania drevoviny, vláknitej hmoty, potrebnej na výrobu papiera a brúsenie dreva.

R. 1849 je rokom, keď KILNER skonštruoval frézku na frézovanie valcových plôch, konkrétne kolies železničných vozňov.

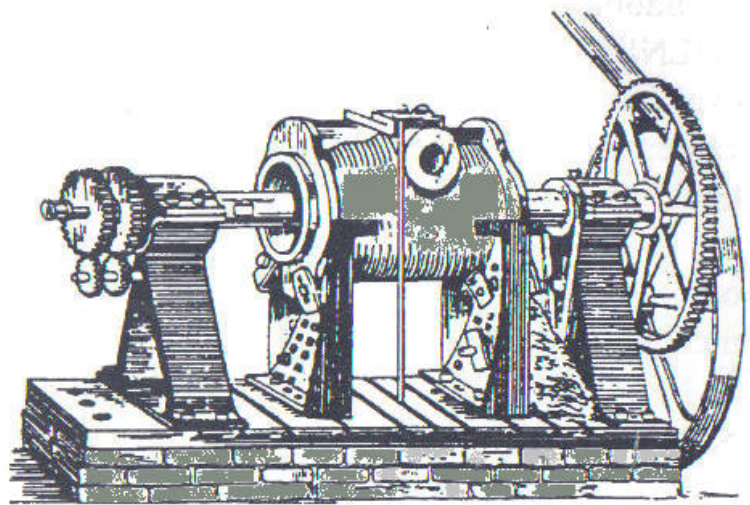
R. 1852 zostrojil v Angerste T.SCHWEPPE vrtačku na vrtanie hlbokých otvorov do dreva na výrobu drevených vodovodných rúr.

V rovnakom roku parížsky mechanik PÉRIN zdokonalil pásovú pílu, skonštruovanú r. 1808 na drevo Angličanom W.NEWBERRYM. Dovtedy mali strojový pohon len rámové a kotúčové píly. Kotúčovou pilou sa nedali robiť hlboké rezy a nevýhodou rámovej píly bol spätný chod. Pásová píla spojila výhody oboch spôsobov pílenia.

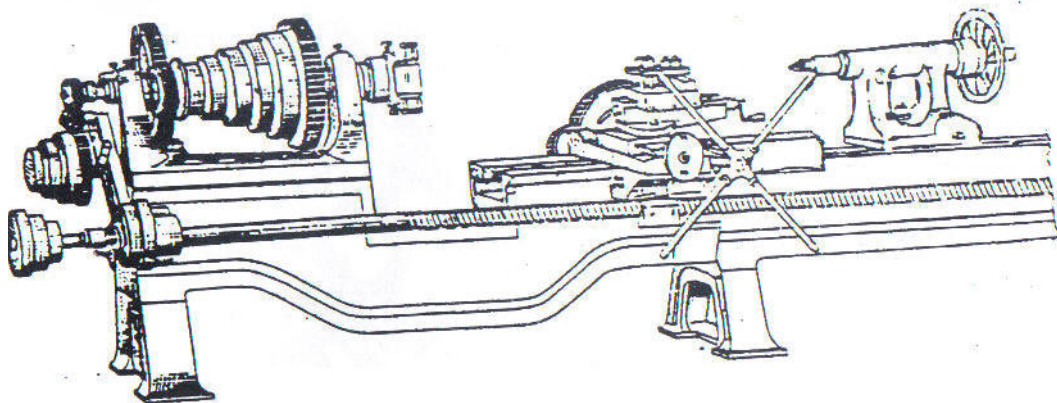
*Obr. 3.57 Malá pásová píla na drevo a veľká na rezanie kmeňov*



Obr. 3.58 Vyvrtávačka  
valcov pre lokomotívy z r.  
1851 [9]

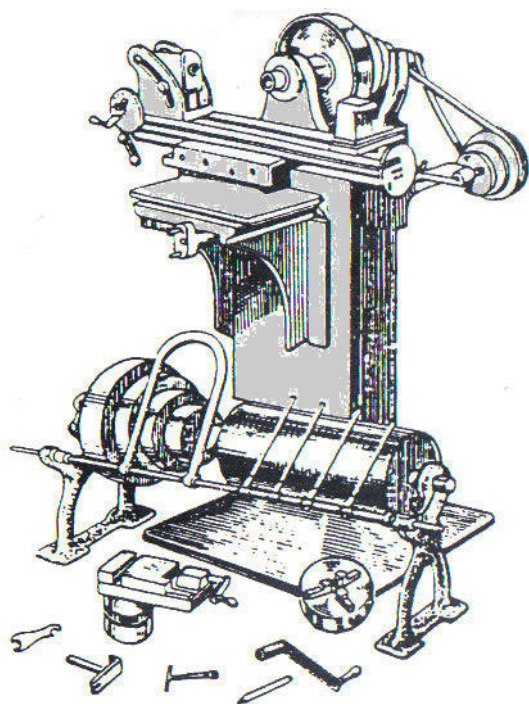


Od r. 1861 americká firma BROWN & SCHARPE úspešne vyrába frézovačky.  
R. 1862 bol na Všeobecnej výstave v Paríži predstavený transmisný univerzálny hrotový sústruh s vodiacou skrutkou na priečny posuv od nemeckej firmy COLLET a ENGELHARDT v Offenbachu.

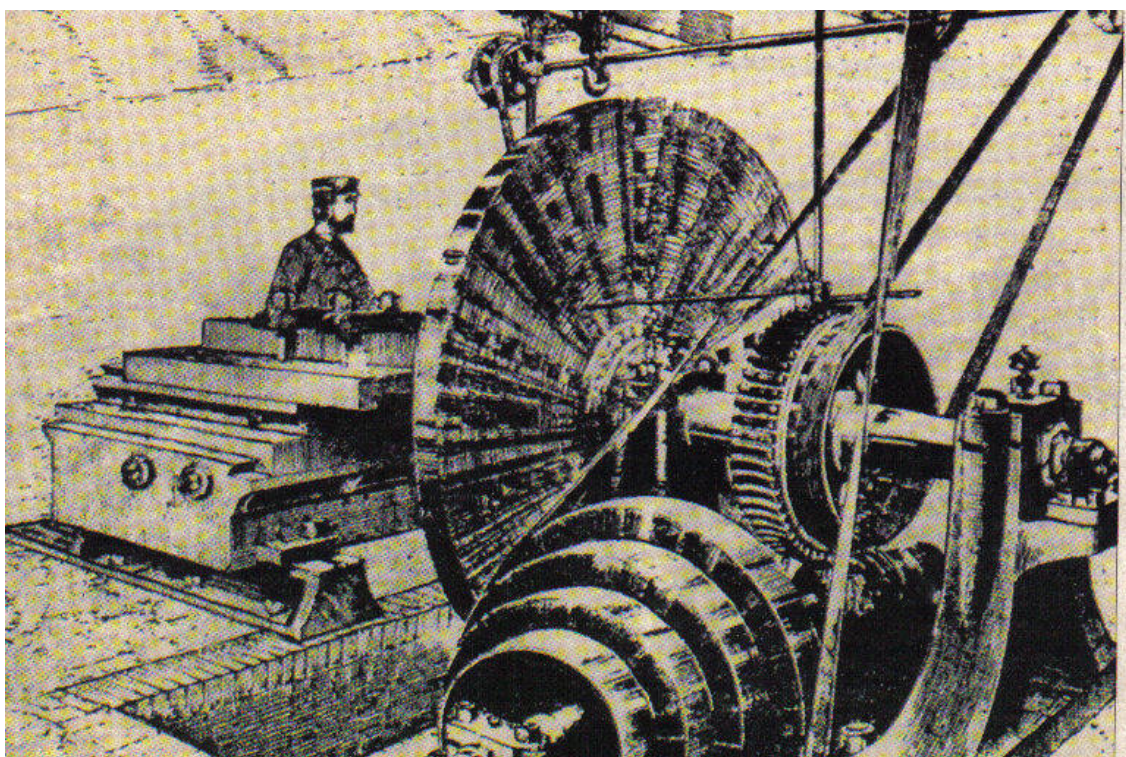


Obr. 3.59 Transmisný univerzálny sústruh z r. 1862

Rozvoj transmisného pohonu vedie k rozličným konštrukciám obrábacích strojov. Napr. BROWNOVA univerzálna frézka mala aj konzolu. Remeň bol na remeniciach presúvaný nožnou pákou.



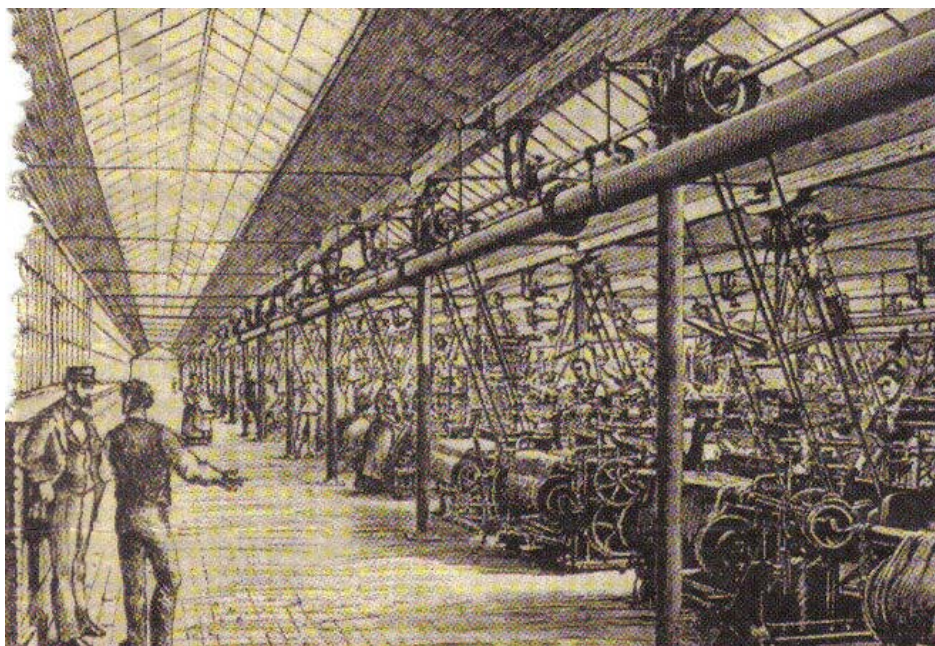
*Obr. 3.60 Uverzálna frézka od fy Brown & Sharpe Company, USA, 1862*



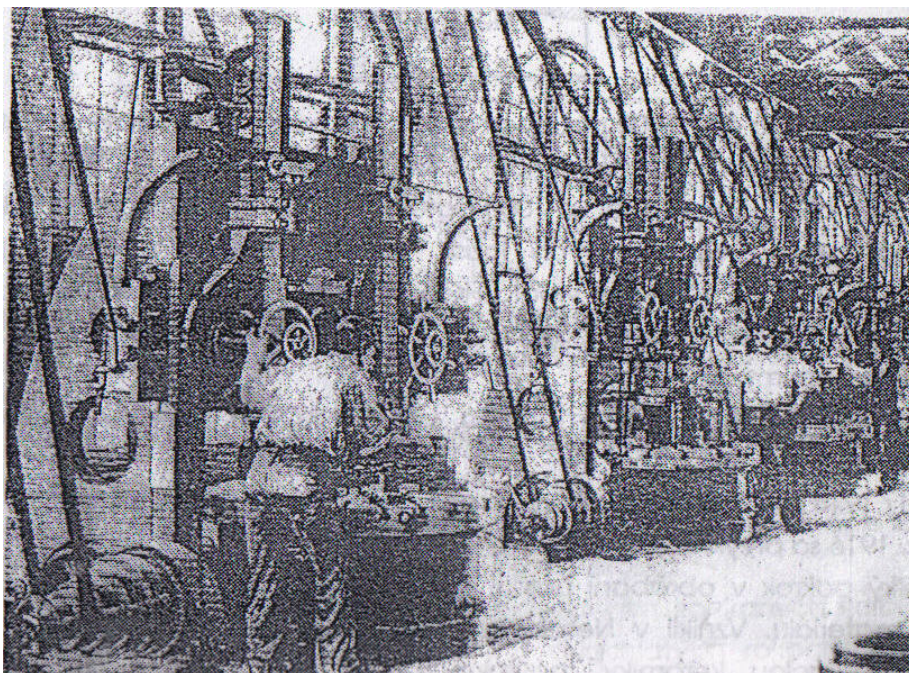
*Obr. 3.61 Obri sústruh s transmisným pohonom*

R.1863 taliansky strojár G.MARTIGNONI, žijúci vo Frankfurte n. Mohanom vyrobil skrutkovitý vrták s frézovanou drážkou. Už v 20. rokoch 19. storočia sa vyrábali vrtáky, stočené z pásu, alebo navinuté na valcové jadro. Frézované drážky mali rozličné stúpanie skrutkovice, podľa druhu vrtaného materiálu.

Od r. 1864 začína sériová výroba brúsok do guľata.



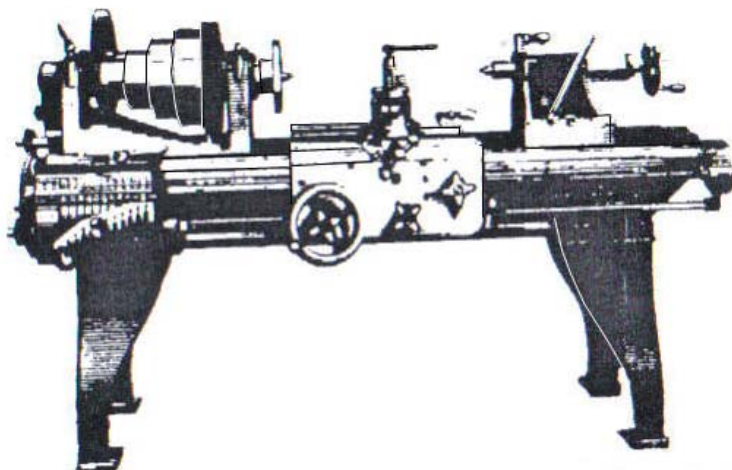
*Obr. 3.62 Pohľad do prevádzky fy CHUBB & SONS Londýn, 1868*



*Obr. 3.63 Linka vrtáčiek a karuselových sústruhov na princípe transmisného pohonu, inštalovaná r. 1890 (NILES TOOL WORKS-USA)*



NORTON vyvinul závitový sústruh r. 1873. Stúpanie závitú sa menilo pákovou prevodovkou.



*Obr. 3.64 NORTONOV  
sústruhna závitú z r. 1893*

R. 1873 prerobil CH.M.SPENCER v USA revolverový sústruh na obrábací automat Hartford, na ktorom väčšiu ovládajú páky, posúvajúce obrobky a vymieňajú nástroje. Na jeho automate sa spočiatku sériovo vyrábali skrutky, matice, ozubené kolesá do šijacích strojov. Krátko potom založil spoločnosť Hartford Machine Screw Company, ktorej obrábacie automaty prispeli k rozvoju ručne ovládaných obrábacích strojov na celom svete.

Okolo r. 1875 sa začínajú používať automatické stroje na obrábanie ozubenia.

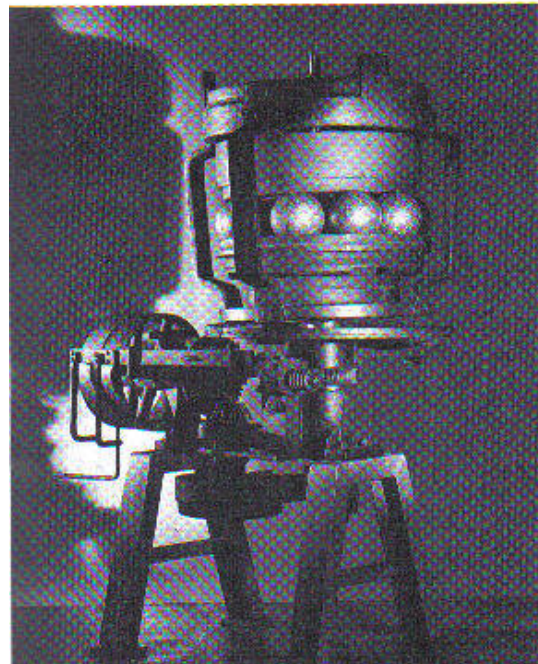
Po r. 1865 sa v americkom strojárstve uplatňujú automatické sústruhy s radom samočinne zapájaných nožov.

Koncom 19. storočia vznikali rozsiahle prevádzky s transmisným pohonom (obr. 3.62, 63)

R. 1883 F.FISCHER vynašiel novú technológiu obrábania guľiek pre valivé ložiská, ktorá ich umožňovala vyrábať s toleranciou 0,02 mm. Išlo o akýsi „guľkový mlyn“. Možno ho pritom inšpirovali mlyny na kamenné a mramorové hracie guľky, ktoré poznali už v 17. storočí v Salzburgu. Boli inštalované na horských potokoch, poháňali ich vodné kolesá a zaobľovali okruhliaky na oblúbené hracie guľky. Podstata technológie spočíva v odvalovaní guľiek medzi dvoma valcami z bielej liatiny. V stabilnom aj pohyblivom valci sú sústredné drážky kruhového profilu. Vrchný rotujúci valec je pritláčaný veľkým tlakom na guľky, čo spôsobuje, že sa ich povrchová vrstva silno deformuje a odlupuje vo forme šupín. Guľky obiehajú v dráhach sféricky, preto niekoľkohodinovým omieľaním dostávajú „ideálny“ guľový tvar. Guľkové valivé ložiská významne ovplyvnili rozvoj strojárstva. Okrem spomínaného VAUGHANA (1794) ďalšie patenty získali r. 1802 CARDINET vo Francúzsku a r. 1820 J.HARCOURT v Anglicku. Už r. 1829 získal na takéto ložisko Čech J. RESSEL rakúske privilégium na takéto ložisko. Od r. 1883 zaznamenal britský patentový úrad takmer 1 000 patentov len na bicyklové guľkové ložiská. Nielen guľkové, ale aj iné typy valivých ložísk sa rýchle rozšírili, pretože nie

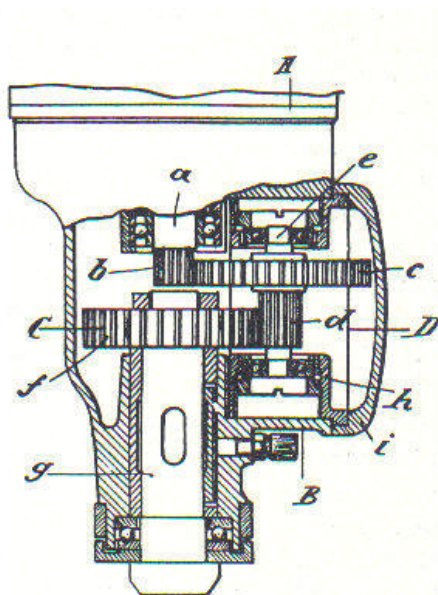
všetky problémy uloženia otáčavých častí strojov sa dali riešiť guľkovými ložiskami. Vyvinuli sa rozličné typy valivých ložísk. Popri guľkových sa používali cylindrické valčeky, ihlové valčeky a symetrické, alebo nesymetrické súdkovité valčeky. Zatiaľ čo v Európe viedla Fischerova akciová spoločnosť, v USA sa najmä po r. 1902 presadil ako výrobca ložísk HENRY TIMKEN, ktorá predovšetkým zásoboval valivými ložiskami rozvíjajúci sa americký priemysel.

Obr. 3.65 Prvá bezhrotová „brúska“ na ocelové guľky, ktorú vynašiel FISCHER koncom 19. storočia [21]



Ešte r. 1890 sa ďalej budujú prevádzky na báze transmisného rozvodu od parného stroja k jednotlivým obrábacím strojom. Postupne však už badať prienik elektrického pohonu. Proces zavádzania elektromotorov je však ešte dlhodobý.

R. 1895 W.FEIN vynašiel v Stuttgarte ručnú elektrickú vŕtačku. Na otočnú os malého zapuzdreného elektromotora s držadlom nasadil na hlavicu vrták. Do sériovej výroby sa začala ručná vŕtačka zavádzať až r. 1905 vo firme Duke Electric Company (USA).



Obr. 3.66 Patentovaný náčrt FEINOVEJ elektrickej ručnej vŕtačky

Transmisný parný pohon nemal dlhé trvanie. Už na počiatku storočia ho nahrádza jednotkový elektrický pohon. U sústruhov vznikajú riešenia, založené na použití jedného elektromotora, ktorý poháňa všetky základné funkcie. Prevod je riešený stupňovitým prevodom ozubenými kolesami.

R. 1911 vyvinuli ruskí manželia LAZARENKOVCI elektrický spôsob obrábania kovov.

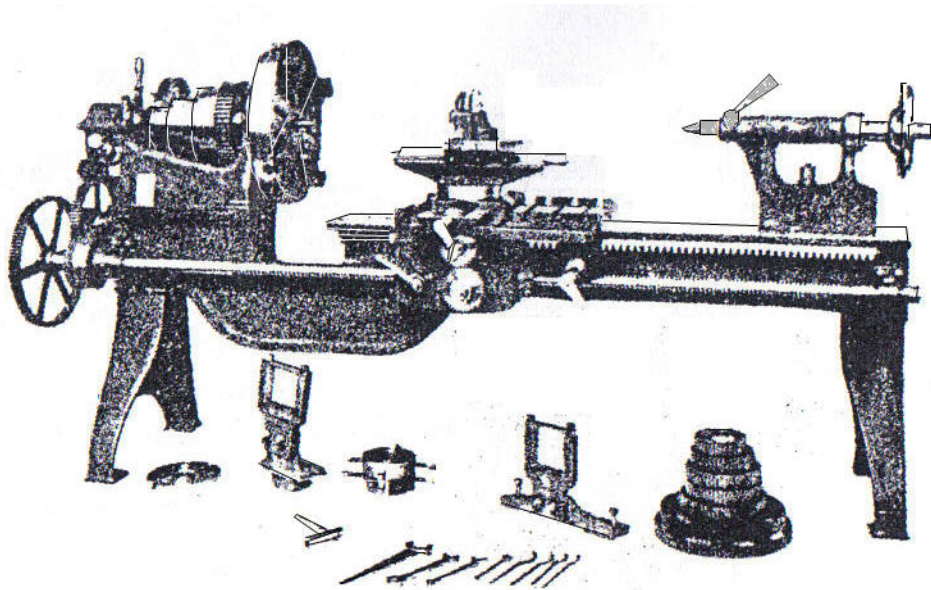
Od r. 1914 sa v priemysle objavujú prvé automatické obrábacie stroje.

R. 1916 sa po prvý krát použila bezhrotová brúska.

Veľký pokrok v obrábaní nastal zavedením spekaných karbidov ako rezného materiálu. Vznikli v Nemecku v dvadsiatych rokoch min. storočia. Vývoj ďalej pokračoval aplikáciou keramiky, povlakovaných nástrojov a supertvrdých rezných materiálov.

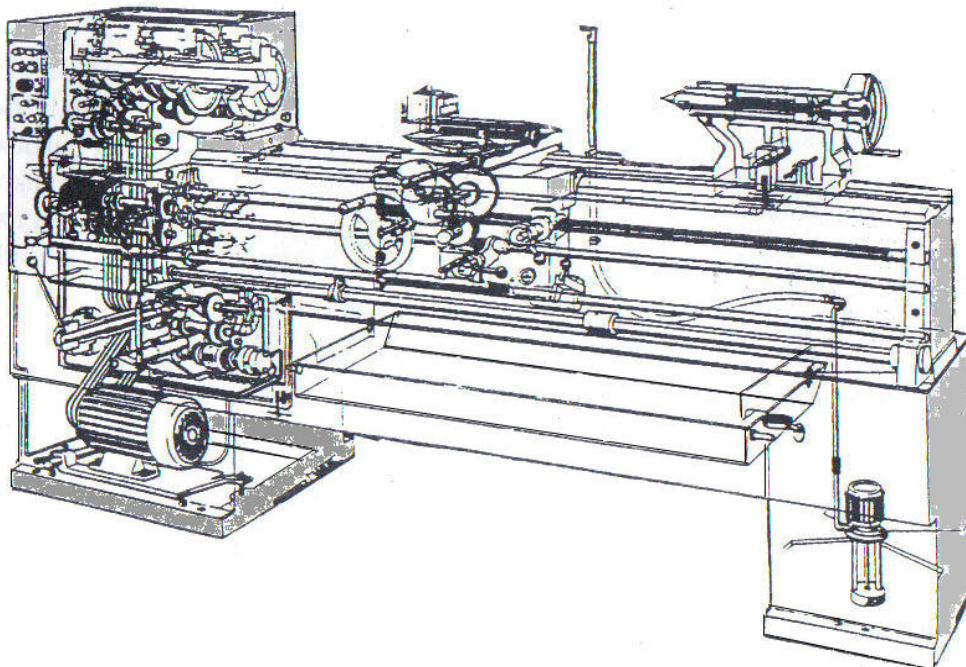
Po r. 1950 fungujú v automobilovom priemysle USA plne automatizované výrobné linky, dlhé až 400 m. Od r. 1954 sa zavádzajú v Rusku, Veľkej Británii a Francúzsku.

Spomedzi strojov domácej výroby možno uviesť transmisný univerzálny hrotový sústruh so stupňovitou zmenou otáčok vretena pomocou zložitej remenice. Sústruh už mal výmenné ozubené kolesá na odvedenie pohonu vodiacej skrutky k posuvu suportovej jednotky. Bol vyrobený r. 1900 firmou MAX HOPFENGARTNER v Holoubkově (neskôr závod KOVOSVIT).

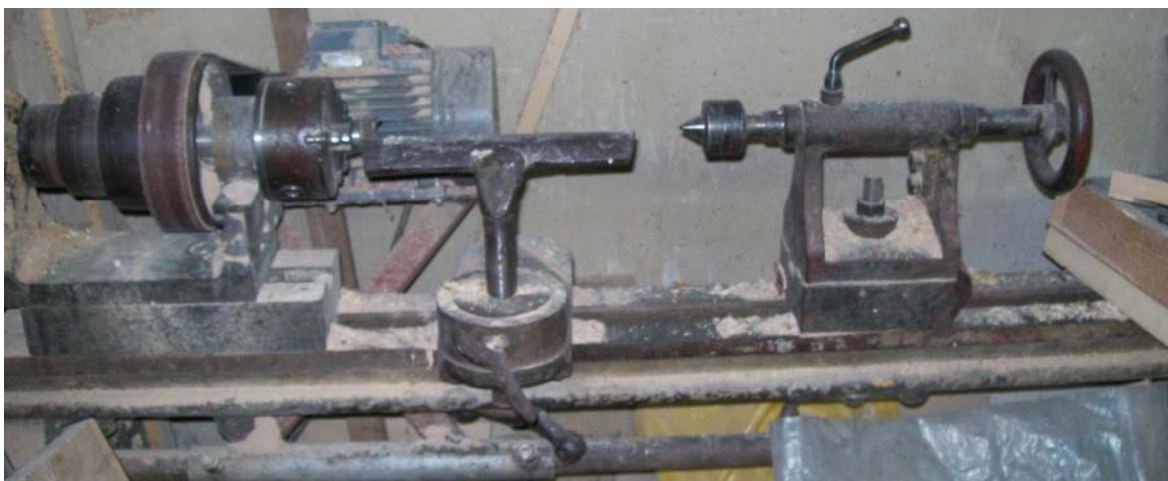


*Obr. 3.67 Transmisný univerzálny sústruh s vylepšenou konštrukciou*

V strojárstve sa od r. 1900 používa rýchlorezná oceľ s 18% volfrámu a 4% chrómu. Jej tepelné spracovanie navrhli M.WHITE a F.W.TAYLOR.



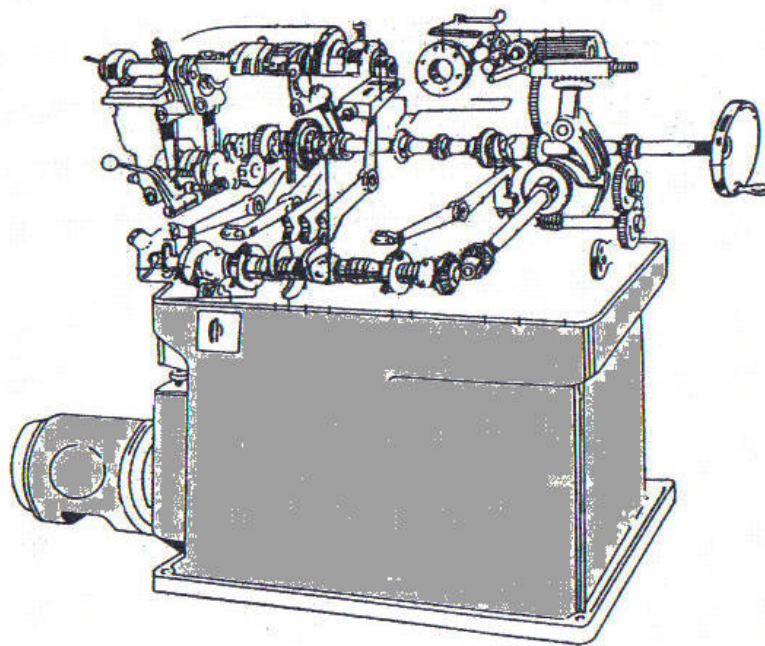
*Obr. 3.68 Kinematika viacúčelového hrotového sústruhu, poháňaného jedným elektromotorom*



*Obr. 3.69 Klasický sústruh na drevo (vľavo stupňovitý remeňový prevod od elektromotora)*

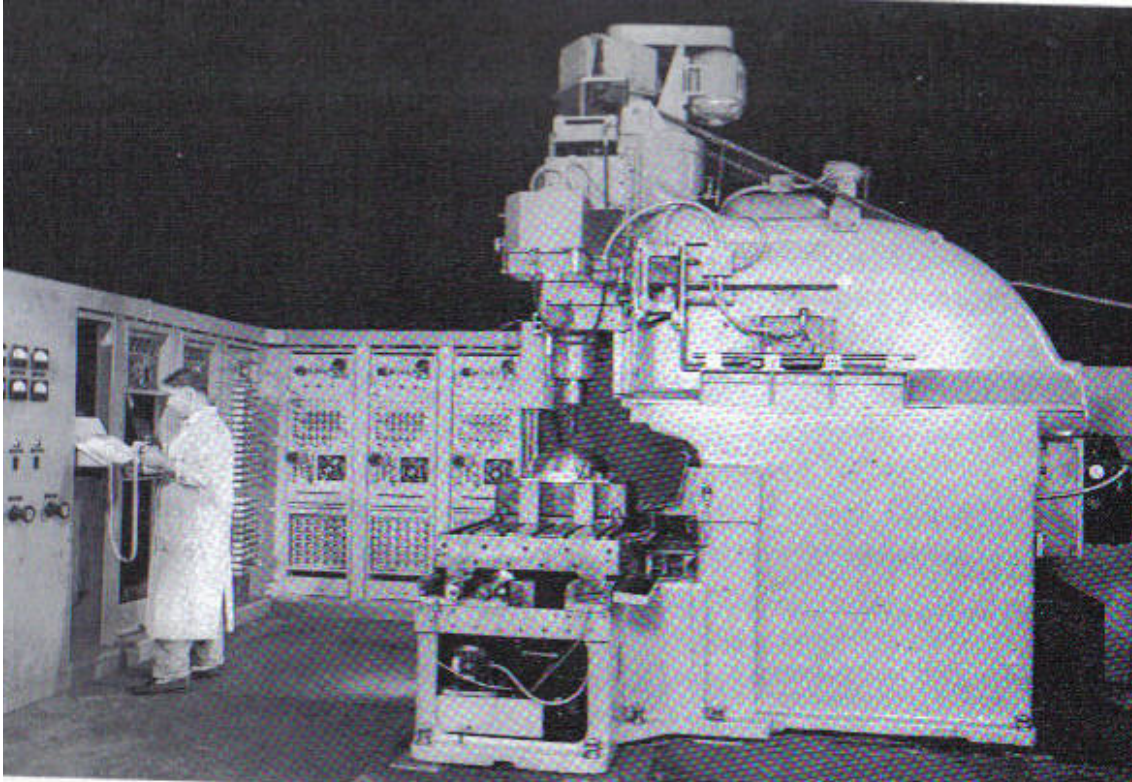
Už v polovici 20. storočia vznikajú pokusy o automatizáciu procesu obrábania. Prvé automatizované obrábacie stroje boli založené na riadení pracovných funkcií pomocou pevných vačiek, ktoré vo svojom tvare zachovávali cyklus pohybu nástroja (obr. 3.70).

*Obr. 3. 70  
Kinematická  
schéma reťazca  
jednotkového  
pohonu  
pracovních  
vretien a posuvov  
supportov  
revolverového  
sústružníckeho  
automatu  
pomocou vačiek.*



Massachusettský technologický inštitút (MIT-Maschachusetts Institute of Technology) v USA postavil prvý číslicovo ovládaný (NC) stroj (Numerical Control Machines). Tieto stroje boli schopné vykonávať technologické operácie v spolupráci s elektronickou čítačkou technických výkresov. Rozmery súčiastok, vyčítané z technického výkresu sa elektronickým počítačom pretransformujú do priestorových súradníc a prenesú do riadiacej jednotky obrábacieho stroja. Obrábací stroj potom naprogramovanými pohybmi nástroja, obrobku, alebo upínacieho mechanizmu obrobí súčiastku na potrebný tvar. Riadiace príkazy od počítača majú číslicovú formu. Riadiaca jednotka je schopná príkazy meniť na mechanické úkony.

V ďalšej fáze vznikali stroje, ktorých riadenie podporoval počítač. Hovoríme už o CNC strojoch (Computerize Numerical Control). Tvar obrobku sa nepredkladá vo forme technického výkresu, ale priamo vo forme počítačového programu, ktorá opisuje obrobok v strojovom kóde. CNC stroje sú preto výhodné na výrobu jednotlivých súčiastok v malosériovej a kusovej výrobe. Najlepšie sa riadia frézky, voľne programovateľné v trojrozmernom priestore. Sú schopné automaticky obrobiť tvarovo zložené obrobky.



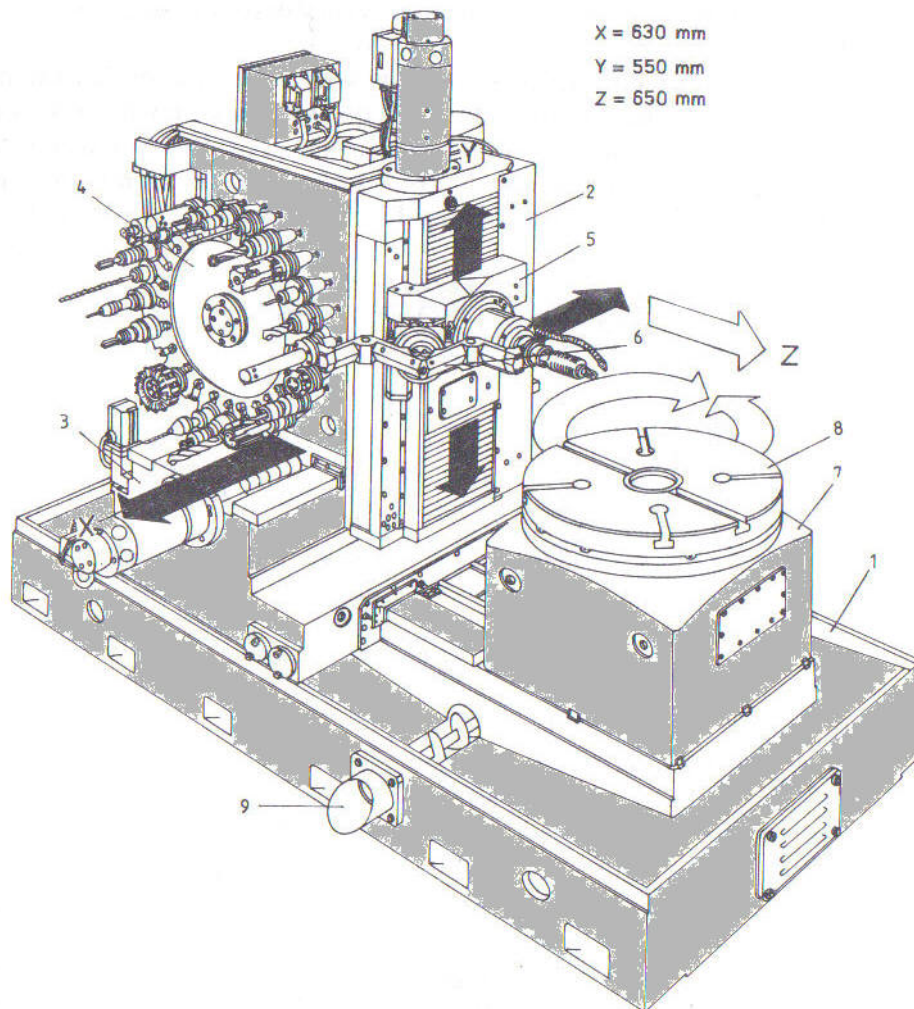
*Obr. 3.71 Číslicovo riadená frézka (MIT) z r. 1957. Skrine riadiaceho počítača, zodpovedajúce vtedajšiemu stavu výpočtovej techniky ešte veľmi rozmerné*

Kvalitatívna zmena nastáva zavedením pružnej automatizácie, založenej na aplikácii novej generácie obrábacích strojov a obrábacích centier, ktoré sú schopné reagovať na zmenu sortimentu vyrábaných súčiastok. Prudký rozvoj týchto výrobných prostriedkov si žiada nové pohľady na konštruovanie strojov (rýchlobežné vretená, valivé vedenia pohyblivých častí, vysokovýkonné jednosmerné a krokové elektromotory na pohon jednotlivých výkonných mechanizmov) a systém ich automatického riadenia. Súčasne obrábacie centrá sú vybavené automatickou výmenou nástrojov, obrobkov, odstraňovaním odpadu a automatickou kontrolou stroja a obrobkov.



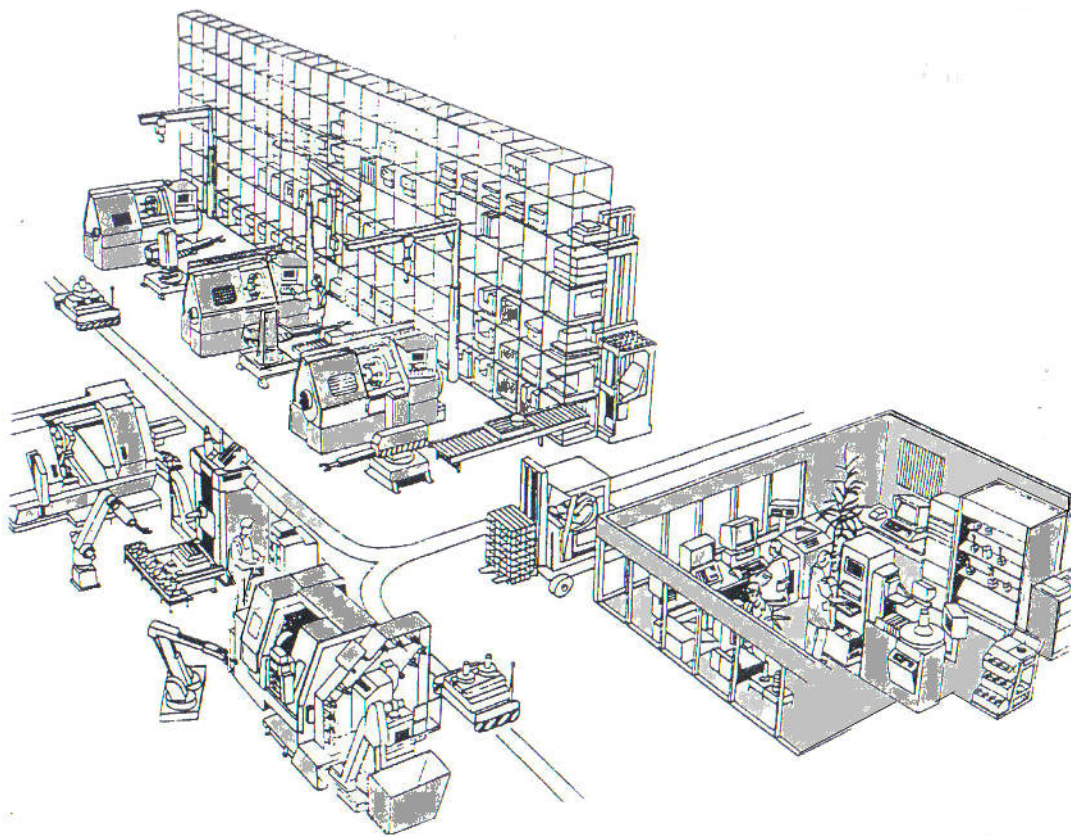


*Obr. 3.72 Súčasná NC frézka a sústruh (riadiaci systém je súčasťou stroja)*



*Obr. 3.73 Obrábacie centrum na skriňovité súčiastky firmy BURR (SRN). 1-základ, 2-stojan, 3-lôžko stojana, presuvné v os x a y, 4-zásobník rezných nástrojov, 5-priečnik s vretenom, 6-manipulátor na výmenu nástrojov, 7-stojan stroja, 8-kruhový stôl*





*Obr. 3.74 Predstava o automatizovanom výrobnom systéme s obmedzenou obsluhou, indukčnou medzioperačnou dopravou, riadenou robotmi a manipulátormi*

Cieľom je vytvorenie závodov s minimálnou ľudskou obsluhou. Autonómne systémy sú založené na viacnástrojovom a viacpolohovom obrábaní, riadenom počítačom. Technický program si žiada rozpracovať a zviest' nové technologické metódy a procesy, ktoré vedú k intenzifikácii práce mechanizmov a zariadení, menia sa konštrukcie a principiálne schémy v súlade s funkciou.

Bez tvorivých nápadov a na ich báze vytváraných riešení vo všetkých historických etapách o ktorých sme hovorili, nebol by možný ani súčasný pokrok techniky, ktorá stavia človeka do polohy riadiť zložitú techniku, nie jej slúžiť.

## 4 Z HISTÓRIE POĽNOHOSPODÁRSKEJ TECHNIKY

V období 12-10 000 pred n. l. sa začali niektoré skupín ľudí špecializovať na určitý druh zveri ak sob, daniela, gazely a kozy. Stáda v blízkosti ktorých žili boli akousi živou rezervou a zásobárňou mäsa. Blízky vzťah v ďalšom období viedol k tomu, že tieto zvieratá zajalo a domestikovali. Najprv to boli kozy a ovce. Tak sa postupne rozvíjali podmienky na vznik pastierstva.

Rozširuje sa pravidelná žatva plno rastúcich obilnín, najmä jednozriek jačmeňa a pšenice, najmä v krajinách prednej Ázie v oblasti tzv. úrodného polmesiaca od Levanty cez východnú Antóniu po severný Irak a západný Irán. Na žatie divo rastúcich obilnín sa zhotovovali prvé kosáky s kamennými čepeľami. Zrná sa drvila na zvláštnych drvičoch a mažiaroch.



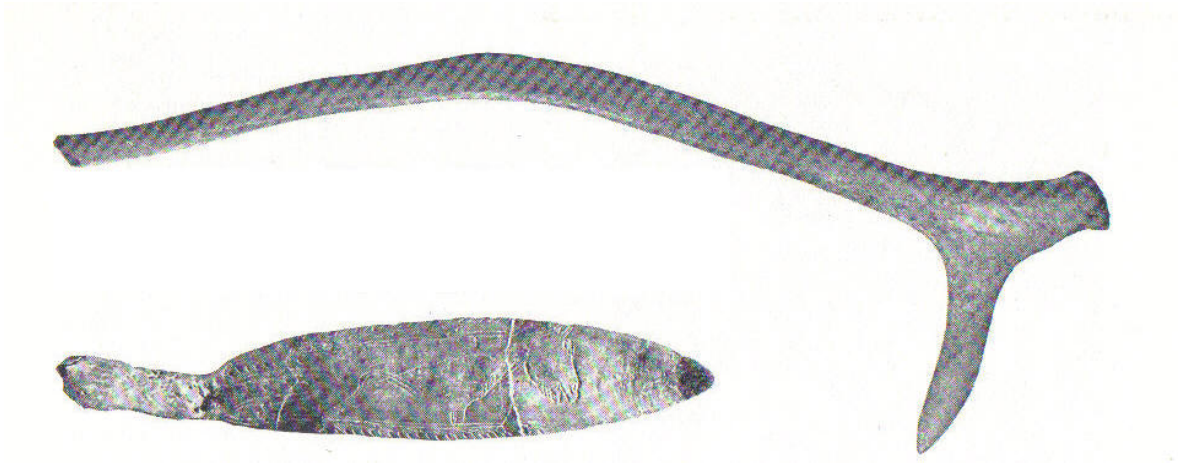
*Obr. 4.1 Kamenné mažiare a mlecie kamene z natufienskej kultúry, nájdené vo Wádí Hammeh v Jordánsku*

V r. 10 000-8 000 pred n.l. sa začalo obdobie *neotermu*, keď podnebie nadobúdalo už dnešný charakter. Ľadovce celkom ustupujú. Vzniká klíma, ktorá je nepriaznivá životu lovcov zveri, ale v určitých krajoch (úpätie hornatých oblastí prednej Ázie a južná časť Severnej Ameriky) sa vytvárajú priaznivé podmienky pre vznik poľnohospodárstva.

R. 9 000-8 000 pred n. l. vznikajú v určitých priaznivých oblastiach, najmä v Prednej Ázii základy poľnohospodárstva. Od začiatku systematického obrábania človek núti prírodu, aby produkovala viac plodov ako v prirodzenom stave a zabezpečila tak nielen nasýtenie obyvateľstva, ale aj prebytok potravín pre ďalšie činnosti. Niekedy sa hovorí o poľnohospodárskej, alebo agrárnej revolúcii, ktorej proces trvá niekoľko tisícročí. Poľnohospodárstvo umožňuje vytvárať dlhodobé zásoby obilia, ktorá nepodlieha skaze. Je začiatkom usadeného spôsobu života, umožňuje vytvárať stále osídlenia a domovy.

Jednozrnná pšenica sa začína pestovať v juhovýchodnom Labante, severnom Iraku a západnom Iráne. Čoskoro sa pestuje tiež šošovica v Palestíne, neskoršie pšenica, hrach a iné plodiny.

Polia sa pôvodne obrábali špicatými žrd'ami, ale určité rýľovité nástroje boli známe už predtým. Na obr. 4.2 je motyka zo sobieho parohu a dýka s rytinou koňa z tohto obdobia.



Obr. 4.2 Motyka a dýka zo sobieho parohu

Postupne sa objavuje zdokonalené žatevné náradie, žacie nože, kosáky, cepy bez kĺbov, ručné mlynčeky s podložkou a *trelom*.

Súčasne s rozvojom poľnohospodárstva sa rozvíja chov domácich zvierat, domestikácia kôz, oviec, sviň a pod. človek prechádza od neproduktívneho lovu k produktívnemu. Stáda poskytujú zásoby mäsa a ďalších živočíšnych produktov. Ťažná sila skrotených zvierat sa neskôr používa v poľnohospodárstve a doprave. Domestikované zvieratá unesú až 40 krát viac ako divé. Býva spor o tom, či chov zvierat predchádzal poľnohospodárstvu. Obe činnosti úzko súvisia a prebiehali súbežne.

Usadzujúci sa poľnohospodári začínajú budovať obytné stavby.

V 7. tisícročí pred n. l. dochádza v Prednej Ázii k dôležitej del'be práce. Menšia skupina obyvateľstva sa prestáva zúčastňovať na priamej výrobe potravín a venuje sa špeciálnej remeselníckej práci, výrobe nástrojov a úžitkových predmetov. Táto del'ba práce medzi poľnohospodárstvom a remeslom nadobúda postupne epochálny vplyv na vývoj techniky a výroby, pre vznik miest a prvých štátnych útvarov.

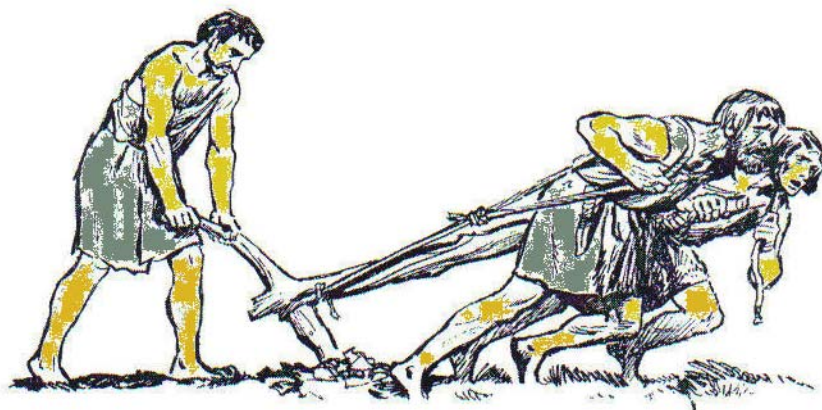
6-5 tisícročie pred n. l. znamená prechod poľnohospodárstva z vyššie položených území Iránskej vysočiny, Antólie a Levanty do údolí veľkých riek, najskôr Eufratu a Tigrisu v Mezopotámii, neskôr Nílu a Indusu, kde využíva úrodnú pôdu a polia, hnojené pri záplavách nánosmi bahna. Postupne sa rozširuje zavodňovanie polí. Podstatne sa tým zvyšujú výnosy, využívajú sa predtým neplodné pôdy a vytvárajú sa podmienky na vznik prvých civilizácií.

Pri obrábaní pôdy sa už z pôvodných žrdí a motýk postupne vyvíja hák, zložený z vodorovného pňa a rýľa. Primitívne pluhy, radlá sa zrejme začali používať v Mezopotámii.

Vznikajú prvé osady poľnohospodárov na území Čiech a Slovenska (Bylany pri Kutnej Hore, Mohelnice pri Zábřehu, pohrebisko Nitra a iné).

V 5. tisícročí pred n. l. v strednej Európe sa získavajú väčšie poľnohospodárske plochy žiarením (vypaľovaním). Pestuje sa pšenica, jačmeň, proso, hrach a ľan. Rozširuje sa chov dobytka. Domy poľnohospodárov bývajú až 30 m dlhé a poskytujú priestor na bývanie, zásoby potravín a dobytok.

Vo 4. tisícročí pred n.l. používanie vozov s kolesami podnietilo zostrojenie postrojov na zapriahanie zvierat. Možno predpokladať, že už v tomto období sa používal primitívny pluh. Pôvodne ho ťahali ľudia, neskôr sa naučili orať účinnejšie pomocou zvierat, ktoré pluh ťahali, kým človek ho len zatláčal do pôdy.



*Obr. 4.3 Drevené radlo na oranie pôdy*

Je dokázané, že okolo r. 2 940 pred n. l. sa na kyprenie pôdy ale aj na zahrabávanie osiva do pôdy používa u Sumerov v Mezopotámii drevené radlo. Sumerský pluh sa skladal z ťažnej tyče, ktorá bola na jednom konci upevnená remeňmi o rohy dvoch kráv a na druhom konci bol pluh, ktorá pozostával z priečnej tyče, ktorá niesla zaostrený drevený hák-radlo. Ťažšie radlá slúžili na hlbšie rozrývanie pôdy. Pomocou ľahších pluhov prikrývali na poliach rozosiata osivo zemou. Sumerskí poľnohospodári pestovali aj datle a olejnaté rastliny.

Na rozdrvenie zrna sa používali primitívne drviče. Bola to jedna z hlavných ľudských činností v celej histórii. Najstaršia metóda spočívala v tom, že sa zrno položilo na kameň, ktorý sa pre svoj tvar nazýval sedlový a drvilo sa iným kameňom, škrabákom. Táto činnosť bola bežná už v období 4 000 pred n. l.



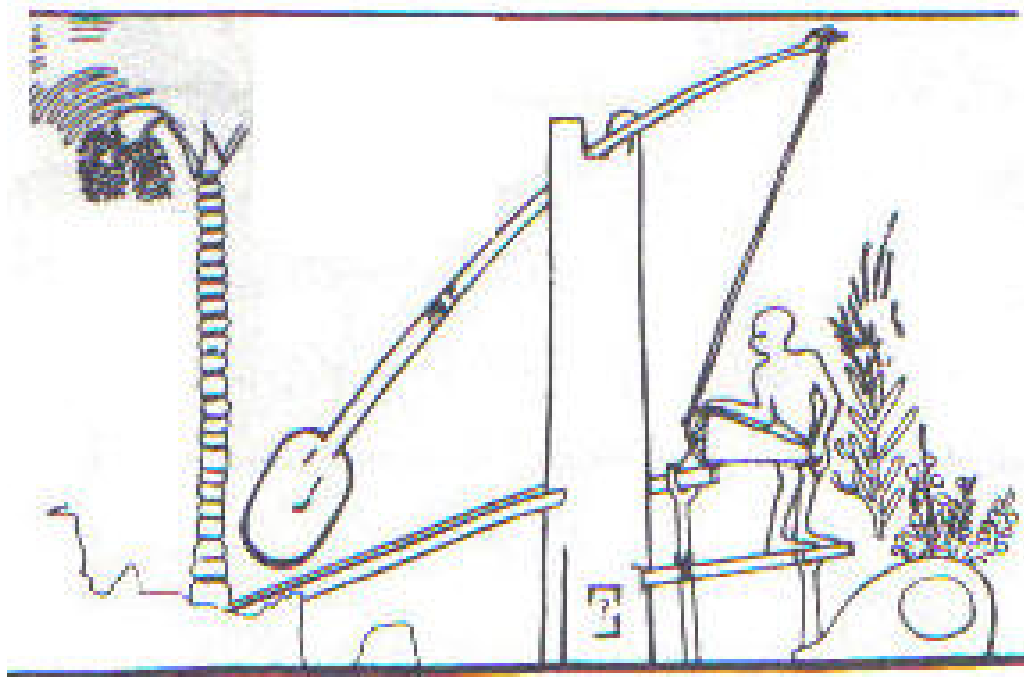
*Obr. 4.4 Vápencová soška z Egypta z r. 2 310 pred n. l. Predstavuje slúžku, ktorá melie zrno [9]*

V egyptskej hrobke asi z r. 2 000 pred n. l. sa našiel model muža, ktorá orie pluhom, ťahaným párom volov (obr. 4.4). (Treba poznamenať, ako ukázali neskoršie experimenty, že drevený pluh bol vhodný na kyprenie pieskovitej pôdy. Ostrý piesok nepôsobí abrazívne na pružné drevo, ale sa po ňom kotúľa. Naopak, oceľový pluh sa v piesku rýchle otupuje abráziou)



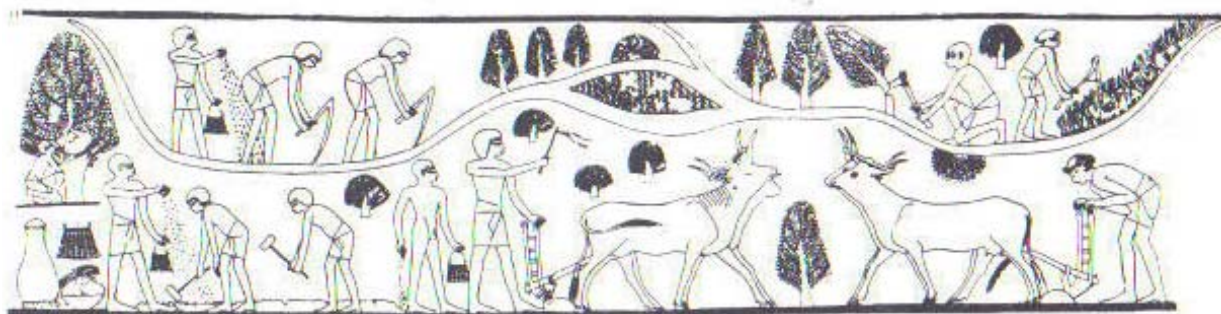
*Obr. 4.5 Model pluhu, nájdený v egyptskej hrobke je z r. 2 000 pred n.l.*

Zavlažovanie v Egypte sa realizovalo už r. 1500 pred n. l. žeriavom (obr. 4.6).



*Obr. 4.6 Zavlažovanie v Egypte (z hrobky z Téb, 1500 pred n.l.)*

Dochádza k domestikácii koní, ako ťažné zvieratá sa používajú asi od r. 2 500 pred n. l.. Zapriahajú sa do jarma a okolo krku majú ešte pás.



*Obr. 4.7 Egyptský rekultivácia pôdy z hrobky v Tébach, 1420 pred n. l.*



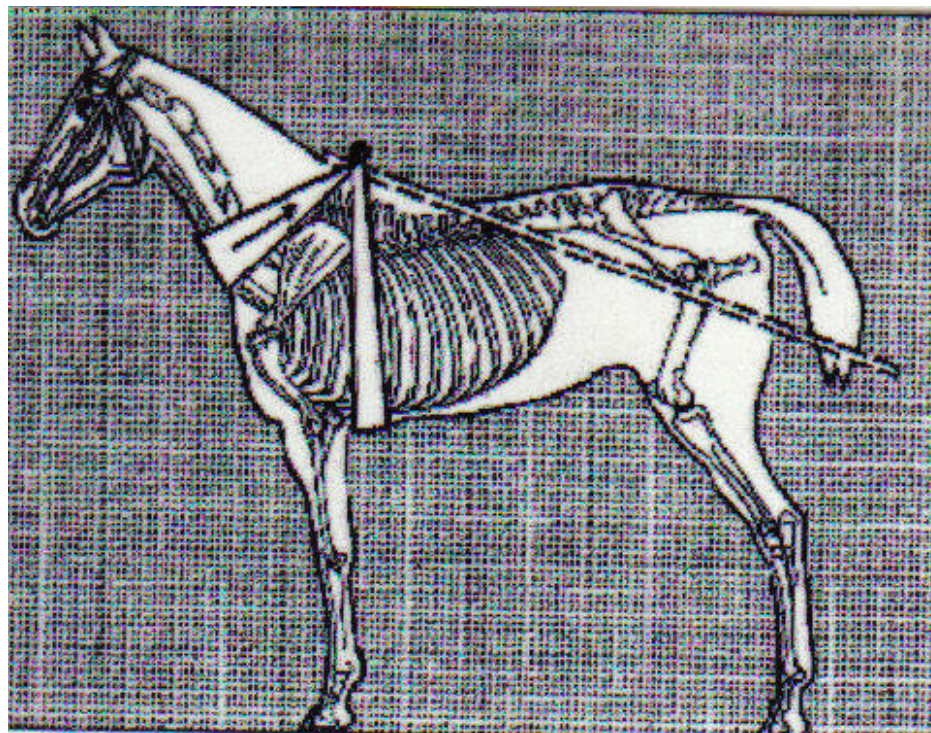
*Obr. 4.8 Grécky pluh (z pohára, šieste storočie pred n. l) [9]*

V 5. storočí pred n. l. vynašli nožnice na strihanie oviec a látok.

V 2. storočí pred n. l. sa objavujú ťažké pluhy, ktoré pôdu nielen rozrývajú, ale aj obracajú. Pluh v tejto podobe sa neskoršie rozšíril po Európe a bol základom jej poľnohospodárskeho rozvoja.

V Číne dochádza k významnému zdokonaleniu postroja na konskom záprahu. Sila sa neprenáša z hrude zvierat'a, ale až z krku, čo umožňuje ju lepšie využiť (obr. 4.6).

*Obr.  
4.9  
Anatomická  
kresba koňa  
s novým  
záprahom  
[21]*



V 1. storočí n. l. začali Gálovia na kosenie používať špeciálny nožový voz, ktorá mal na prednej strane železné zuby. Tie oddeľovali klasy od stebiel a oddelené klasy sa zhromažďovali v debničke. Stroj upadol v stredoveku do zabudnutia.

Až 3. storočie nášho letopočtu znamená zdokonalenie konského postroja. Po niekoľkých storočiach získali dnešnú podobu. Podľa skúšok kôň, zapriahnutý do chomúta utiahne až päťkrát viac ako pri starovekom jarme.

4.-5. storočie znamená vznik technológie výroby cukru. Zahustením trstinovej šťavy sa získavajú kryštálky cukru. V ďalších storočiach sa pestovanie a spracovanie trstiny dostalo do Perzie a Číny, potom prostredníctvom Arabov do Španielska a za krížových vojen na Sicíliu a do južnej Itálie.

7. storočie znamená rozvoj veterných mlynov v Číne a v Perzii. U Rimanov, hoci boli známe, sa v praxi neuplatnili.

V 6.-12. storočí sa výrazne zdokonaľuje pluh. Doplnilo sa krájadlo, radlica a ohŕňačka. Tento pluh má už kolesá, čo veľmi uľahčuje a zdokonaľuje orbu.

7.-13. storočie prechádza naše poľnohospodárstvo od prielohového hospodárstva k úhorovým sústavám. V tej dobe sa symetrické radlice postupne menia na asymetrické, pluhové.

9.-12. storočie vedie v Európe (o niekoľko storočí neskôr ako v Číne) k rozšíreniu záprahu s chomútom. Približne v tom čase sa začínajú používať podkovy. Podľa niektorých správ podkovy používali už Kelti.

Po r. 1125 sa zachovala prvý písomná zmienka o vodnom mlyne na našom území v Uneticiach.

V 11.-13. storočí prebieha v Európe agrárna revolúcia. Rozširuje sa používanie kvalitných železných nástrojov.

*Obr. 4.10  
Železný pluh  
a asymetrická  
radlica  
s kolami  
v Európe (11.-  
13. storočie).  
Drevoryt  
z Hájkovej  
Kroniky české,  
1541*



Vynašli záprah, ktorý umožňoval orať aj s viac záprahom koní, prechádza sa k trojpoľnému systému obrábania polí (jarina, ozimina, (hlavne raž) a úhor). Presahujú sa

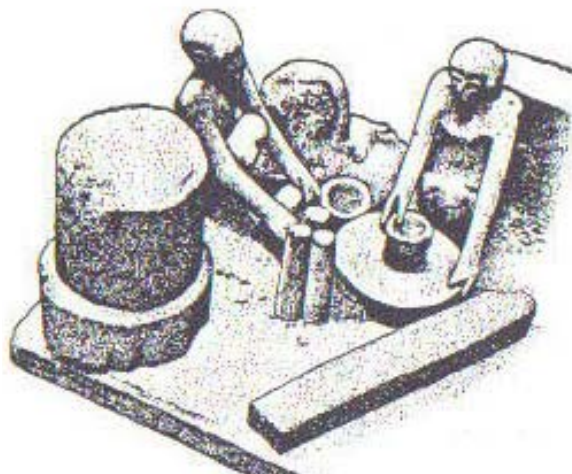


už aj niektoré strukoviny. Začína sa používať pluh s predplúžkom na preoranie mačiny (obr. 4.11)

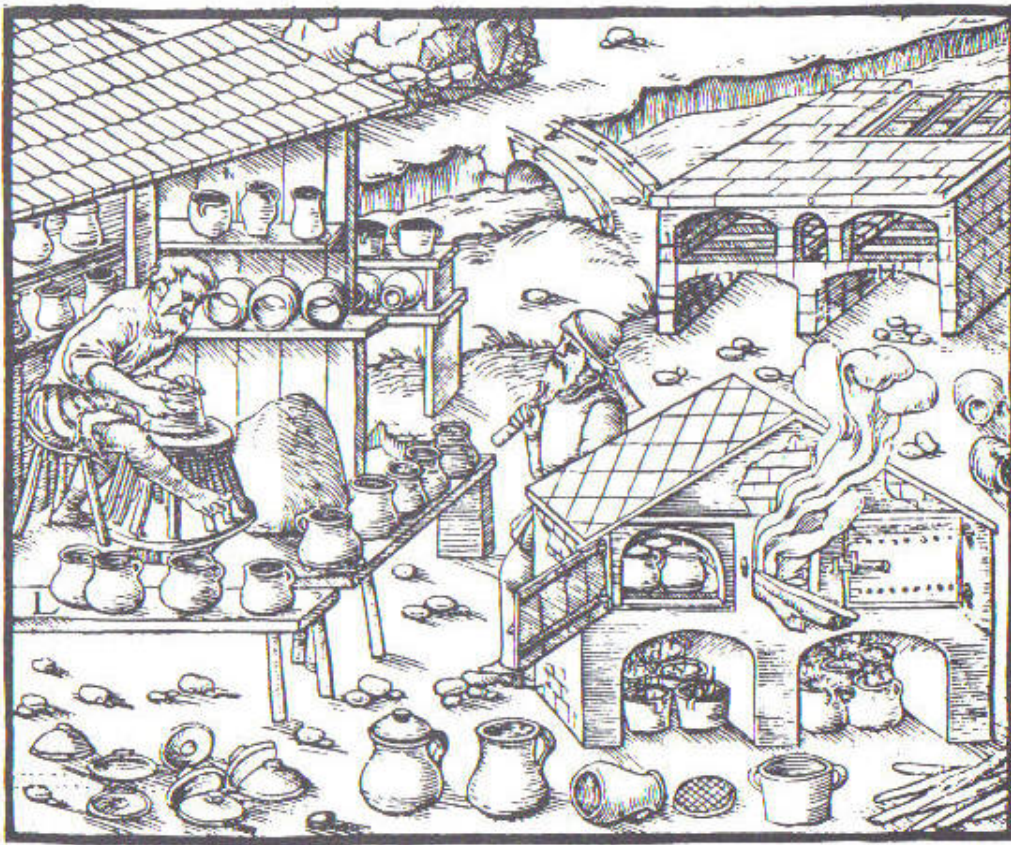


*Obr. 4.11 Orba zo začiatku 14. storočia, u rukopisu „Anglickej biblie“*

V hrnčiarskej výrobe sa začal používať hrnčiarsky kruh už r. 1900 pred n. l. (obr. 4.12), vtedy ešte otáčaný ručne. Až v 14. storočí sa používa kruh, poháňaný nohami (obr. 4.13).



*Obr. 4.12 Egyptskí hrnčiari , 1900 pred n. l.*

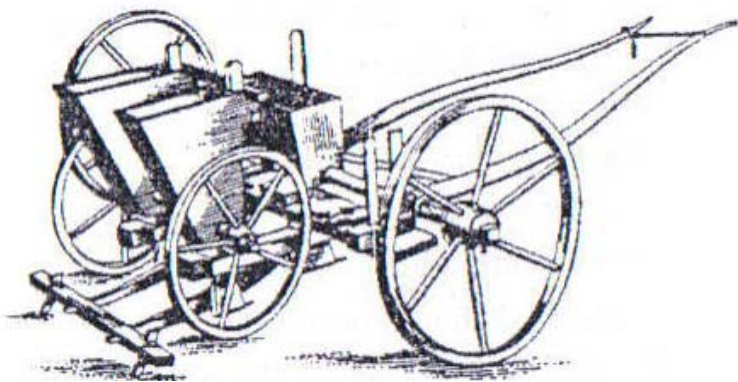


Obr. 4.13 Výroba hlineného riadu z knihy G.AGRICOLA: *De re metallica* [1]

R. 1570 sa v Čechách robia pokusy s viacradličným pluhom.

17. storočie znamená obdobie poľnohospodárskej revolúcie v západnej Európe. Miesto úhoru sa pestujú krmoviny. Veľká pozornosť sa venuje lúkam a chovu dobytky, jeho postupnému ustajneniu a zásobám hnojiva.

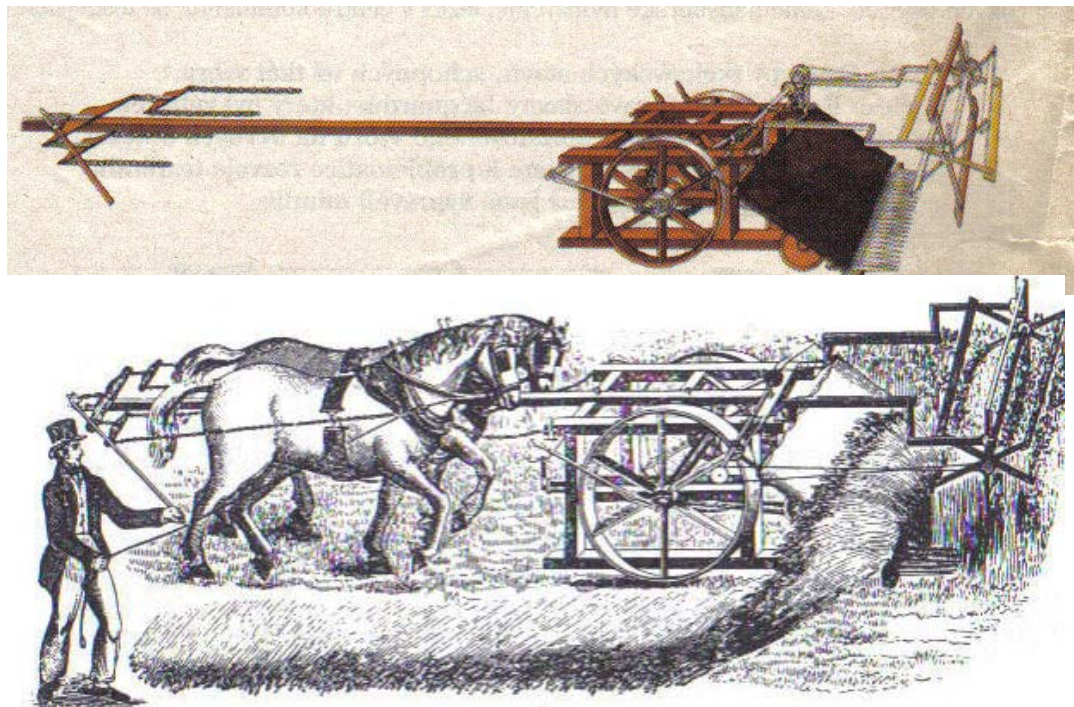
R. 1782 JETHRO TULL predstavil verejnosti sejací stroj vo svojej knihe z r. 1731. Bol úspešne adaptovaný od rozsievania menších aj väčších semien aj na rozhadzovanie hnojiva. Aj keď bol tento stroj prevratným objavom a jeho používaním začala mechanizácia poľnohospodárstva, bol stále vo vývoji. Používanie stroja sa rozširovalo veľmi pomaly, asi jedna míľa za rok v Amerike.



Obr. 4.14 Kresba sejačky  
J.TULLA [9]

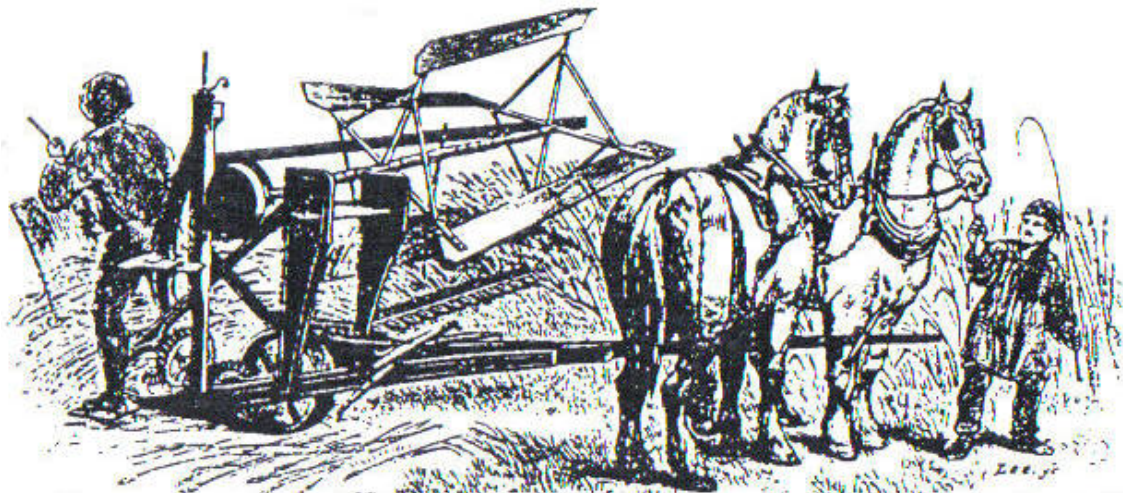
Napriek tomu, že pri žatve sa spotrebuje najviac pracovných síl, je prekvapujúce, že vývoj žacích strojov od r. 1780 po pol storočia stagnoval. PATRICK BELL, škótsky presbiterián vyhral r. 1826 cenu poľnohospodárskej spoločnosti za zaujímavo vyzerajúci

stroj, ktorý mal vpredu nožnice a musel byť tlačný koňmi (obr. 4.9). Toto riešenie však bolo príliš nebezpečné.



*Obr. 4.15 BELLOVA kosačka tlačená koňmi v modeli a prevádzke*

Stroj sa vyrábal v polovici 19. storočia. Medzitým r. 1833 Američan O. HUSSEY vyvinul oveľa praktickejší stroj, ktorá bol už ťahaný. Neskôr bol nahradený spoľahlivejším strojom C. Mc CORMICKA. Urobil celú sériu vylepšení na svojom patente z r. 1834 a stroj sa začal vyrábať v Chicagu r. 1848 (obr. 4.16).



Obr. 4.16 Mc CORMICKOVA kosačka [9]

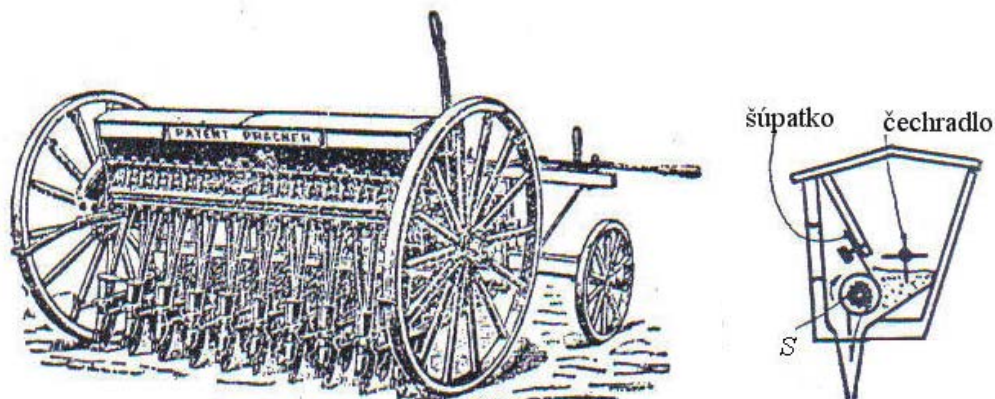
Krátko po r. 1780 Škót ANDREW MEIKLE vyvinul novú mláťačku. Zatiaľ čo niekoľko starších konštrukcií sa pokúšalo mechanicky napodobniť cepy, jeho mechanizmus pozostával z dvoch vŕahovacích valcov a jedného mláťacieho bubna vo vnútri mláťacieho koša. Tento systém sa ujal všeobecne.

V procese oddeľovania zrna od pliev dlho pretrvávala ručné práca. Až r. 1784 MEIKLE vyvinul stroj, v ktorom sa obilie dávalo medzi dva valce a plevy sa vlastne vymleli. Tento typ stroja sa rýchle rozšíril v Škótsku a na severe Anglicka. Najprv bol poháňaný koňmi, neskôr parným strojom.

R. 1784 českobudejovický mešťan a kováč J.WUNDERLICH zostrojil sejací stroj, ktorá sa skladala z výsevnej skrine, valčekového výsevného mechanizmu, zberného koryta, semenovodov a radličiek. Stroj sa ešte vo vtedajších podmienkach neuplatnil.

Tento princíp však v podstate pretrval doteraz. Na obr. 4.11 je novšia sejačka.

Súčasný riadkovací sací stroj seje v riadkoch do rovnakej hĺbky. Výsevná skriňa má vo vnútri *čechradlo*, ktoré podporuje nepretržité padanie semena k otvorom v dne zásobnej skrine, ktorými zrno padá k vysievaciemu zariadeniu. Sú to puzdra s otáčajúcimi sa valčekmi *S*, ktoré vyvádzajú semena do rúrok. Na konci výsevných rúrok sú bodky s liatinovými špicami, ktoré vytvárajú do pôdy drážky. Valčeky sú naháňané od kolies. Zmenou ich otáčok sa reguluje siatie.

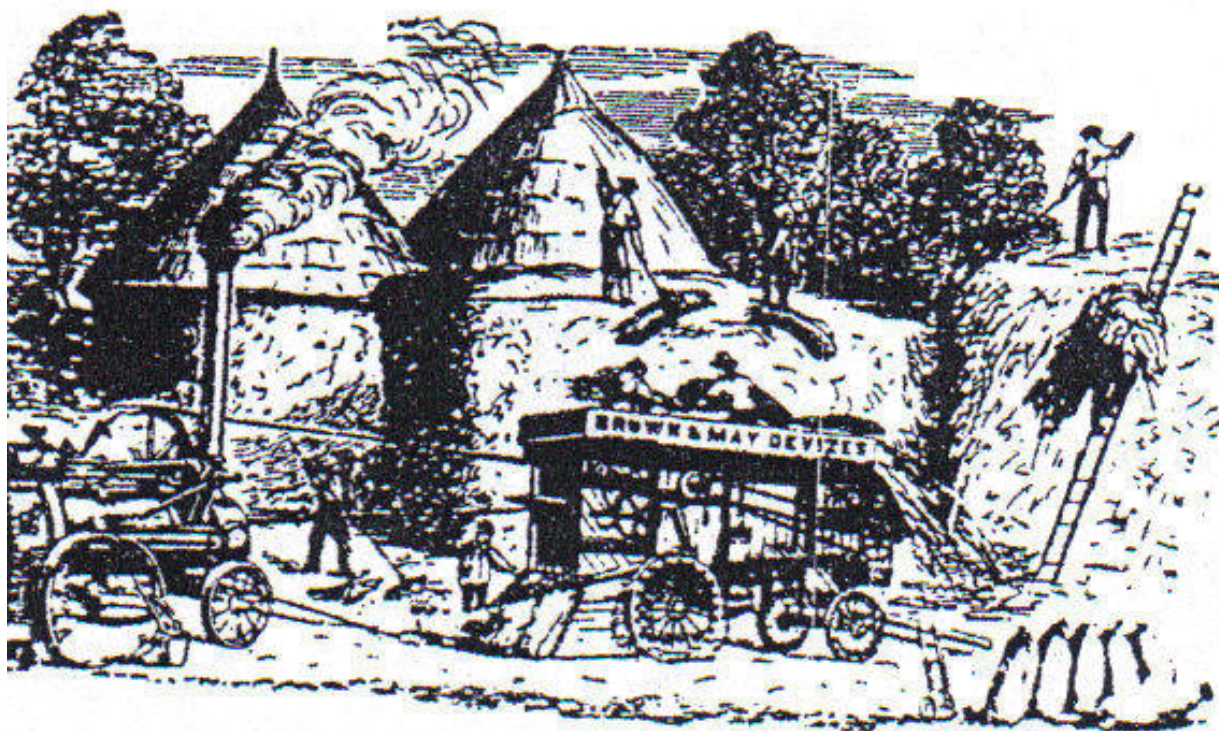


Obr. 4.17 Riadkovací sací stroja a jeho výsevná skriňa

R. 1788 Škót MEIKLE (1719-1811) vynašiel praktickú mláťačku s lištovým bubnom.

R. 1789 Angličan ROBERT RANSOME predstavil pluh, ktorý bol z liateho železa a bol pod povrchom chladený, v dôsledku čoho sa mal počas orby sám ostriť. Neskôr vynašiel železný rám pluhu s ľahko výmennými časťami.

R. 1802 sa používajú prvé mláťačky na parný pohon. Dokonalejšiu mláťačku zostrojil neskôršie r. 1811 konštruktér parných strojov TREVITHICK.



Obr. 4.18 Parná mláťačka fy Brown & May [3]

R. 1805 Angličan THOMAS PLUCKNETT skonštruoval žací stroj na kosenie obilia a trávy. Vrátil sa vlastne k myšlienke, ktorú už v prvom storočí zaviedli do praxe Gálovia v dnešnom Francúzsku. Na kosenie totiž používali špeciálny nôž, ktorý mal na prednej strane železné zuby. Tie oddeľovali klasy od stebiel a oddelené klasy sa zhromažďovali v debničke. Ako mnohé iné staršie mechanizmy, tak isto aj tento žací stroj upadol v stredoveku do zabudnutia, pretože poľnohospodárstvo v strednej Európe sa uberalo iným smerom ako v antickej.

R. 1808 ROBERT RANSOME získava patent na celo železný pluh, zostavený z vymeniteľných typizovaných súčiastok.

Orba nie je jednoduchým obracанím zeme. Niektoré baktérie v zemi odoberajú zo vzduchu kyslík a zanášajú ho do pôdy. Iné rozkladajú hnojivo a zvyšky obilia v pôde. K životu potrebujú vzduch vodu a teplo. Je preto potrebné pre ne pôdu nakypriť, umožniť udržanie vlhkosti a styk so vzduchom. Pluh sa vyvinul z háku, ktorá pôvodne zem len rozrýval. V súčasnosti je niekoľko variantov pluhu. Na obracanie a drobenie, na odrezávanie korenkov (*ruchadlo*), na zaorávanie mrvy a pod. Ruchadlo – pluh s krátkou, strmou doskou valcovitou. Vynašiel F. a V. VEVERKA r. 1828.



Obr. 4.19 Ruchadlo

Obr. 4.20  
Typický  
sedliacky  
hospodársky  
dom na  
Slovensku  
(Múzeum  
ľudovej  
architektúry  
Bardejovské  
Kúpele  
(šesťhranná  
stavba))



V hospodárstvach sa používajú ďalšie ručne ovládané dôležité zariadenia (obr. 4.21- 4.24 (Múzeum ľudovej architektúry Bardejovské Kúpele)).



*Obr. 4.21 Kamenné mlynčeky, ovládaný ručne a šľapací*



*Obr. 4.22 Nádrž na vodu z vydlabaného kmeňa vrby a „silo“ na obilie. Pri požiari sa vyrázili klíny spod uzavretého zásobníka a ten sa odkotúľal do bezpečia.*



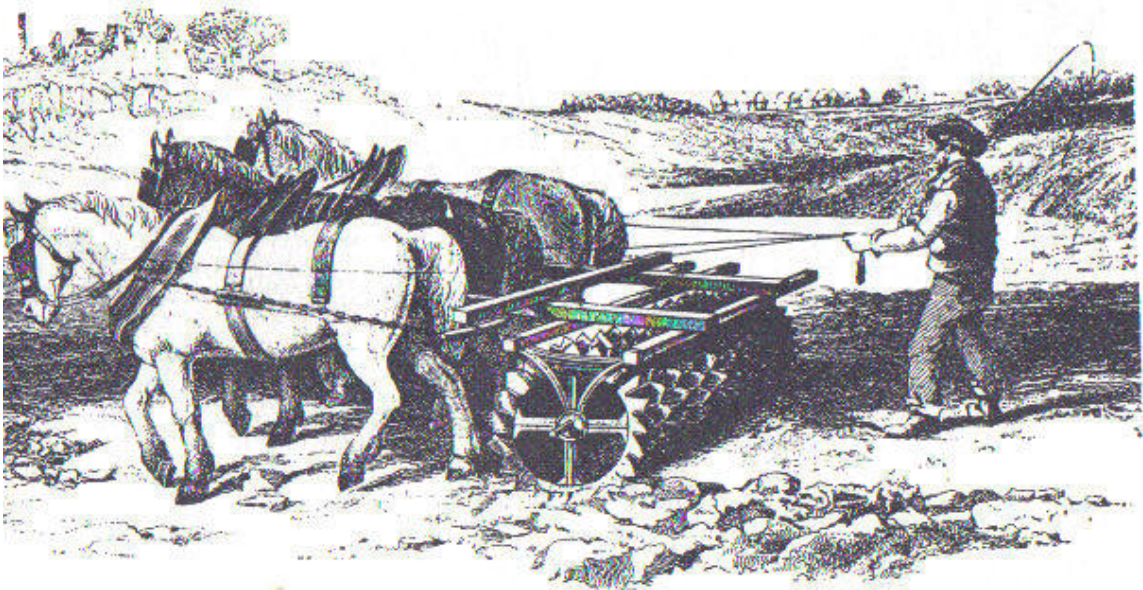
Obr. 4.23 Drevená sekačka na zemiaky a drevený mažiar



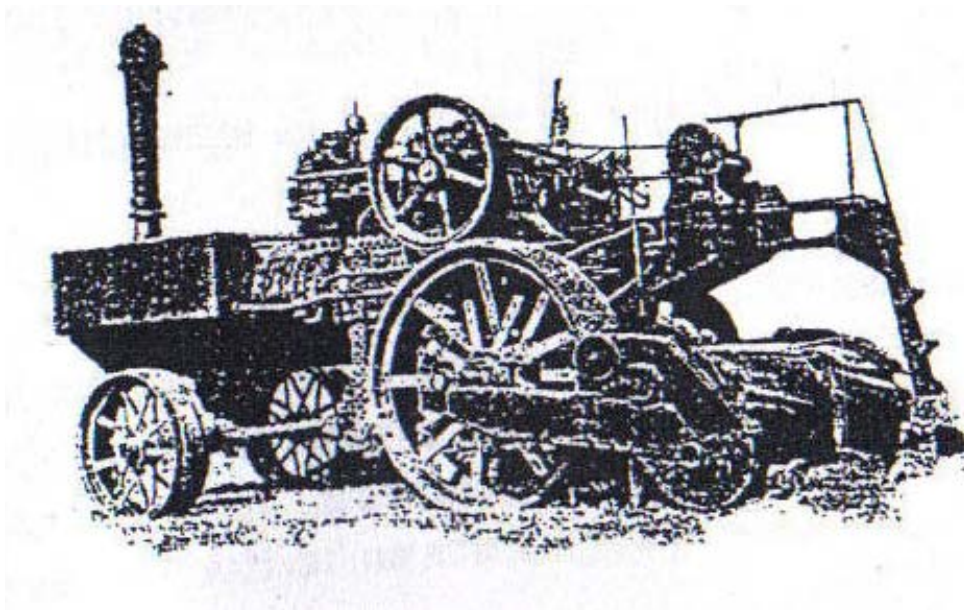
Obr. 4.24 Drevený lis (kyjanicou sa z oboch strán vbíjajú klíny, ktoré tlačia cez priečnik na piest)

R. 1841 bola dovŕšená náhrada pracovných častí poľnohospodárskych strojov odliatkami. Možno to dokumentovať na „rozbíjačí hrúd“, ktorá vyvinul CROSSKILL, alebo „parná motyka“ od firmy Ganz.





*Obr. 4.25 GROSSKILLOV rozbič hrúd [9]*



*Obr. 4.26 Parná motyka z továrne Ganz [9]*

Tiež vznikla prvá kosačka na trávnu, ktorú začali používať r. 1832. Vynálezcom bol EDVIN BUDDING, ktorý tento princíp zrejme prevzal z tkacích strojov (obr. 4.27).



*Obr. 4.27 Britský stroj na kosenie trávy. Zariadenie ťahal kôň, alebo vól a roľník viedol kosačku za rukoväte. Nožové koleso poháňal prevodom valec (vpredu)*

R. 1834 Švajčiar SULZBERGER postavil prvý valcový mlyn na múku.

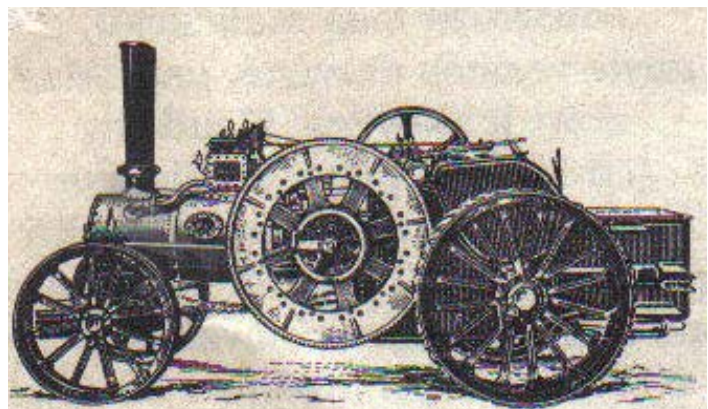
R. 1836 je patentovaný a zostrojený prvý kombajn, ktorý združuje žací stroj a mláťačku.

R. 1842 sa začal na pohon MEIKLE-ho stroja na separáciu pliev aplikovať parný stroj z lokomotívy.

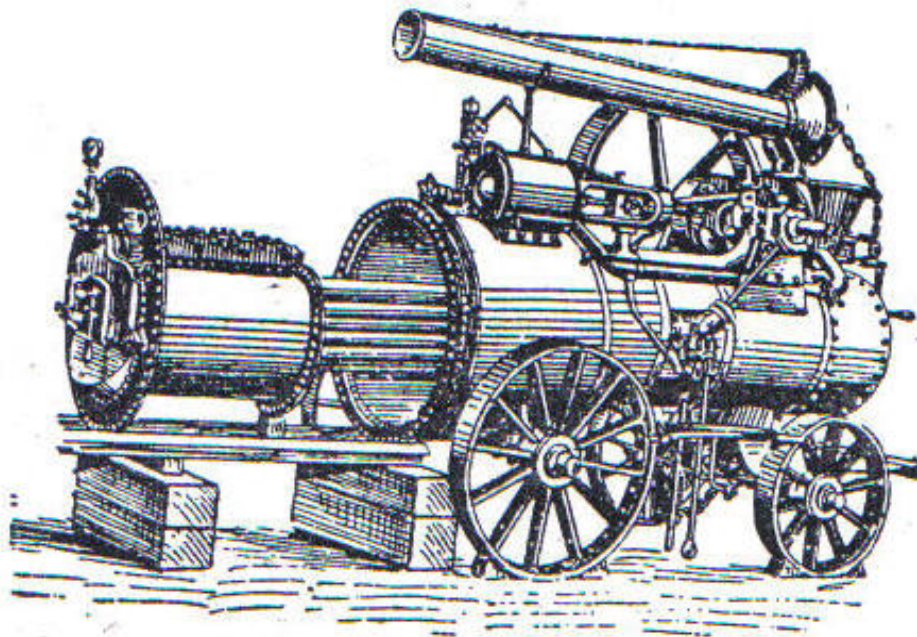
Zvyšok z mlátenia sa používal ako krmivo. R. 1850 sa začali na farmách používať sekacie stroje na delenie slamy na krmné účely.

Tretia štvrtina 19. storočia znamená zmenu v rovnováhe medzi Európou, Britániou a zámorím. Prispelo k tomu nové osídľovanie a skutočnosť, že Európa a Británia začala stagnovať a Nový svet sa snažil znížiť ceny obilia.

Na rozličné aplikácie v poľnohospodárstve sa rýchle presadil parný stroj. Na obr. 4.28 je parný pluh. K oraniu boli potrebné dve lokomotívy, každá na jednom konci poľa a potom preklopný pluh, ktorá sa skladal z dvoch , otočne spojených na vozíku. Pluh sa potom ťahal sem a tam. S myšlienkou prišiel r. 1846 J OSBORNE, zužitkoval ju po r. 1850 J.FOLVEL.

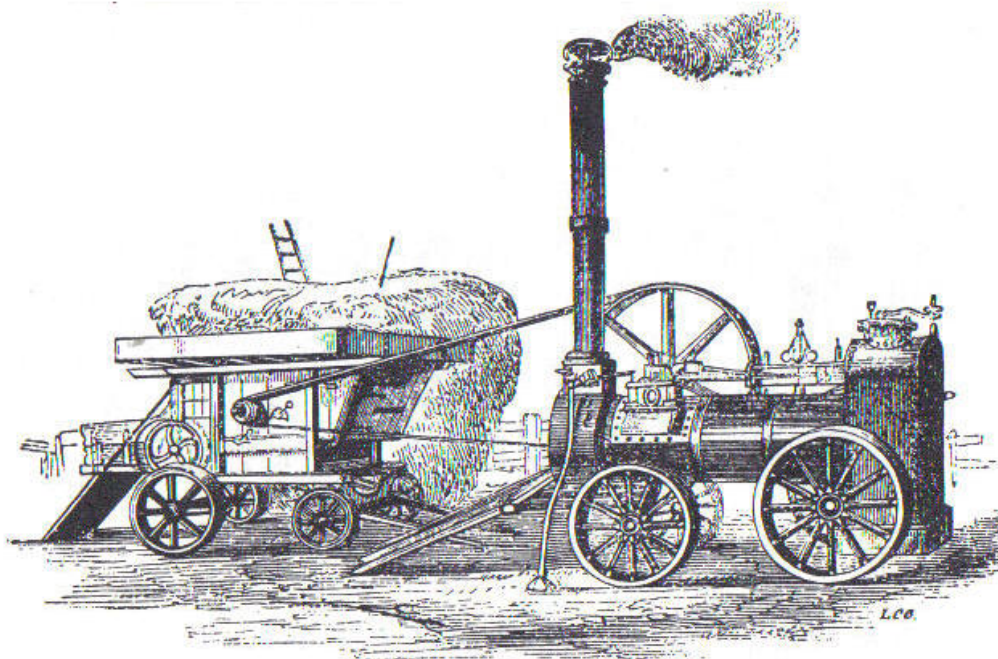


*Obr. 4.28 Parný pluh*



*Obr. 4.29 Pojazdny lokomobil [24]*

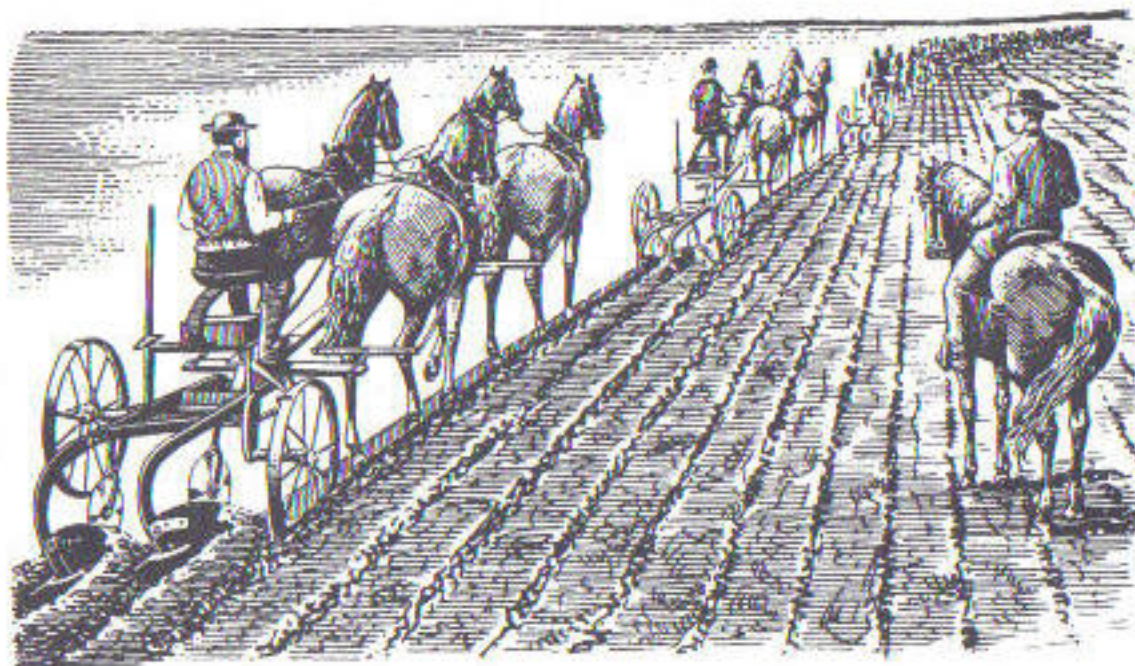
Parný stroj sa presadil pri orbe a mlatbe (obr. 4.30).



*Obr. 4.30 Pohon mláčky parným strojom z r. 1840 [9]*

Oblasť, ktorá sa mala skultivovať v Spojených štátoch medzi r. 1860-1900 predstavovala viac ako 400 mil. akrov, čo je 10 krát viac ako v Európe a Anglicku. Na začiatku to boli primitívne metódy, založené na použití ľudskej sily.

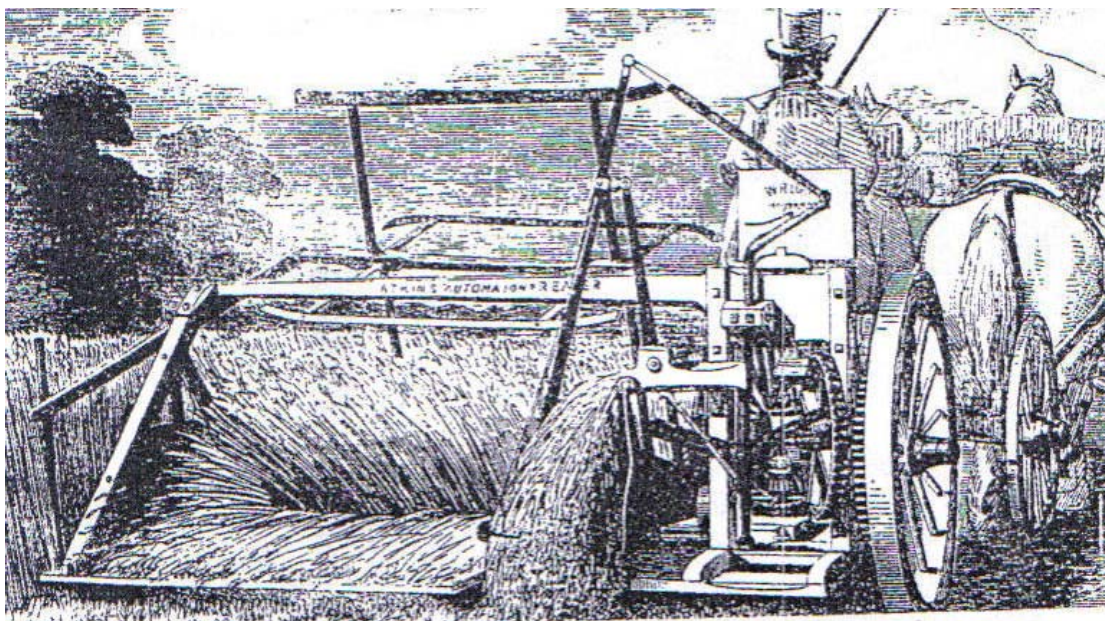
R. 1850 sa ešte používajú drevené pluhy. Prvé oceľové lemeše, na ktoré sa už nenalepovala zemina sa začali používať na amerických prériách (obr. 4.20).



Obr. 4.31 Kultivačné práce v Dakote r.1880 [9]

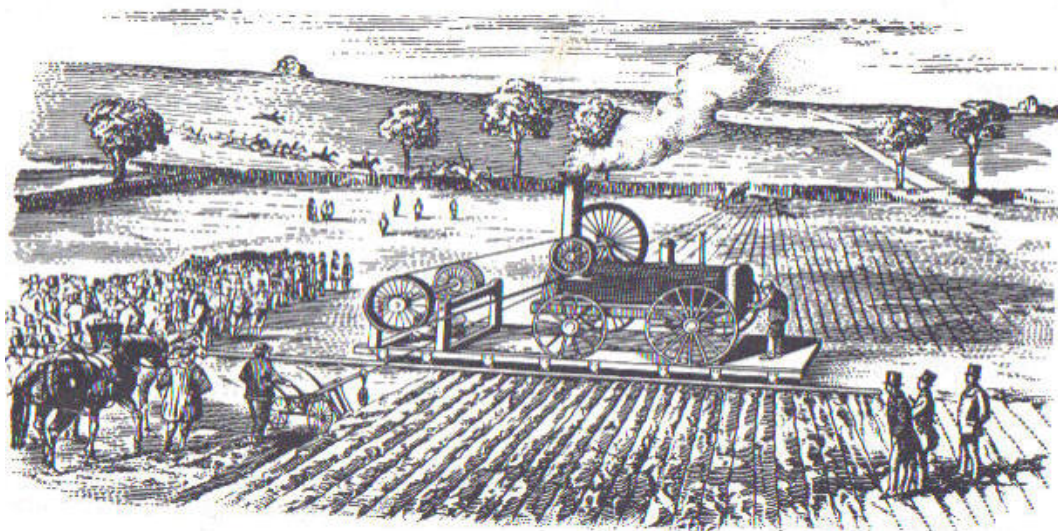
V rovnakom období bol zber slamy ešte ručný, okrem použitia železných hrablí, ťahaných koňmi. R. 1856 už na amerických poliach začali zberať slamu strojom s flexibilnou osou, aby bolo možné lepšie sledovať nerovnosti pôdy.

Americkí konštruktéri OBED HUSSEY z Cincinti, CYRUS HALL a Mac. CORMICK z Chicaga predviedli na svetovej výstave v Londýne nový žací stroj. MacCORMICK vyvinul kosačku už v tridsiatych rokoch 19. storočia. Ťahal ju konský záprah. Zdokonalený model žal pomocou horizontálne sa pohybujúcich „lancetových“ nožov. Pred žacím rámom na ktorom boli *lancety* umiestnené, rozdeľovali horizontálne kovové prsty stebľa do zväzkov, ktoré potom reznú hrany odrezali. Stroj zberal stebľa, odrezané vo zväzkoch, tie sa mohli ďalej ručne zväzovať do snopov.



*Obr. 4.32 Žací stroj zo Spojených Štátov z polovice 19. storočia [9]*

R. 1851 bola v Anglicku uskutočnená demonštrácia možného použitia parného stroja na orbu. Parný stroj bol na koľajniciach a pohyboval sa postupne kolmo na brázdy. Navijakom ťahal pomocou lana z oboch strán pluhu. Spätná preprava pluhu bola realizovaná koňmo.



*Obr. 4.33 Demonštrovanie využitia parného stroja pri orbe. Anglicko, 1851 [9]*

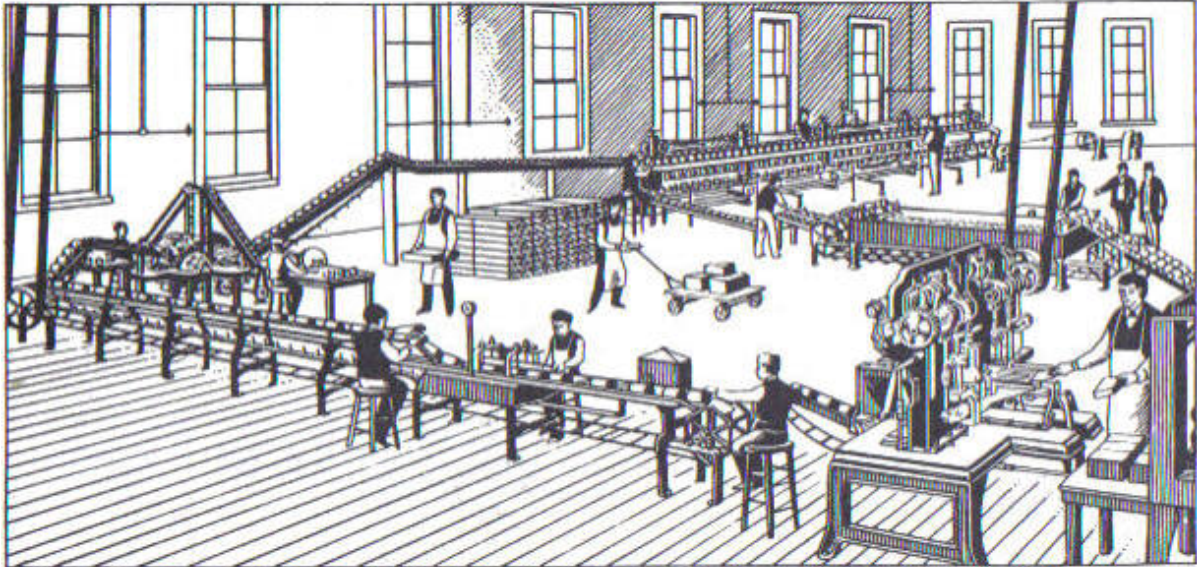
R. 1862 sa objavujú prvé mechanické dojačky mlieka.

R. 1865 sa v mliekarenstve zavádza odstredivka na mlieko.

R. 1867 bol v Amerike vyvinutý stroj na zváranie konzervových plechoviek.

Výroba konzerv sa koncom storočia zautomatizovala. Už r. 1824 bol stroj na výrobu

konzerv používaný vo Wakefielde. Moderné typy konzerv s horným otváraním vznikli až po aplikácii amerického patentu z r. 1896, ktorý riešil použitie tesniacej gumy.



Obr. 4.34 Prevádzka s automatizovanou výrobou konzerv [9]

. 1868 ruský vynálezca A.R.VLASENKO skonštruoval nový typ kombajnu, ktorý pracoval za dvanásť žencov a ušetril mlátenie.

R.1876 sa v Amerike zavádzajú parné traktory. Už r. 1811 TREWITHICK skonštruoval prenosný parný stroj, určený pre poľnohospodárstvo. Bol schopný poháňať rozličné zariadenia. Nedokázal sa však pohybovať sám, je premiestňovaný traktorom. Prenosné parné stroje sa rýchlo rozšírili.

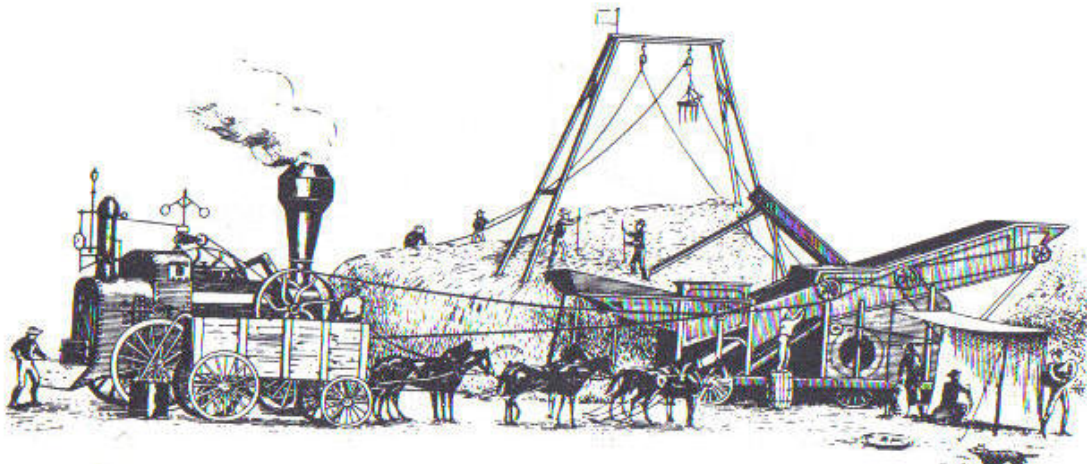
R.1878 zavádza americké poľnohospodárstvo samoviazacie žacie stroje, ktoré sa v priebehu niekoľkých rokov značne rozšírili. Tieto stroje, vynájdené APPLEBYM a DEERINGOM same viazali snopy, ušetrili až 50% pracovných síl.

Švajčiar CARL GUSTAF LAVAL (1845-1913) zdokonaľuje odstredivku na mlieko, ktorá už umožňuje nepretržitú prevádzku.

R. 1879 J.P.APPLEBY vyvinul vynález, ktorá mal zásadný význam. Jeho stroj pracoval osemkrát rýchlejšie ako predošlé. Boli vyvinuté rozličné kultivačné stroje, napr. lister na kukuricu, ktorá oral, sial a prikryval semená.

Začína prenikanie parného stroja do poľnohospodárskej výroby, ako aj veľké mláťačky. Zavádzajú sa rozličné stroje na žatvu a spracovanie úrody. Napr. parný pluh sa stal niečím viac ako kuriozitou. Väčšina farmárov si však nemohla dovoliť kúpiť si koňa aj stroj, preto väčšina z nich dôverovala viac konskému pohonu.

R. 1879 FJODOR ABRAMOVIČ BLINOV (1827-1899) získava patent na konštrukciu traktora s húsenicovým pásom. Pôvodne ho ťahal kôň, neskôr (1888) ho vybavil aj parným pohonom vlastnej konštrukcie. V rovnakom roku FRANK BATTER tiež prihlásil na patentovane pásový parný traktor.



*Obr. 4.35 Parný stroj v Californii pri poľnohospodárskych prácach r. 1883. Má aj mechanizovanú dopravu slamy na stoh [9]*

Vo Francúzsku r. 1892 jeden zo 14. farmárov vlastnil koňa, jeden z 15-tich mláťačku a jeden zo 140-tich stroj na rozbíjanie hrúd a jeden zo 150-tich žaci stroj.

V Británii bolo mlátenie na dohodu pravidlom, s tým, že mláťačky sa najímali z farmy do farmy. Parné stroje poháňali mláťačky až do počiatku 19. storočia.

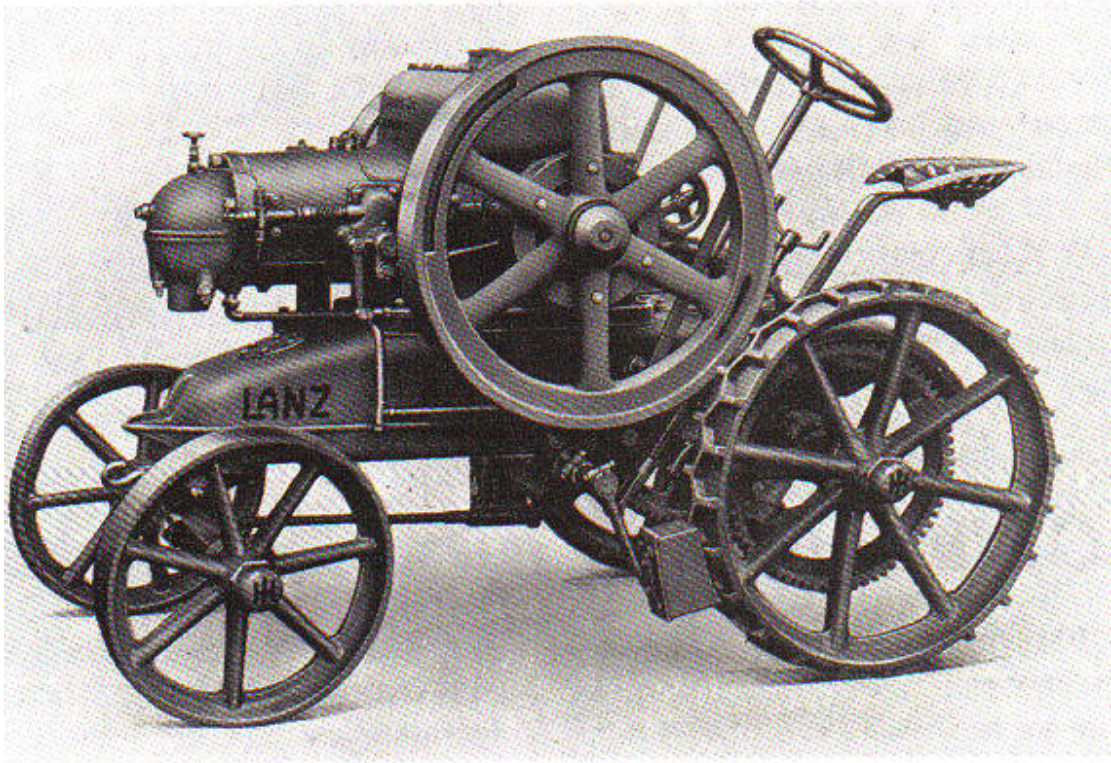
V poľnohospodárstve sa používal parný stroj na rezanie dreva, čerpanie vody a pod.

Ďalším použitím parného stroja je lisovanie hrozna, pričom vlastníci strojov sa prepravovali z farmy na farmu a vyrábali aj jablčný mušt.

R. 1903 začínajú v Amerike vznikať motorové pluhy, ktoré postupne nahrádzajú predchádzajúce parné stroje.

R. 1921 Mannheimská firma Heinrich Lanz začala na trhu poľnohospodárskych strojov ponúka prvý traktor, v ktorom bola palivom surová nafta (označená Bulldog). Jednovalcový spaľovací motor traktora mal výkon 11 kW pri 500 otáčkach za minútu. Na kolesách mal osadené drapáky, ktoré sa pri jazde na ceste snímali. Traktor sa používal celé desaťročia (aj na Slovensku). Na predné kolesá pôsobili až 2/3 jeho tiaže, preto sa pri silnom zábere nemohol prevrátiť. Lomené uloženie hriadeľa a štvorkolesový pohon predstihovali technicky svoju dobu. Firma vyrobila 100 kusov. Pretože išlo o jednovalec, na prekonanie mŕtvej polohy bol použitá zotrvačník.

Tento traktor začal éru pohonov poľnohospodárskych strojov spaľovacím motorom, ktorá pretrváva dodnes.

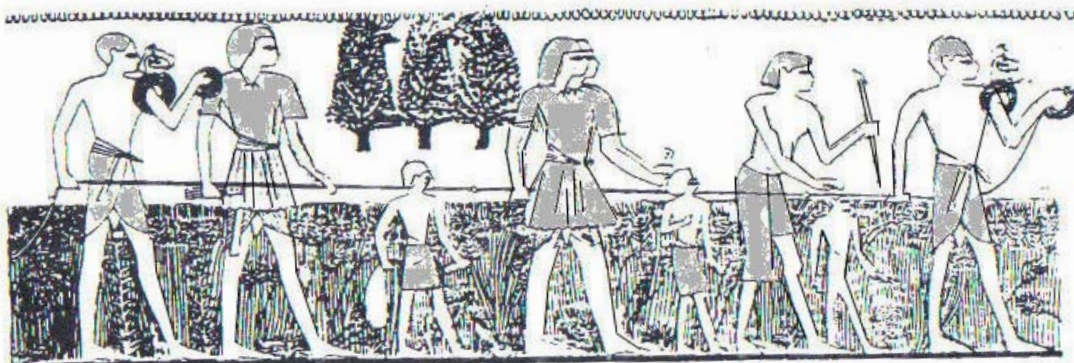


*Obr. 4.36 Traktor Bulldog fy Lanz [3]*



## 5 HISTÓRIA MERACEJ TECHNIKY

História merania a meracej techniky úzko súvisí s používaním písma. Antický svet nevedel nič o presných systémoch merania, ktoré sú známe v súčasnosti. Jednotky veličín sa v tom čase výrazne odlišovali nielen miestne, ale aj časovo. Vo veľa prípadoch neboli presne definované. Ako prvé bolo zrejme meranie dĺžok. Vzniklo hneď, keď si ľudia delili pôdu.



Obr. 5.1 Meranie pôdy (z hrobky v Tébach), Egypt r. 1400 pred n. l. [9]

Pretože to bolo len hrubé meranie, človek používal ako jediný dostupný štandard rozmer niektorej časti vlastného tela. Výška sa merala v *dlaniach* (šírka ľudskej dlane). Najdôležitejšou dĺžkovou mierou bola *laket'*. Je to dĺžka od predlaktia po končeky prstov. Súčasne predlaktie bol egyptský hieroglyf, ktorý túto mieru reprezentoval. Pretože jednotliví ľudia sa líšia vo výške a stavbe tela, priemerné proporcie u rozličných rás boli značne rozdielne a bolo potrebné definovať jednotky dĺžky presnejšie. Stalo sa tak asi r. 3000 pred n. l.. Egyptský *kráľovský laket'* bol približne 20,6 palca. Variácia pravdepodobne nebola väčšia ako 2%. Existoval aj Sumerický laket', ktorý mal 19,5 palca. Grécky *olympijský laket'* mal 18,2 palca. Perský laket', ktorý sa vyvinul z Asýrskeho meral 25,3 palca. *Rímska stopa* bola založená na Egyptskom kráľovskom lakti, bola rozdelená na 12 častí a bola kratšia asi o 1/3 palca ako súčasná stopa.

Štandardom pre väčšinu Európy bola Duzínska stopa, dĺžky 13,1 palca, ktorú poznali aj Egypťania až do 2. tisícročia pred n. l. Používala sa v širokej miere pri stavebných prácach a v textilnom priemysle. V Anglicku HENRYCH I. r. 1101 nariadil v Anglicku dovedty bežne používanú mieru laket' (*gyrd*) zmeniť na dĺžku vlastného ramena. Súčasný *yard* platí od r. 1305.

V Európe, Indii, Babylónii a Malej Ázii sa teda používali jednotky dĺžky podľa tab. 5.1.

Jednotka	Ekvivalent	Súčasný ekvivalent
Jačmenné zrno	-	1/3 mm
Palec	27 jačmenných zrn	1 cm
Dlaň	9 palcov	7-11 cm
Piad'	-	25 cm
Stopa	-	25-34 cm
Laket'	7 dlaní	50-80 cm
Siaha	6, resp. 10 stôp	1,5-2 m
Míľa	-	7,5 km

V Grécku sa v 4. storočí pred n. l. výškové rozdiely premeriavali *dioptriom*, používala sa *vodováha* a *krokvica* (obr. 1.27).

V 3. tisícročí pred n. l. sa v čínskom rukopise hovorí o kompase. Do Európy prenikol až v ďalšom storočí.



Obr. 5.2 Starý kompas (z autorovej zbierky)

R. 594 pred n. l. athénsky politik SOLÓN zaviedol lunárny rok s dvanástimi mesiacmi so striedavým počtom dní 29 a 30. Každé tri roky zaradil ešte jeden mesiac s 30. dňami.

Okolo . 200 pred n. l. Grék EPOLLÓNÍUS z Pergé vynášiel *astroláb*, prístroj na meranie uhlov vo zvislej rovine.

Dlhšie vzdialenosti boli oveľa menej presne definované. Definovali sa dĺžkou cesty v dňoch. V čase, keď väčšina ciest boli obchodné, táto miera stačila, pretože bolo potrebné cestu prestať definovať v jednotkách času ale vzdialenosti. EROTOSTHENES, ktorý meranie zeme v 2. storočí pred n. l. považuje za jeden z najväčších výdobytkov všetkých čias používal ako jednotku *grécky štadión* (asi 200 *stôp*). Nevieme však, akú *stopu* používal. Rimania prisúdili 8 *štádií* ku svojej *míli*. Rímske cesty boli označované kameňom každú míľu. Bolo to pohodlie pre cestujúcich, jednak preto, aby sa zjednodušila

organizácia údržby. Táto *míla*, ktorá merala asi 1,665 anglického *yardu* sa používala počas doby impéria a tvorila základ pre neskoršie európske míle.

Merania priestoru boli veľmi zle definované, ale vtedajším potrebám praxe vyhovovali. Takto akér bol definovaný ako dĺžka zeme, ktorú mohol vól preorať za jeden deň. Dost' sa to pochopiteľne líšilo podľa charakteru pôdy. Alternatívou sa stalo meranie zeme podľa veľkosti osiatej pôdy za časovú jednotku. V anglických podmienkach sa *aker* definoval r. 1305 tak isto ako lakeť. Pre obilniny, alebo tekutiny bolo meranie objemu relatívne ľahšie ako hmotnosti. Egyptská jednotka bola *hon*, a predstavovala 0,84 kráľovskej *pinty*. Egypťania tiež používali sýrsky *kotyle*, ktorá bol 0,62 kráľovskej *pinty*. Tento termín ďalej prežíva v Grécku. *Bushel* je zjavne keltského pôvodu. Bol veľmi variabilný a jeho hodnota závisela na krajine pôvodu.

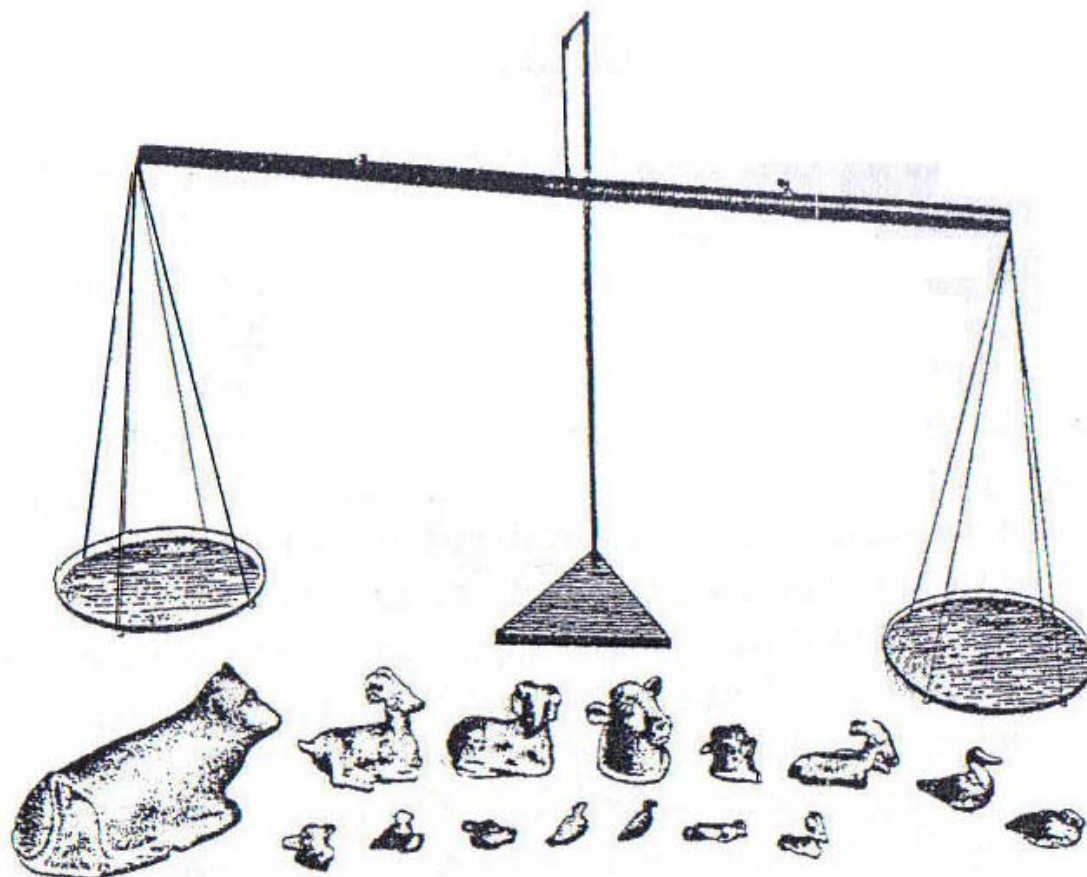
Prvé použitie váh bolo na váženie zlatého prachu, pretože bol tak vzácny, že jeho presné meranie malo veľký význam. Používanie váh sa datuje od r. 5000 pred n. l.. Boli však používané v obchode až od r. 3000 pred n. l.

Asi od r. 1400 pred n. l. sa V Egypte na váženie používali *minciere*, ktoré sa neskoršie rozšírili v antickom Ríme.



*Obr. 5.3 Mincier z autorovej zbierky. Používal sa v mlynoch na váženie vriec obilia a múky. Pri tomto upevnení meria do 200 kg. Z opačnej strany je stupnica do 22 kg. Náklad je však uchytенý na háky na konci pružného rámu. Po únave pružiny sa nulová poloha kalibrovala ohnutím kovovej ručičky*

V Egypte sa používali drevené rovnoramenné váhy r. 1350 pred n. l. Používali sa vopred vyrobené zvieracie a vtáčie závažia, ktoré predstavovali určitú dohodnutú hmotnosť (obr. 5.4).



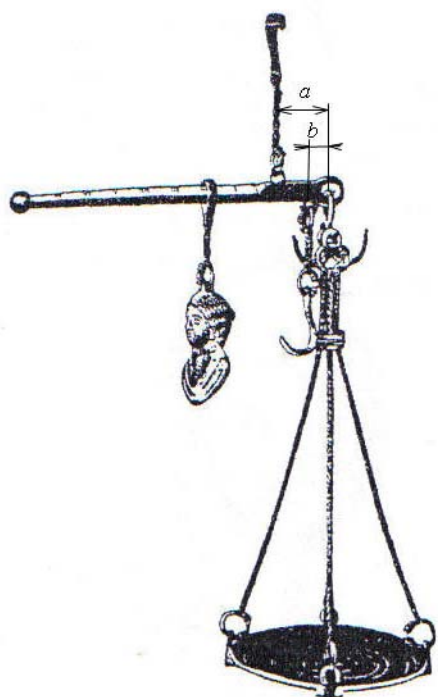
Obr. 5.4 Egyptské drevené váhy s 30 cm pričkou a sortiment „zvieracích závaží“ [9]

Na váženie zlata postačovali malé jednotky. Štandardom bol *shekel*, ktorá sa používal na Strednom Východe a mal rozptyl 7,78 do 14,3 g. Keďže bolo potrebné vážiť väčšie hmotnosti, zaviedla sa *mina* (25-100 *shekelov*) a neskôr *talent* (60 *min*). Váhy v modernej forme predstavovali priečku, zavesenú v strede, ktorá mala na jednej strane závažie a na druhej tovar. Už r. 1350 pred n. l. mohli vážiť *shekel* s presnosťou 1%. Na porovnanie dnešné laboratórne váhy nič nezmenili na podstate, len závažia sú kalibrované (obr. 5.5).

Obr. 5.5 Dnešné laboratórne rovnoramenné váhy (zbierka autora)



Rímske oceľové váhy z r. 79 n. l., ktoré sa používajú dodnes sú založené na jednom konštantnom a jednom predĺženom ramene (obr. 5.6). Závažie malo obyčajne zobrazenie panovníka.



Obr. 5.6 Rímska váha z r. 79 n.l. [9]

Na obr. 5.6 je zdokonalená váha s kalibrovaným závažím z neskoršieho obdobia (zbierka autora).

Obr. 5.6 Zdokonalená celokovová nerovnoramenná váha (zbierka autora)

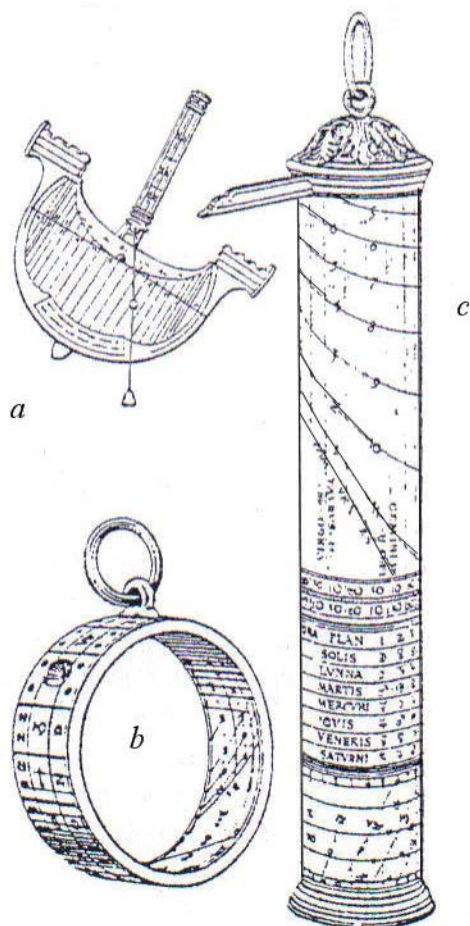


Ďalšou potrebou bolo meranie času počas dňa. Pravdepodobne prvé boli slnečné hodiny, ktoré identifikovali polohu vrhaného tieňa. Už okolo r. 2020 pred n.l. mezopotámski a egyptskí kňazi ovládali umenie merania dlhých a krátkych časových úsekov. Kalendárne údaje aj rozdelenie času dňa a noci odvodzovali od astronomických pozorovaní. Pomôckou im bol *gnonóm* – tyč, alebo stĺp, zvisle vsadený do zeme. Podľa dĺžky a polohy jeho tieňa vedeli určiť časové úseky dňa, vyrátať termín slnovratu a rovnodennosti. Na zem okolo tyče naznačovali denné hodiny. V Egypte mal *gnonóm* podobu obelisku a slúžil ako verejné slnečné hodiny. Iným druhom slnečných hodín boli egyptské prenosné tieňové hodiny. Pozostávali z jednoduchej vodorovnej tyče, na konci ktorej bol v pravom uhle pripevnený priečny trámik (obr. 5.7). Dopoludnia bola tyč postavená tak, že priečny trámik sa nachádzal na východnom konci tyče a ukazoval severojužným smerom. Popoludní sa hodiny otočili tak, že priečny trámik bol na západnej strane tyče. V lete sú denné hodiny dlhšie ako nočné a naopak. Preto egyptské hodiny neboli stálymi a rovnakými časovými jednotkami.



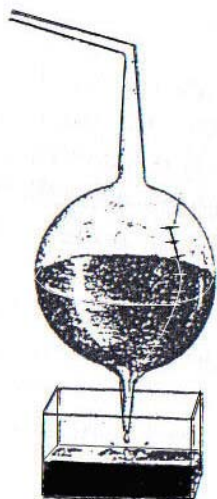
Obr. 5.7 Egyptské slnečné hodiny. Merali asi 14 palcov a sú z r. 1450 pred n.l. [9]

Ináč tomu bolo v Mezopotámii, kde kňazi už rozdeľovali hodinu na 60 minút, ktoré merali pomocou vodných, alebo presýpacích pieskových hodín. Boli používané v Egypte a neskôr sa vyvinuli do niekoľkých modifikácií (obr. 5.8). Používali sa po úprave v rozličných častiach roka.



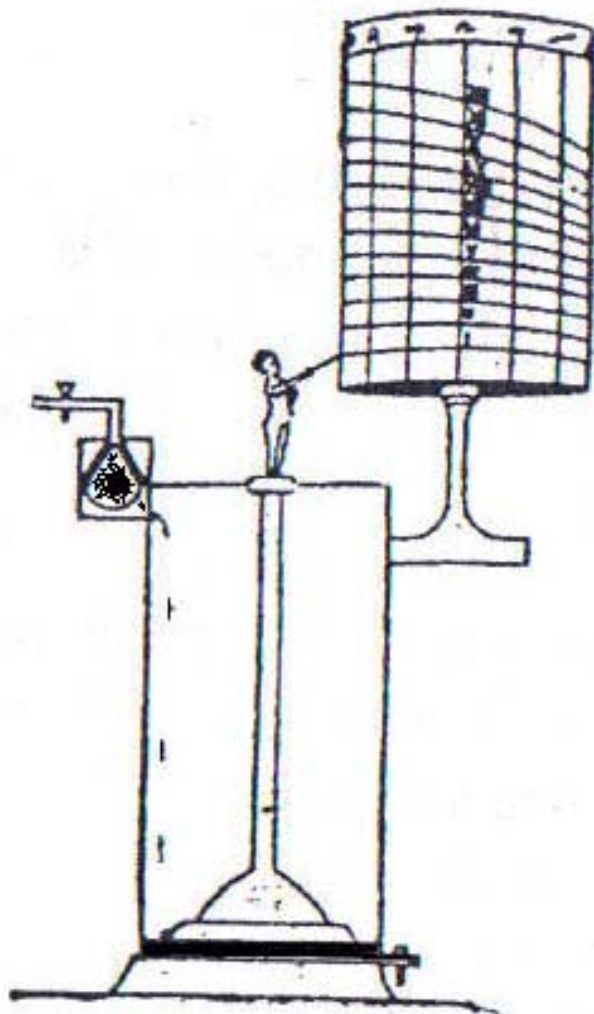
*Obr. 5.8 Rozličné modifikácie slnečných hodín: a-tvar lode, b-prstencové, c-valcové [9]*

Vodné hodiny (*clepsydra*) sa datujú k rovnakému času. Čas sa meral výtokom kvapaliny z otvoru nádoby. Na banke boli značky, ktoré označovali danú hodinu (obr. 5.9).



*Obr. 5.9 Schéma klepsydry*

Vylepšenie *klepsydry* spočívalo v tom, že kvapkajúca voda dvíhala piest, na konci ktorého stúpajúca postavička ukazovala čas na kalibrovanom valci (obr. 5.10).



*Obr. 5.10 Vylepšené vodné hodiny*

Presýpacie pieskové hodiny sú založené na rovnakom princípe, presýpajú jemný piesok rovnakej zrnitosti. Meradlom času je doba vysýpania piesku (obr. 5.11). Čas presýpania závisí na veľkosti hodín, teda objeme piesku. Každé hodiny sa vyrábali a vyrábajú sa aj dnes na presne stanovený časový interval (napr. čas na uvarenie vajíčka na mäkko, alebo na tvrdo a pod.). V Rímskom senáte sa používali na limitovanie vystúpenia senátorov a pod.



*Obr. 5. 11. Velké presýpacie  
pieskové hodiny (zbierka autora)*



Je historicky podložené, že okolo r. 875 anglický kráľ ALFRÉD VELKÝ meral čas sviečkovými hodinami, pretože v Európe vodné hodiny zamrzali. Meranie času bolo v stredoveku doménou mníchov, ktorí museli dozerat' na presné stanovenie času modlitieb. Išlo o dlhé valcové voskové sviečky, ktoré mali zvonka značky na meranie času. Horiace sviečky sa roztápaním vosku skracovali. Ich prevádzka si vyžadovala strážcu vo dne aj v noci, ktorá okamžite po dohorení musel vymeniť sviečku za novú.

Okolo r. 850 kňaz PACIFICUS z Verony skonštruoval kolieskové hodiny v ktorých sa ako náhon použili závažia. Pomaly klesajúce závažie prostredníctvom napnutého lana

uvádzalo do chodu ozubené súkolesie. Prvé kolieskové hodiny neboli príliš presné. Klesajúce závažie malo zrýchlenie, pretože k jeho hmotnosti sa pripočítala aj hmotnosť lana.

V polovici 3. storočia pred n. l. grécky fyzik a vynálezca KTESIBIOS s Alexandrie zostrojil mimoriadne presné vodné prietokové hodiny, ktoré určovali hodiny, dni a dokonca aj roky. Srdcom hodín bola *klepsydra* s výnimočne presne vyrobeným otvorom zo zlata, alebo prevrätaného drahokamu, cez ktorú voda vytekala rovnomerne a dvíhala plavák v nádobe, podložený pod výtokom. Na plaváku bola uložená zvislá tyč s ozubením, ktorá zasahovala do súkolesia. Súkolesie pohybovalo stĺpom, vysokým 1,25 m a na jeho obvode bolo zvisle zhora nadol vyznačených 2x12 hodín. Na úpätí stpa bola malá soška ženy a z jej očí kvapkali slzy, ktoré sa zbíhali vo zvislej rúrke. Aj táto rúrka bola vybavená plavákom, na ktorú bola namontovaná ozubená tyč. Horný koniec tyče niesol ešte jednu ženskú sošku, ktorá sa dvíhala s pohybom plaváka. Táto soška pri svojom stúpaní ukazovala paličkou na značky hodín umiestnené po obvode stĺpa. Keď soška prešla okolo všetkých vyznačených hodín, automaticky sa otvoril ventil na plavákovvej rúre. Voda vytiekla, plavák klesol a ozubená tyč otočila valcový stĺp o jeden deň ďalej. Počas jedného roka sa takto valec vodných hodín otočil raz okolo vlastnej osi. Zároveň klesla soška, spojená s plavákom a opäť ukazovala na hodinu nula. Jazyk postaveného hada okrem toho ukazoval na stĺpe príslušný deň.

Okolo r. 1300 sa v Európe prvý krát vyskytujú mechanické hodiny s vretenovým krokom.

V rokoch 1344-1351 Talian JAKOPO DONDI (1290-1359) zostrojil obdivuhodne zložitý astronomický orloj pre Piezzo del Capitano v Padove. Jeho syn GIOVANI DONDI (1318-1389) skonštruoval preslávené prvé *astrárium* (planetárium).

Pružinové hodiny sa objavili v 13. storočí. GALILEOV objav kyvadla (*pendulum*) bol prvýkrát použitý v katedrále v Pise, ktorá bola otvorená r. 1581. Kyvadlo malo na konci lampu. Tento vynález otvoril éru oveľa presnejšieho merania času.

Presné mechanické meranie času musí byť založené na presne, opakovanom pohybe kyvadla. Prvý princíp bol použitá v katedrále Salisbury r. 1386 (obr.1.51).

Podobné hodiny existovali vo Wellse a Ruene. Dôvodom je zrejme skutočnosť, že vtedajší biskup RALPH ERGHUM pôsobil r. 1375 v SALISBURY a v r. 1388-1400 vo Wells. Hodiny vo Wellse ilustrujú snahu o meranie a ohlasovanie času, Ukazujú každú celú hodinu postavu muža na koni. Okrem toho ukazujú fázy mesiaca.

Retrospektívne je potrebné uviesť, že r. 1288 na Westminster Hall v Londýne inštalovali prvé bicie hodiny.

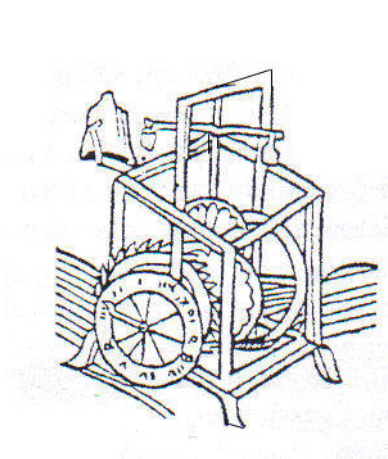
GIOVANNI De DONDI vybudoval v r. 1348-1362 astronomické hodiny o ktorých záznamy doteraz existujú. Nielen že určovali pohyby slnka, mesiaca a planét, ale zaznamenávali večný kalendár pre pohyblivé cirkevné sviatky.

Iné hodiny, známe pre svoj vynikajúci mechanizmus sú z r. 1357 a majú figúrku kohúta (obr. 5 12). Kohút naťahoval krk, mával krídlami a kikiríkal. Mechanizmus hodín sa stratil, ale kohút dodnes existuje a boli doň vbudované nové hodiny v r. 1574.



*Obr. 5.12 Mechanický kohút so vstavateľnými Štrasburskými hodinkami z r. 1354 [9]*

Éra pružinových hodín začala v polovici 16. storočia. Použitie pružiny umožnilo aplikovať oveľa kompaktnejší mechanizmus a vytvorilo podmienky na vývoj prenosných hodiniek. Použitie pružiny vyžadovalo niečo, čo by kompenzovalo postupne sa znižujúcu silu pružiny pri jej odvíjaní. Hodinky, skonštruované v minulosti mali len jednu ručičku (obr. 5.13).



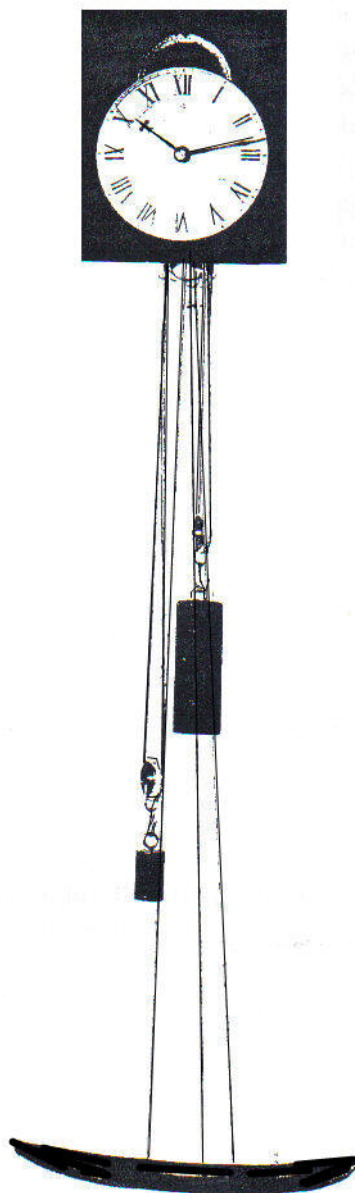
*Obr. 5.13 Hodiny s jednou ručičkou. Schéma [9] a reálne hodiny (autorova zbierka)*



Neskôr vznikla potreba, aby ukazovali aj štvrt' hodiny a r. 1550 bola pridaná minútová ručička a už sa začalo experimentovať so sekundovou ručičkou.

Kyvadlo sa nepoužívalo na meranie času až do r. 1641, keď GALILEO inštruoval syna VINCENCIA aby skonštruoval hodiny s kyvadlom a ozubeným kolesom, ktoré sám vynášiel. Hodiny boli dokončené až po ich smrti HUIGENSOM (1629-1695). Zistil, že pohyb kyvadla nie je celkom nezávislý na amplitúde. Pre túto deviáciu vynášiel mechanickú opravu a pre tieto účely adaptoval starý mechanizmus. Veľa jeho hodiniék bolo vyrobených v Haagu SALOMONOM De COSTEROM, jeho dvorným hodinárom. HUYGENS spolu s ROBERTOM HOOKOM (1635-1703) používa od r. 1658 Archimedovú špirálu z oceľového pásika, v spojení so zotrvačnickovým kolieskom (nepokojom).

HUYGENS v r. 1673 vydal veľkú prácu, týkajúcu sa hodín a merania času, pod názvom: „*Horologium oscillatorium*“. Na obr. 5.14 je jeho model kyvadlových hodín.



*Obr. 5.14 Model HUYGENSOVÝCH kyvadlových hodín z r. 1673.*

VILIAM CLEMENT zlepšil tento mechanizmus r. 1670, neskôr r. 1715 aj GEORGE GRAHAM. Tieto zlepšenia vytrvali do 19. storočia.

Čas pohybu kyvadla riešili hodinári predlžovaním kyvadla. Tak vznikli obľúbené skrinkové hodiny. R. 1676 THOMAS TOMPION zostrojil dvojce hodín pre nové observatórium v Greenwich. Dĺžka kyvadla bola 13 stôp a kmit trval 2 s. R. 1673 prvé nástenné hodiny boli zostrojené pre THOMASA GREGORYHO, astronóma na Univerzite St. Andrews v Škótsku.

Pretože hodiny sa stále vyvíjali, bol o nich veľký záujem. R. 1505 norimberský zámočník PETER HENLEIN (1480-1542) vyrobil malé mechanické hodinky, ktoré sa mohli nosiť vo vrecku. Odbíjali hodiny a jedno natiahnutie stačilo na 40 hodín práce. Pre svoj tvar a predpokladané miesto nosenia dostali dosť pejoratívny názov „*norimberské vajcia*“. Pochopiteľne, nedalo sa v nich použiť kyvadlo, preto bolo potrebné urobiť pero a oscilátor. Hodiny od toho času získali štatút umeleckého predmetu.

*Obr. 5.15 HENLEINOVÉ jablkové hodiny s pozláteným puzdrom [21]*



Hodiny s hnacím perom pravdepodobne skonštruoval už r. 1410 florentský staviteľ FILLIPO BRUNELLESCHI. Hnacie pero umožnilo vyrábať prenosné kolieskové hodiny, ktoré v 15. storočí začali nahrádzať slnečné vreckové hodiny. Známymi hodinami tohto typu sa stali okolo r. 1430 burgundské hodiny. R. 1675 HUIGENS zaviedol vyrovnávaciu pružinu a mechanizmus hodiniek sa zlepšil zavedením ložísk z drahých kameňov, obvykle rubínov, alebo zafírov r. 1704.

HUIGENS dúfal, že jeho hodinky budú dosť presné na to, aby určovali čas aj na mori. Nebolo tomu tak. Prvý spoľahlivý chronometer pre tieto účely bol vyvinutý HARISONOM r. 1762. Mal za 161 dní odchýlku len 5 s. Chronometer umožňoval odčítať presný čas kdekoľvek na zemi.

R. 63 rímsky politik a filozof SENECA napísal, že písmená sa javia jasnejšie, ak sa na ne díva cez sklenenú guľu, naplnenú vodou. Grécky astronóm KLEOMED z r. 50 dal správu o tom, že objavil lom svetelných lúčov. Správu o použití okulára podáva PINIUS, ktorý sa zmieňuje o tom, že krátkozraký cisár NERO sa pozeral na gladiátorské zápasy cez smaragd. Išlo pravdepodobne o náhodné objavenie optických vlastností konkrétneho kusa smaragdu. Okuliare sa totiž začali používať až koncom 13. storočia.

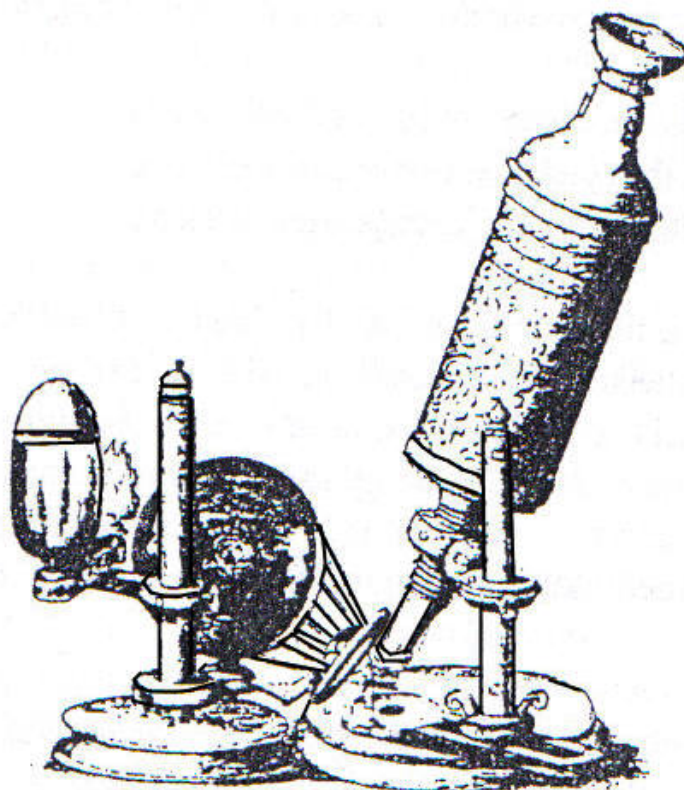
Zručnosť práce s kovom je zviditeľňovaná v zručnosti vo výrobe prístrojov. Tradícia vo výrobe prístrojov sa datuje do polovice 14. storočia, keď sa Norimberg, ktorý ležal mimo obchodnej cesty z Talianska do Holandska a už predtým sa stal centrom zručných obrábačov kovov. Prispela k tomu aj skutočnosť, že sa tu r. 1471 usídlil JOHAN MÜLLER (alebo REGIOMONTANUS), pionier modernej astronómie. Norimberg sa stal prvým centrom výroby prístrojov v Európe. V priebehu krátkej doby vznikla ďalšia škola výroby prístrojov v Ausburgu. Tu vyrobené prístroje pre svoju dokonalosť sú oceňované aj dnes. Z Nemecka sa tento priemysel rozvinul do Londýna a Talianska.

Zdevastovanie južných krajín Španielska viedlo k úpadku nemeckých miest. Nemecké techniky a technológie sa dostali do Anglicka bavorským remeselníkom NIKOLASOM KRATZEROM. Niektoré z jeho prístrojov sa objavujú na Holbenovom obraze „*The Ambassadors*“ a obraze THOMASA GEMINIHO. Obaja títo umelci dosiahli pozoruhodnú zručnosť v gravírovaní do medi. Medené plechy boli dostupné v Londýne prvýkrát vez podnik pod menom Elizabethan Mineral and Battery Works. Prvým anglickým expertom na výrobu prístrojov bol Angličan HUMFRAY COLE, ktorá vyrábala v Londýne váhy, kompas a prístroje na geometrické meranie kovových súčiastok. Pred r. 1560 vyrábala najmenej 30 typov prístrojov. Dôraz pritom kládol na funkciu, nie dizajn. COLE vyrobil napr. Drakemu a Frobisherovi pre ktorého boli vyrobené prístroje na jeho prvú cestu na hľadanie severozápadného prechodu r. 1576. Na začiatku 18. storočia sa schopnosť predchádzajúcich generácií prerušila a vedecké prístroje sa stali len ukážkou techniky.

Výrobcovia navigačných prístrojov sa usadili v prístavoch a tí, ktorí dodávali prístroje pre vojsko sa usadili pri kasárňach. Vyrábali sa hlavne astronomické a navigačné prístroje. Od 17. storočia sa začali objavovať nové prístroje. Základnými materiálmi na prístroje bol cín a slonovina. Vznikla potreba vyvinúť *hodometer*. Jeho autorstvo sa pripisuje VITRUVIUSOVI. Tento prístroj umožňoval merať vzdialenosti a to tak, že sa odčítavali otáčky kolesa s presným obvodom, ktoré sa odvaľovalo po zemi pred meračom. (Existujú indicie, že tento princíp s ohľadom na svoju vysokú presnosť bol použitý už pri stavbe pyramíd v Egypte).

R. 1590 holandský výrobca okuliarov HANS JANSSEN (1580-1628) a jeho syn ZACHARIAS vynašli mikroskop (z gréckeho *mikro*-malý, *skopein*-vidieť), ktorá zostrojili z jednej konvexnej (spojnej) a jednej konkávnej šošovky ako rozptylky.

Obr. 5.16  
Mikroskop  
JANSSENOVCOV  
z r. 1590 [9]



Možnosť skombinovať dve šošovky tak, aby sa dosiahlo väčšie zväčšenie, spomenul prvý raz r. 1538 taliansky lekár GIROLAMO FRACASTORO.

Systematicky začal s mikroskopom pracovať r.1582 flámsky ilustrátor JORIS (GEORG) HOFFNAGEL, ktorý pôsobil istý čas aj na pražskom dvore Rudolfa II.

R. 1592 taliansky astronóm GALILEO GALILEI vynášiel sklenený teplomer. Bola to guľa, hore uzatvorená a dolu pretiahnutá do rúrkového tvaru. Otvorom dolu bola ponorená do nádoby s vodou. Keď sa vzduch v sklenenej guli ochladil, vodný stĺpec v sklenej rúrke stúpala hore a ukazoval teplotný rozdiel. Toto meracie zariadenie však reagovalo nielen na teplotné výkyvy, ale aj na rozdiely v tlaku vzduchu. Vtedy ešte neexistovala žiadna meracia stupnica (vznikla až r. 1714). GALILEO . 1609 skonštruoval ďalekohľad a ako prvý ním pozoroval mesiac, Slnko a mesiace Jupitera. Objavil škvrny na slnku.

Nizozemský výrobca okuliarov HANS LIPPERSHEIM prihlásil 2. októbra 1608 patent na dvojzložkový ďalekohľad. Nasledujúci rok zdokonalil prvý binokulárny ďalekohľad, ktorý dostal názov *teleskop* (z gréckeho *tele*-ďaleko a *skopein*-vidieť).

R. 1615 WILLEBRORD SNELL použil trianguláciu pri vymeriavaní zeme.

R.1631 PIERRE VERNER (1580-1637) zostrojil pomocné pravítko na odčítavanie zlomkov dielikov hlavného meradla, neskorší *nónius*.

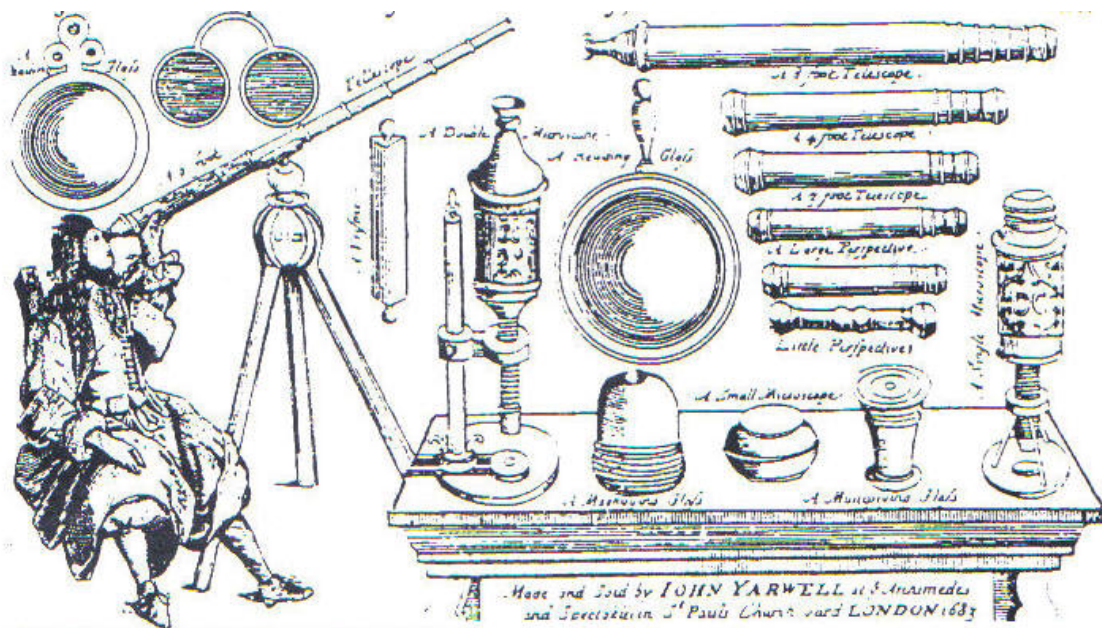
V rovnakom čase sa na meračskom kompase objavuje primitívny mikrometer. Nemecký fyzik O.GUERICK (1602-1686) skonštruoval pri pokusoch s tlakom vzduchu manometer.

V rovnakom roku M.TRÉVENOT (1620-1692) zostrojil vodováhu s trubicou a uzatvorenou vzduchovou bublinou.

R.1667 Angličan R.TOWNEY zostrojil prvý deliaci stroj na presné delenie kruhu (najmä pre hviezdárske potreby).

R.1670 zostrojil Francúz G.P.ROBERVAL (1602-1675) stolové váhy.

R.1673 holandský prírodovedec A.LEEWENHOECK (1632-1723) značne zdokonalil mikroskop. Sám vyrábala šošovky, ktoré zväčšovali až 300 krát.



Obr. 5.17 Sortiment prístrojov, vyrábaných v Londýne r. 1683 [9]

R.1671 zostrojil ISSAC NEWTON moderný zrkadlový ďalekohľad.

R. 1749 americký prírodovedec a politik BENJAMIN FRANKLIN (1706-1790) začal pokusy s elektrickým výbojom v mrakoch, pomocou šarkan, čo viedlo k vynálezu bleskozvodu.



Obr. 5.18  
B.FRANKLIN  
experimentuje s „elektrickým  
šarkanom“ [9]

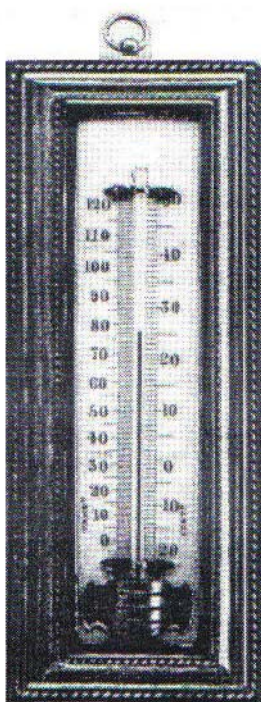


Po r. 1735 v Štiavnických baniach pôsobil zememerač, kartograf a staviteľ SAUEL MIKOVÍNY. Ako jeden z prvých používal triangulačnú metódu a zaslúžil sa o veľa bankých vodných stavieb.

14. júla 1754 postavil bleskozvod aj farár v Přimeticích pri Znojme, bývalý učiteľ fyziky PROKOP DIVIŠ (1696-1765). Súčasne takýto bleskozvod zostrojil rus M.V.LOMONOSOV (1711-1765).

R.1742 ANDERSCELSIUS (1711-1744), švédsky fyzik a astronóm navrhol stodielovú stupnicu teplomera, podľa ktorej pri nula stupňoch vrije voda

a pri 100 stupňoch sa topí ľad. Až CARL LINNÉ (1707-1778) túto stupnicu obrátil a dal jej dnešné usporiadanie.



Obr. 5.19 Teplomer z onca 19. storočia

R. 1753 anglický fyzik J.DOLLOND (1706-1761) skonštruoval achromatický objektív ďalekohľadu, ktorý vyrovnával farebný rozptyl.

R. 1769 rakúsky hodinár D.RUTSCHMANN vynášiel diferenciál a použil ho o astronomických hodin.

R.1787 nemecký fyzik ERNST FLORENS (FRIDRICH CHLADNÝ), ktorého rodičia sa prisťahovali do Wittenbergu od Trenčína objavil uzlové čiary pri kmitaní telies. Zviditeľnil zvukové vlny, keď posýpal platňu suchým pieskom, Piesok sa premiestňoval na pokojné miesta a na platniach vznikli vykreslené obrazce.

R, 1792 francúzsky teológ GABRIEL MOUTON navrhol už r. 1670 za prirodzenú základnú dĺžkovú mieru minútu jedného stupňa poludníka. Komisia Francúzskej akadémie vied sa rozhodla stanoviť za jednotku miery 40- milióntu časť dĺžky poludníka, ktorý prechádza Parížom. Po meraniach sa 29.11.1800 zvolil meter za jednotku dĺžky. ETIENNE LENOIR 22. júna 1799 deponoval v Parížskom archíve metrovú tyč z platiny a etalón hmotnosti 1 kg. Z platiny. Nová definícia metra z r. 1983 vychádza z rýchlosti svetla.



Obr. 5.20 Závažia, resp. hmotnostné jednotky-etalóny z rozličných období [21]

R. 1801 nemecký fyzikálny chemik J.W.RITTER nadviazal na pokusy G.FABRICIUSA (1556) a J.F.SCHULZEHO (1727) a objavil, že neviditeľné svetelné žiarenie, umiestnené v spektre na druhej strane viditeľného fialového žiarenia intenzívne začierňuje chlorid strieborný. Objavil tak ultrafialové svetlo.

R. 1806 francúzski matematici P.F.A.MÉCHAIN a J.B.J.DALAMBRE vypracovali základy metrického systému. Vychádzali z prototypu metra, uloženého v Paríži. Pre delenie metra použili decimálny systém s predponami *kilo-* ( $\times 1000$ ), *centi-* ( $\times 0,01$ ) a *mili-*

(x0,001), pridávanými k slovu meter. Od metra odvodili aj jednotku objemu a to kubický decimeter, ktorý pomenovali *liter* z nej zase jednotky hmotnosti s názvom *kilogram*. Je to hmotnosť 1 dm<sup>3</sup> vody pri teplote +4<sup>0</sup>C. Súčasťou metrického systému je aj jednotka času sekunda (s), ktorá sa definovala ako 86 400 diel stredného slnečného dňa (dnes ju definujeme v sústave jednotiek SI ako čas trvania 9 192 631 770 periód elektromagnetického žiarenia, ktoré zodpovedá prechodu medzi dvoma hladinami základného stavu atómu céria 133). K prototypu metra uložili v paríži aj prototypy objemovej a hmotnostnej jednotky.

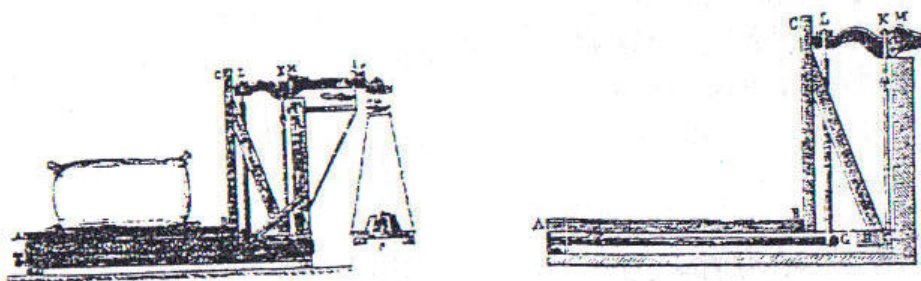
R.1812 nemecký mechanik GEORG von REICHENBACH a JOZEPH FRAUNHOFER, optik a fyzik z Mníchova vynašli sklenú libelu, vybrúsenú do tvaru súdka, teda novú formu vodováhy, ktorá umožňovala stanoviť vodorovnú polohu vo všetkých smeroch (reverzná libela). Princíp vodováhy ako základu určovania vodorovnosti plôch poznali už Rimania a používali ju pri stavbe akvaduktov v 1. storočí. Z r. 1629 pochádza zmienka Taliana GIOVANNIHO BRANCA o hadicovej vodováhe. R. 1661 vynašiel Francúz THÉVEROT modernú rúrkovú vodováhu, ktorá pracovala s mierne ohnutou sklenenou rúrkou, naplnenou tekutinou ( s bublinkou vzduchu), obr. 5.21.



Obr. 5.21 Vodováha

R.1814 bavorský optik JOSEPH FRAUNHOFER znova objavil početné tmavé čiary v spektre slnečného svetla, na ktoré až r. 1802 upozornil britský fyzik W.H.WILLASTON.

Nemeckí mechanici A.QUINTENZ a J.B.SCHWILGUE skonštruovali v Štrasburgu mostové (decimálne) váhy, ktoré umožnili jednoduché a veľmi presné váženie veľkých bremien. Plošina váh je spojená paralelogramovým vedením s vahadlom, namontovanom na ramene váh, ktoré sú nerovnoramenné (obr. 5.22).



Obr. 5.22 Mostové váhy a ich prierez

R.1830 Angličan H.MAUDSLAY (1771-1831) zhotovuje prvé presné mikrometre pre potreby strojárstva. Rozšírili sa však až v polovici 19. storočia.

R. 1840 zostrojil A.BAIN prvé elektrické hodiny. Mechanizmus dostával prúdové nárazy od vlastného zdroja.

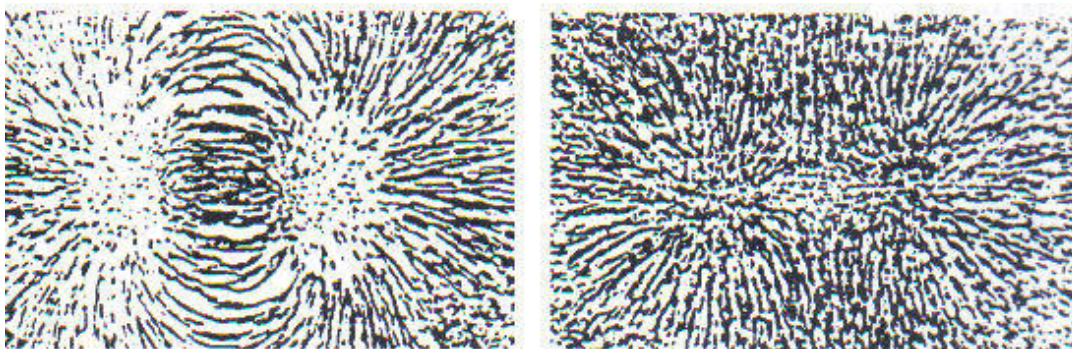
R. 1843 Angličan CHARLES WHEASTONE vynášiel impedančný odporový mostík, nazvaný podľa neho *Wheastonov mostík*.

R. 1845 nemecký prírodovedec ROBERT WILHELM BUNSEN rozpracoval základy chemickej plynovej analýzy.

R. 1846 Angličan ARMSTRONG THOMAS ROMNEY ROBINSON rozvinul na meranie rýchlosti a smeru metra guľôčkový anemometer. Jeho stupnica udávala rýchlosť vetra v km/h, alebo v m/s.

R. 1849 Francúz ARMAND HIPPOLITE LOUIS FIZEAU vďaka svojmu novému spôsobu merania stanovil rýchlosť svetla na 313 000 km/s (presná hodnota je 229 792 456,2 m/s). Zmerať rýchlosť svetla sa prvému podarilo v r. 1672-1675 dánskemu astronómovi OLÉ ROMEROVI na základe merania času, za ktorý najvnútornejší mesiac Jupitera vstúpi do tieňa zeme. Prepúšťal svetelný lúč cez štrbinu rotujúceho ozubeného kolesa tak, aby odrazený lúč dopadol na povrch jedného zuba. Spôsobov merania rýchlosti svetla je viac.

R. 1852 FARADAY zviditeľnil magnetické pole pomocou železných pilín na hárku papiera.



Obr. 5.23 Siločiar dvoch nesúhlasných (vľavo) a súhlasných (vpravo) magnetických pólov

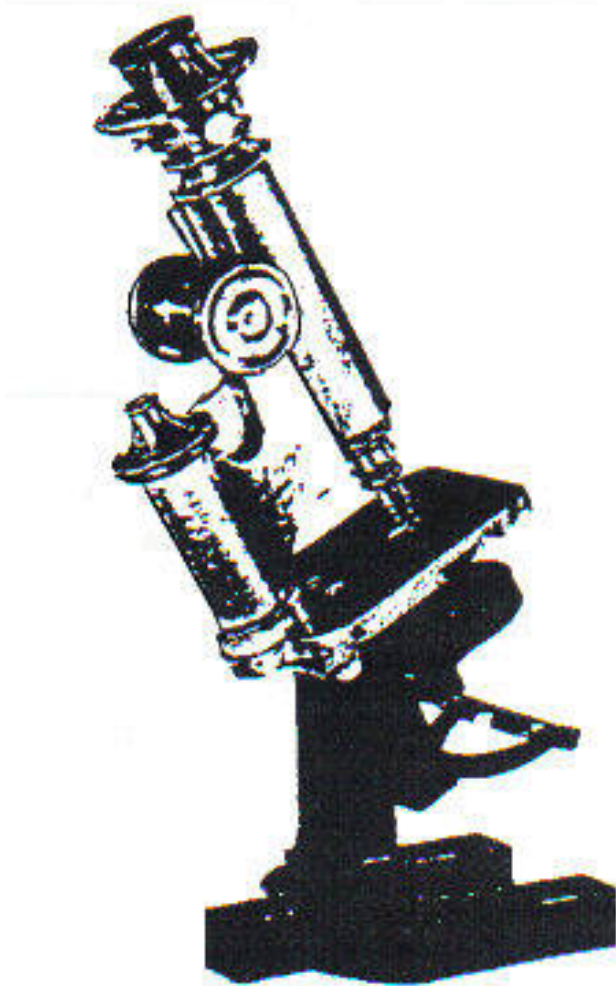
R. 1852 taliansky dôstojník IGNAZIO PORRO prihlásil vo Veľkej Británii a Francúzsku patent na nový teleskop, v ktorom svetelné lúče prechádzali hranolom a lámali sa.

R. 1856 anglický strojní inžinier JOZEPH WHITWORTH skonštruoval prístroj na presné meranie dĺžok s presnosťou merania 1/400 mm.

R. 1859 bonnsky profesor JULIUS PLÜCKENER objavil katódové lúče a možnosť ich vychýlenia magnetom.

R.1861 francúzsky fyziológ ÉTIENE JULES MAREY vynášiel elektrokardiograf na skúmanie činnosti srdca.

R. 1872 ERNST ABBE rozpracoval teóriu mikroskopu, zlepšil jeho objektívy a zaviedol osvetlenie predmetu.



*Obr. 5.24 Mikroskop vyrobený firmou Zeiss podľa ABBÉHO výpočtu, 1872 [9]*

R. 1872 účastníci medzinárodnej konferencie o metri v Paríži, na ktorej sa zúčastnilo 20 štátov sa uzniesli, že meter a kilogram sa vyhotovia ako nové etalóny z platiny a irídia a uložia sa v Paríži. Nový prototyp metra tvorí tyč zo zliatiny 90% platiny a 10% irídia. Jeho prierez v tvare X mal vylúčiť ovplyvňovanie priehybom. Prototyp kilogramu bol valec z rovnakého materiálu, ktorého výška a priemer sú rovnaké (39 mm). Metrický systém bol na území Slovenska zavedený r. 1876 a vzniklo tu 11 úradov na overovanie mier a váh (v celom Uhorsku ich bolo 70).

R. 1873 anglický fyzik J.C.MAXWELL objavil svetelný tlak, teda tlak, ktorým pôsobí elektromagnetické žiarenie pri náraze na teleso.

R.1875 v predlitavskej oblasti Rakúskej monarchie vstupuje do platnosti zákon z r. 1871, ktorý nariaďoval zaviesť decimálnu metrickú sústavu. Rakúsko spolu so 17 ďalšími štátmi pristúpilo na medzinárodnú *Convention du metre*. Staré váhy boli nahradzované novými s výnimkou námorných a a zemepisných míľ. Decimálna sústava sa plne uplatnila s výnimkou v časomeračstve a uhlových mierach, kde sa zachovala pôvodná šesťdesiatinná sústava. Ďalšou výnimkou bolo, že sa u nás až do 20. storočia ponechali anglické palce, ktoré zaviedli anglickí odborníci, zakladatelia prvých strojárni v Čechách.

R. 1878 na podnet J.W.STEPHENSONA zhotovil nemecký fyzik ERNST ABBÉ prvý mikroskop s *homogennou imerziou*. Imerzný mikroskop skonštruoval už r. 1827 Talian G.B.AMICI. Princíp spočíva v tom, že priestor medzi pozorovaným objektom a krycím sklom vyplňuje priehľadná kvapalina. Tým sa zväčší číselná apertúra mikroskopu. ABBÉ tak dosiahol lineárne zväčšenie až 2 000 krát.

R. 1883 S.P.LANGLEY z USA stanovil svojim *bolometrom* solárnu konštantu. Bolometer je prístroj na meranie veľmi malých energií svetelného žiarenia na základe zmien elektrického odporu čistého kovu s teplotou. Pomerne presne určil povrchovú teplotu Slnka v hodnote  $6427^{\circ}\text{C}$ .

R.1885 sa zavádza jednotný medzinárodný čas.

R. 1888 fyzik HERMANN ARON skonštruoval elektromer na meranie spotreby elektriny. Pôsoobil elektromagneticky na jedno z dvoch rovnako bežiacich vahadiel hodín a určil rozdiel v ich správaní, ktorý bol základom prepočtu spotreby elektrickej energie.

R.1893 francúzsky inžinier DE PLACE skonštruoval prístroj na nedeštruktívne skúšky kovových súčiastok a nazval ho *schiseophon*. Je kombináciou mikrofónu a telefónu a prípravkom, ktorý na povrchu predmetu vydáva bublujúce zvuky. Mikrofón sníma odrazené zvukové vlny a v telefóne počuť zvuky, indikujúce chybu.

8. novembra 1895 W.C.RÖNTGEN vo Witsburgu objavil elektromagnetické žiarenie podobné svetlu, ale neviditeľné. Nazval ich lúčmi *X*.

Berlínsky astronóm F.S.ARCHENHOLD R. 1896 postavil s podporou firmy C.HOPPE 21 m dlhý astronomický ďalekohľad, ktorý inštaloval v Trerowe pri Berlíne. Priemer šošoviek bol 70 cm.

11. júna 1897 jemnomechanik zo Stuttgartu ROBERT BOSCH získal patent na nízkonapäťové magnetické zapalovanie do spaľovacích motorov. Rotujúci magnet, poháňaný prevodom z kľukového hriadeľa vytvára indukciou v cievke potrebnú veľkosť zapalovacieho napätia, ktoré sa privádza na sviečku.

R. 1897 nemecký fyzik K.F.BRAUN vynašiel trubicu (*Braunova trubica*), v podstate elektrónku, ktorá sa stala základom elektronického vytvárania obrazov.

Českí geológovia preskúšali ako prví gravitometrické metódy na vyhľadávanie ropných ložísk. Metóda využívala skutočnosť, že sila tiaže Zeme nie je všade rovnaká. Mení sa s hustotou hornín. Výkyvy sa dajú zistiť pomocou torzných váh a gravitometrov.

H.E.WARREN z USA skonštruoval r. 1918 prvé spoľahlivé elektrické hodiny. Už r. 1840 škótsky hodinár A.BAIN zostrojil elektrické hodiny, ktorých kyvadlo nepracovalo na princípe tiaže, ale poháňal ho elektromagnet, napájaný batériou. WARREN prvýkrát spustil hodiny s elektromotorovým pohonom.

R.1929 americký hodinár W.E.MARRISON vynašiel v New Jersey hodiny s kamennými kryštálmi. Základ tohto vynálezu dali už francúzski bratia CURIEROVCI,

objavom piezoelektrického javu. Dokázali, že v niektorých kryštáloch dochádza k buzeniu kmitov s konštantnou frekvenciou, ak sa na ich protiľahlé strany pripojí striedavý prúd. Marrison použil kremenné kryštály, ktorých kmitanie zmenil na prúd vhodnej frekvencie. Relatívne vysoká frekvencia tohto prúdu sa podľa potreby môže znížiť na požadovanú úroveň zapojením frekvenčného deliča. Nízkofrekvenčný prúd použil vynálezca na pohon malého synchronného elektromotorčeka. Presnosť hodín je obdivuhodná. Za rok sa zaznamenáva odchýlka 0,3-30 s.

Po r. 1930 zostrojuje v Británii R.A.WATSON-WATT (1892-1973) prvý primitívny radar. Radar sa zdokonaľoval celé obdobie 30-tych rokov.

Po viacerých experimentoch s elektronovými optickými systémami nemecký elektrotechnik MAX KNOLL a jeho študent ERNST RUSKA zostrojili elektrónový mikroskop- Toto zariadenie umožňuje sledovať aj častice, ktoré sú menšie ako vlnová dĺžka svetla, preto ich svetlo nemôže zobrazovať. Mikroskopický systém má magnetické šošovky. Zväčšenie je 30 000. V kombinácii s optickým mikroskopom až 100 000.

Ruský fyzik A.A.LEBEDEV (1893-1969) skonštruoval r. 1931 polarizačný interferometer a model elektrónového mikroskopu.

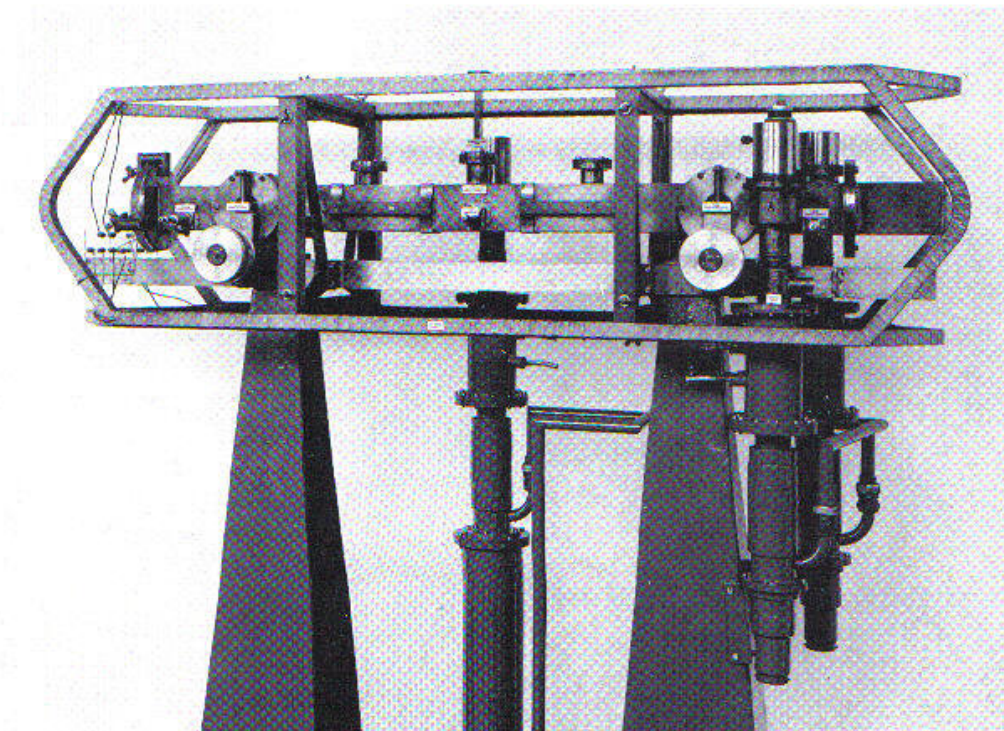
Americký rádiotechnik KARL JANSKY prvý spozoroval r. 1932 rádiové vlny, prichádzajúce z vesmíru.

Americký fyzik W.F.LIBBY objavil princíp atómových hodín. Sú založené na meraní vlastnej frekvencie céziových atómov. Presnosť hodín možno vyjadriť odchýlkou, menšou ako 1 s za 300 000 rokov.



*Obr. 5.25 F.RUSKA a M.KNOLL s elektrónovým mikroskopom (Litografia z r. 1939) [21]*

R.1967 bola medzinárodne prijatá za novú základnú jednotku času v sústave SI sekunda, práve na základe kmitov céziových atómov. Dovtedy platila definícia podľa delenia slnečného dňa. Sekunda bola  $1/86\,400$  časťou dňa.



*Obr. 5.26 Atómové hodiny LIBBIHO z r. 1946 [21]*

R.1950 nemecký fyzik E.W.MÜLLER vyvinul *autoemisný mikroskop*. Zobrazuje hroty kovových materiálov, ktoré emitujú elektróny. Rozlišovacia schopnosť je až  $0,000\,002$  mm, čo je obraz molekúl a atómov.



## 6 HISTÓRIA TEXTILNEJ TECHNOLOGIE

Látky sprevádzajú človeka od čias doby ľadovej v snahe o zahalenie tela a ochrany pred mrazom. Používanie odevu je jedným z aspektov, ktorým sa človek výrazne odlišuje od zvierat, ktoré majú prirodzenú ochranu (šupiny, perie, chlpy, pancier), ktorú vlastne človek napodobňoval. Najprv to boli kože zvierat, neskôr tkaniny, spracované rozličnými technológiami. Vývoj týchto technológií a strojov na ich realizáciu sa neustále zdokonaľoval. Využívali sa prírodné materiály, u ktorých sa využívali ich prirodzené vlastnosti. Na počiatku bolo použitie odevov účelové, ako ochrana pred počasím a úrazom (prikryvka hlavy, obuv), až neskôr sa pridružil účel estetiky, ktorý je v súčasnosti prioritný.

600 000 – 150 000 pred n. l. si osídlenie chladných miest vyžaduje zhotovovať odevy z kože ulovených zvierat.

V období 40 000 – 10 000 pred n. l. už pozorujeme zhotovenie odevov z koží už dokonalejšie pripravených a zošívanych Šľachami alebo koženými remienkami.



*Obr. 6.1 Typické oblečenia lovca v zvieracej koži*

Spracovanie kože vyžadovalo pomerne zložitú prácu pri konzervácii a činení. Začína sa uplatňovať rad chemických postupov, máčanie v roztokoch solí vtieranie tukov,

pôsobenie roztokov zo stromovej kôry a pod. Človek si krotí psa, aby mu slúžil pri love, prípadne aj na osobné ohrievanie živočíšnym teplom. Popri odevoch sa začínajú vyrábať aj prvé ozdoby, prevrátené korále a zuby, vyrezávané kosti a parohy.

Košíky, laná, žinenky, matrace sa vyrábali už v paleolite, skôr ako textilné vlákna, ktoré využívajú skrútenú niť a krížové tkanie.

Zo 7. tisícročia pred n. l. sa v Antólíi našli zvyšky textílií, ktoré dokazujú, že sa tam spriadali rastlinné vlákna a potom tkali na stavoch, alebo na tkáčskych doštičkách. Objavené textilné vzory sa nápadne zhodujú so vzormi, ktoré ešte v súčasnosti zdobia turecké koberce. Spočiatku sa priadlo a stáčalo *vretenom* a *praslicou*. K vretenu neskôršie pribudol *prasleň*, ktorý pôsobil ako zotrvačnik, udržoval rotáciu a tak stáčal vlákna.

Tkalo sa na veľmi primitívnych zvislých, alebo ležatých stavoch. Utkané textílie, alebo spletené rohože sa farbili. Slúžili na to rastlinné farby, napr. morená farbiarska. Z prvých rokov 5. tisícročia pred n. l. sú známe matrace, ozdobné košíky a primitívne tkaniny v Egypte. Najstaršie lano v Egypte sa vyskytuje až o niekoľko storočí neskôr. Okrem faktu, že laná sa teraz vyrábajú z ručne vyrobených vlákien, kvôli pevnosti aj vzory košíkov pretrvali do dnešných čias. Už 3 tis. rokov pred n. l. bola technológia výroby košíkov taká, že sa najskôr uplietlo dno a potom sa plietlo nahor. Čo sa týka dekorácie, vytvárali sa ploché zvislé pružky. Výroba lán o ktorej závisela preprava v stavebníctve zahrňovala tri činnosti, stáčanie vlákien do nite, navinutie nití na vretená a nakoniec stáčanie lana. Aby sa lano nerozplietlo, jednotlivé laná sa stáčali na opačnú stranu, ako celé lano. Táto metóda pochádza zo starovekého Egypta. Materiály boli najmä rastlinného pôvodu. Napr. bavlna, ktorá sa objavila najskôr v Arábii, Indii a na Ďalekom Východe. Vlnu považovali Egyptania za nečistú aj keď sa vlnené oblečenie vyrábalo v Mezopotámii a severnej Sýrii, v Európe v Škandinávii okolo r. 1000 pred n. l. Je zrejmé, že tento teplejší materiál prevládal v Európe kvôli chladnejšej klíme. Aby sa dala použiť niť, vymyslel sa proces, pri ktorom sa materiál trel medzi dlaňami a potom medzi dlaňou a lícom. Použitie paličky vniklo preto, aby sa materiál nezamotával. Neskôr sa z paličky vyvinulo vretienko.

Vretienko bolo až do 15. storočia nášho letopočtu jedinou mechanickou pomôckou pri pradení. Otáčalo sa rukou, alebo na ňom bol naložený spriadaný materiál. Činnosť vretienka podporovalo to, že nitka bola rovnomernejšia. Už v dávnej minulosti sa nite zdvojovali, aby sa pred tkaním zosilnili.

Pri ručnom pradení sa vyťahujú upravené vlákna z praslice (zdobenej tyče umiestnenej na stojane. Stláčaním a zvlhčovaním (slinami) sa z nich tvorí zárodok priadze, ktorý sa v rukách mierne skrucuje a ťahom zároveň vyrovnáva. Vreteno sa teraz jednou rukou roztočí, v druhej ruke sa drží koniec predtým mierne spevnenej priadze. Otáčaním vretena sa takto pripravená priadza skrucuje a tým definitívne spriada. Aby sa vreteno ďalej otáčalo, je na ňom navlečený prstencový zotrvačnik. Keď je priadza dostatočne spevnená, uvoľní sa zaistenie a hotová časť sa ručne namotá na vreteno. Aby sa priadza nestiahla z vretena, musí sa urobiť zaist'ovania slučka.



Obr. 6.2 Spriadacie vretienko z Egypta, 1900 pred n. l. a spriadanie ľanovej nite na „súčasnou“ ručnom vretienku



Namočené a vysušené stebľá ľanu sa lámu na *trlici*. Na obr. 6.3 je *trlica* – *potieračka* s dvoma drážkami, ktorá láme stebľá a súčasne natáhuje vlákna.

Obr. 6.3 *Trlica-potieračka* (má dva žliabky)

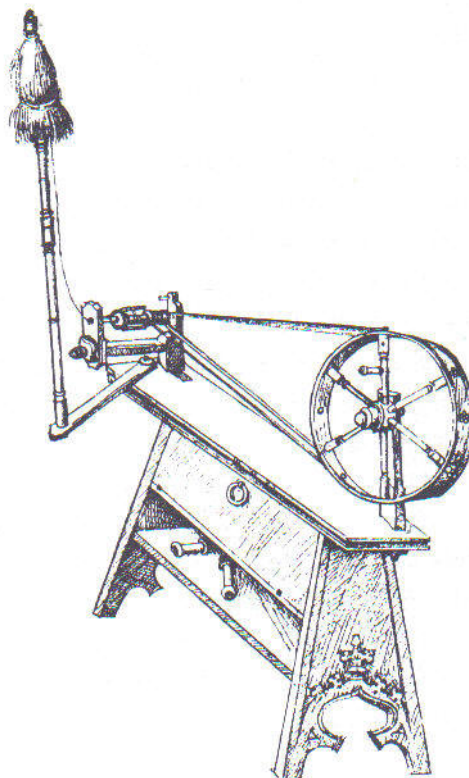


Na vyťahovanie vlákien slúžil *štec* (obr. 6.4) – kovový hrebeň, cez ktorý sa ťahali polámané stebľá. Výsledkom bolo jemné vlákno.



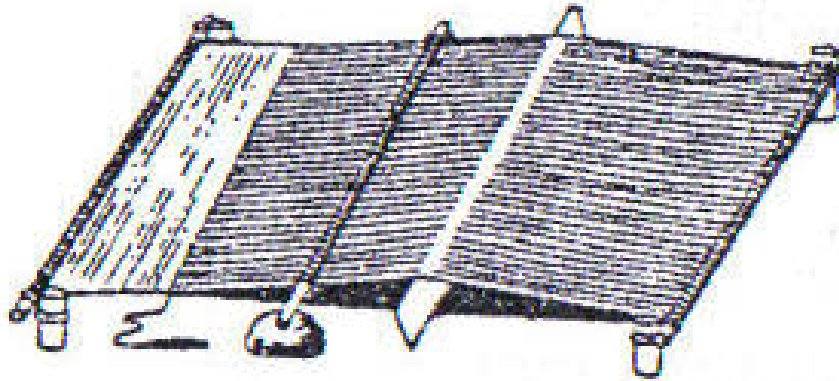
*Obr. 6.4 Štec*

K neskoršiemu prevíjaniu priadze na cievky slúžilo od 14. storočia navíjacie zariadenie, motovidlo postup pradenia pomocou spriadacieho kola zostal v princípe rovnaký ako pri práci s ručným vretenom. Vreteno však bolo dodatočne upevnené na ráme prístroja a do otáčavého pohybu sa uvádzalo prevodom strunou alebo remienkom z veľkého kola, roztáčaného ručne kľukou (obr. 6.5).



*Obr. 6.5 Stará forma spriadacieho kola, na ručný pohon 1480*

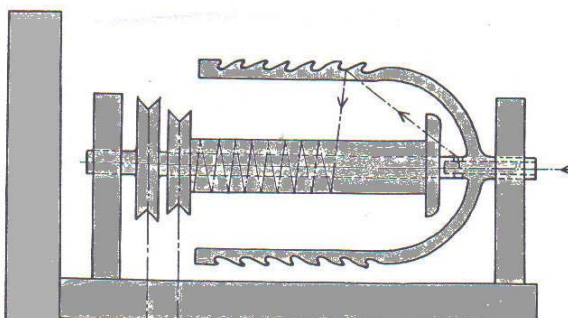
Základnou vlastnosťou tkáčskeho stavu, ktorý je neolitickým vynálezom je, že pozostáva z rámu, na ktorý sú natiiahnuté oddelené nite do osnovy a ďalšou niťou sa to pretkáva. Beduíni stále používajú stav, ktorý je položený na zemi, dokonca sa tvrdí, že takýto stav je starý 5000 rokov (obr. 6.6).



Obr. 6.6 Stav s horizontálnou osnovou [9]

Používali sa tri spôsoby tkania. Prvý bol horizontálny, druhý vertikálny. Tretí, ktorý sa používal na Islande spočíva v tom, že je vytvorený z keramiky, alebo kameňa a jeho vznik sa datuje do Tróje, teda konca 3. tisícročia pred n. l. Najjednoduchšia forma tkania je taká, že nite sa preplietali jedna cez druhú. Tento spôsob sa používa doteraz. Rôznorodosť sa zaviedla farbením nití (tapiséria), alebo prepletaním, kde dve farebné nitky sa splietli a potom sa s nimi tkalo.

Pokrok v pradení priniesol kolovrat v 15. storočí. Jeho podstatnou časťou je vreteno, ktoré má dve rebrovité krídla. Na trní je navlečená cievka tak, aby sa mohla na vretene voľne otáčať. Cievka môže (ale nemusí) byť poháňaná vlastnou remenicou a kolovrat má potom pohon dvoma remienkami z dvojžliabkového veľkého kola (duplexný kolovrat). Priadza sa privádza otvorom v osi hornej časti vretena, tzv. *hubičke*, pretiahne sa cez niektorý háčik na krídle vretena a upevní svojim koncom na cievke. Princíp práce kolovratu spočíva v tom, že sa vreteno a cievka otáčajú rozličnou frekvenciou. Tak dochádza ku skrucovaniu priadze (otáčaním vretena) a zároveň k jej navíjaniu. Rýchlosť navíjania je tým väčšia, čím je väčší rozdiel otáčok vretena a cievky, pričom nie je dôležité, čo sa otáča rýchlejšie. Ak cievka nie je poháňaná (vlastným prevodom) bude unášaná vretenom rovnakou frekvenciou otáčania a k navíjaniu nedôjde. To sa dá využiť pri zrovnomerňovaní priadze. Ak chceme, aby prebiehalo súčasne spriadanie a navíjanie, stačí pribrzdiť okraj cievky ľahkým tlakom dlane a funkcia kolovratu sa obnoví.

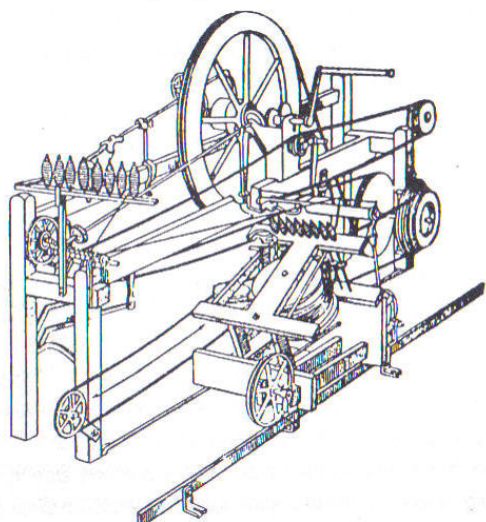


Obr. 6.7  
Vreteno kolovratka

Obr. 6.8 „Súčasný“ kolovrátok



Oba princípy – spriadacie koleso a kolovrátok existovali stáročia spolu a jeden nevylučoval druhý. Oba boli využité pre strojové spriadanie. Najprv boli vyvinuté stroje, pracujúce na diskontinuálnom princípe. HARGREAVESOV *jenny* mal osem cievok, umiestnených vedľa seba na vozíku, ktorý sa pohyboval po koľajničkách smerom od priadky a späť. Za dráhou vozíka bolo osem vretien s osou otáčania, sklonenou k horizontále o  $20^{\circ}$  a poháňaných remienkami. Od bubna s ôsmymi drážkami. Bubon uvádza do otáčavého pohybu priadka ručne cez kľuku a prevod. Postup práce na spriadacom stroji sa v podstate nelíši od práce na spriadacom kole

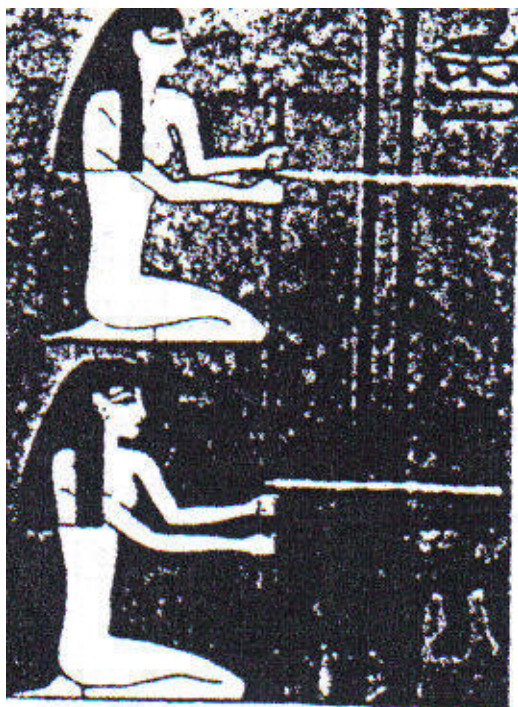


Obr. 6.9  
Spriadací stroj jenny

Prvé ukážky textilných tkaných vzoriek možno nájsť v hrobke Tutanchamona. Je tam kus ľanového plátna s hustotou tkania 280 na 80 nití na palec. Táto tapiséria ukazuje róbu dekorovanú ružami a lotosmi na okraji. Má golier z troch farieb, ktorý má tvar supa s rozprestrenými krídlami. Neskôr v hrobke faraóna Ramzesa III sú látky s väčšou hustotou, je to 340 na 61 na palec.

Škandinávia bronzového veku naproti tomu poznala len riedke tkaniny s hustotou 13 na 10 na palec. Tieto odevy boli zaujímavé tým, že boli vyrobené len z vlny.

Okolo r. 2920 pred n. l. je tkanie známe aj v Egypte a Mezopotámii. Dovtedy používané techniky tkania boli veľmi primitívne. Každé jednotlivé vlákno osnovy bolo pripevnené o kolík, kolmo nastoknutý do zeme, alebo sa krosná skladali len z dvoch žrdí, zatlčených do zeme. Teraz sa už používal tkáčsky stav. Pozostával zo zvislého (u Sumerov aj vodorovného) dreveného rámu. Horné a dolné priečne lišty spájali obe krajné rozpery. Na hornej lište boli pripnuté vlákna osnovy. Aby boli vlákna stále upnuté, každé sa zaťažovalo guľkou z hliny, alebo kovovým závažím.. Pretože v Mezopotámii sa tkalo zhora nadol, závažia sa pripínali dolu. V Egypte, kde sa tkalo zdola nahor, dolné vlákna osnovy sa upevňovali na jednu spoločnú žrd'. Uprostred tkáčskeho stola oddeľovali dve ramená predné a zadné rady osnovy vlákien tak, že sa pomedzi ne dali previesť úťové nite. Ak tkáčske člny slúžili palice s vrúbkami na oboch koncoch, do ktorých sa zachytávala navíjaná úťková niť. Spracovanie ľanu patrí k najstarším odborom remeselníckej činnosti.



*Obr. 6.10 Egyptská mal'ba v hrobe (2 tis. pred n. l.) Znázorňuje napínanie tkáčskej osnovy [9]*

2000 rokov pred n. l. bol v Číne známy hodváb.

6. storočie pred n. l. v Grécku už ukazuje aj ukážky umenia. Sú zobrazované ženy, ktoré tkajú. HOMÉR zobrazil prvý stav v rukách Penelopy. Žiaľ, žiaden fragment oblečenia zo starého Grécka sa nezachoval.

Čo sa týka stavov, iba Číňania mali lepší typ, ako opísaný a svoje umenie tkania praktizovali v roku 1000 pred n. l. Ich umenie nezačalo ovplyvňovať západný svet skôr, ako v ére kresťanstva.

2. storočie pred n. l. znamená v helénistickom Egypte rozšírenie tlačiarstva látok. Súčasne sa táto technika používala v Indii.

V 2. storočí n. l. v Číne zdokonalili tkáčsky stav. Mal zariadenie, ktoré umožňovalo tkať zložitejšie vzory. Číňania na pohyb brda používali šliapadla. Európa si tieto vylepšenia osvojila až v stredoveku. Grécky farár CLAUDIUS GALENOS (129-200) zaznamenáva vo svojich spisoch zmienku o mydle, zrejme sa používalo už skôr.

R. 105 Číňania vynášli výrobu papiera, pravdepodobne z hodvábných a ľanových handier. Asi už skôr vyrábali papier z konôp.

Hlavné rastlinné vlákno, ktoré sa používalo v Európe až do polovice 18. storočia bol ľan. Bol tak efektívne vyrábaný, že ľanové plátna bol ako jediný obchodný artikel z Európy, ktorý našiel svoj odbyt až v Pekingu. Jedinou technickou pomôckou, ktorá sa vtedy používala bol trepač ľanu. Je to vynález zo 14. storočia, pravdepodobne z Holandska. Medzi dvoma kusmi dreva sa roztlkali tvrdé stonky ľanu.

11. storočie prináša potláčanie látok razidlami z pálenej hliny, alebo bronzu. Ako farbivá sa používajú sadze, rozmiešané v oleji, alebo farebné hlinky.

Spracovanie vlny si vyžaduje technológiu, ktorá spočíva v praní, sušení, česaní a naolejovaní predtým, kým sa vlákna rozpletené a pripravené na spracovanie. Hlavnou operáciou je česanie.

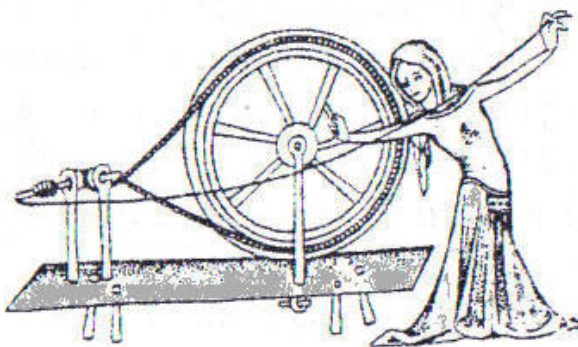
Česanie sa odvodilo z technológie spracovania ľanu, ktorá vznikla v Európe v 12. storočí n.l. Hrebene boli najprv drevené a mali kovové zuby (obr. 6.4). Neskôr v Európe už v 12. storočí kostené, alebo z rohoviny s drevenou rúčkou a na nich boli kovové hroty. Pred česáním vlny sa kovové hroty nahrievali, aby prechádzali ľahšie cez vlnu. Väčšinou sa to robilo tak, že jeden hrebeň bol upevnený a vlny sa cez neho preťahovala kĺzavým pohybom. Druhý spôsob bol ten, že vlna sa držala v jednej ruke, hrebeň v druhej a ním sa rozčesávalo. Tretí spôsob rozčesávania vlny bol založený na vibrácii rozkmitaného vlákna.

Vylepšenia v oblasti textílií v stredoveku nemajú paralelu v prípade spracovania koží. Kože sa používali na oblečenie, fľaše, džbány a batožinu. Iný prípad je, keď koža slúžil umeniu. Garbiarstvo nadobudlo mimoriadny význam okolo r. 1050. Neopracované zvieracie kože boli ťažké, rýchle hnili a mali len nepatrnú životnosť. Na konci 2. tisícročia pred n. l. sa rozšírilo garbiarske spracovanie koží trieslom, obsahujúcim tanín z rastlinných štiav, najmä z kôry a ovocia (napr. z niektorých ihličnanov, jelše, granátového jablka, duba a pod.). Na to boli potrebné špeciálne nástroje (nože, škrabáky, šidlá a nity). Textilné tkaniny sa prali a čistili špeciálnymi rastlinnými koreňmi, alebo odstatým močom (amoniak). Jedno z využití kože je viazanie kníh. Je to umenie, ktoré sa vyvinulo v stredoveku. Vďaka kláštorom vlastnime perfektné knihy, viazané v koži už od 7. storočia n. l. Koža chránila knihy, jednak umožňovala ich výzdobu. Ornamenty na knihách boli vyrábané malými nástrojmi, bez ohľadu na to, ako dlho to trvalo. V 15. storočí a neskôr sa väzba kníh robila viac komerčne a používali sa kovové nástroje



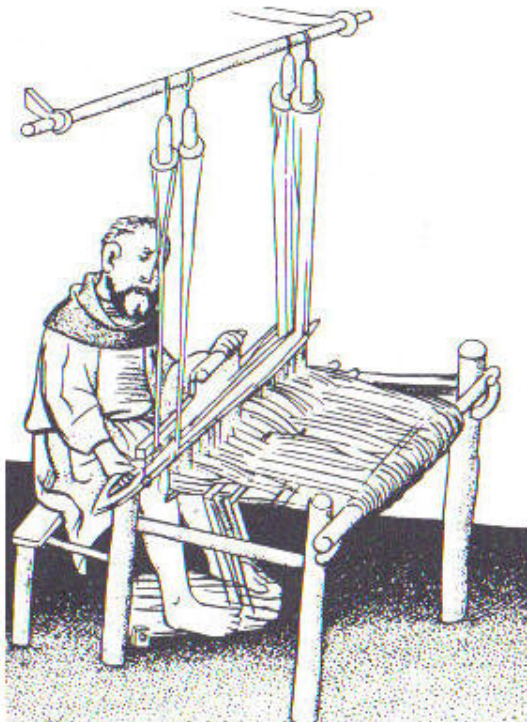
a formy, na ktorých sa dizajn mohol meniť a opakovať. Po r. 1600 viazanie kníh a spracovanie kože dosiahlo v Európe svoj vrchol zlatením. Na kožu sa vyznačil vzor, potom sa vyrobil zlatý plátok a ten bol do kože vtlačený horúcou kovovou formou. Neskôr sa forma odstránila a zlato sa vyleštilo. Poťahovanie kožou na stoličky sa používalo už v Egypte a do Európy preniklo až v 16.-17. storočí.

V 12. storočí vzniká spriadacie koleso, ktoré vynašli pravdepodobne v Indii a v čase križiackych vojen v 13. storočí preniklo aj do Európy. Novinkou bol pohon vretena. Priadka točila rukou zotrvačník, ktorá klinovým remienkom uvádzala vreteno do pohybu. Vlákno vychádzalo z jedného konca a vyťahovalo sa ľavou rukou. Ruka bola úplne natiahnutá, vlákno sa muselo držať v pravom uhle ku vretienku. Spriadacie koleso zvýšilo produktivitu pradenia asi 4 krát. Súvislé pradenie však ešte nebolo možné.



*Obr. 6.11 Práca na spriadacom kolovrátku z r. 1338 [9]*

Ďalším vynálezom bol horizontálny rámový tkáčsky stav. Nepriniesol prelomové technické vylepšenie, ale zvýšil pohodlie tkáča. Tkáč bol vybavený pedálmi, ktorými si zvyšoval a znižoval osnovu a tak sa mu ľahšie tkalo.



*Obr. 6.12 Horizontálny štvorbodový rámový tkáčsky stav z r. 1400 pred n.l. [9]*

Ďalším vynálezom bola valcha. Používala sa na zhutňovanie látok a to tak, že sa bila nespradená vlna, kožušina, alebo vlasy. Predpokladá sa, že je staršia ako samotné tkanie.

História hodvábu v stredoveku hovorí o výraznom prepojení s východom. Manufaktúry, vyrábajúce bavlnu sa rozšírili najskôr v španielsku Maurami a odtiaľ sa to v 12.-15. storočí rozšírilo aj do Anglicka. Hlavne vo forme látky, ktorá bola bavlnená a mala ľanovú obrubu. Samotná bavlna sa vo veľkej miere pestovala v Taliansku, ale surovina pochádzala z Číny. Výroba hodvábu pochádza už z Byzancie zo 6. storočia, keď sa vajíčka priadky morušovej prepašovali z Číny. Väčšinou ich prevážali mnísi. V 12. storočí sa hodváb pevne udomácnil na juhu Talianska. Hlavným centrom výroby sa stali severné talianske mestá a neskôr Francúzsko. Británia si nestihla vyrábať v potrebnom rozsahu nemala žiadne dôležité manufaktúry do r. 1685. Za priaznivých podmienok jedna libra húseníc vyprodukovala 12 libier materiálu. Nitka, ktorá pochádza od priadky je v prvom štádiu taká jemná, že je vlastne neviditeľná. Musela sa teda krútiť, aby sa vlákna nerozhádzali. Splietali sa 2-3 nitky, aby sa zaistila pevnosť. Tieto procesy, ako krútenie a zdvojovanie nití umožnili dosiahnuť potrebnú hrúbku nite. V 13. storočí v Taliansku vznikali nové továrne.

V 15. storočí sa objavuje žehlička.



*Obr. 6.13 Staré žehličky s zohriatou vložkou a na drevené uhlie (zbierka autora)*

Pred r. 1480 sa na pradenie používa ručný kolovrat s krídlovým vretenom. Tento kolovrat priadol a navíjal priadzu. Zdvojnásobil rýchlosť pradenia proti predošlému spriadaciemu kolesu. Prvé zmienky o zavedení nožného pohonu sú z obdobia asi 300 pred n. l. a týkajú sa hrnčiarskeho kruhu.

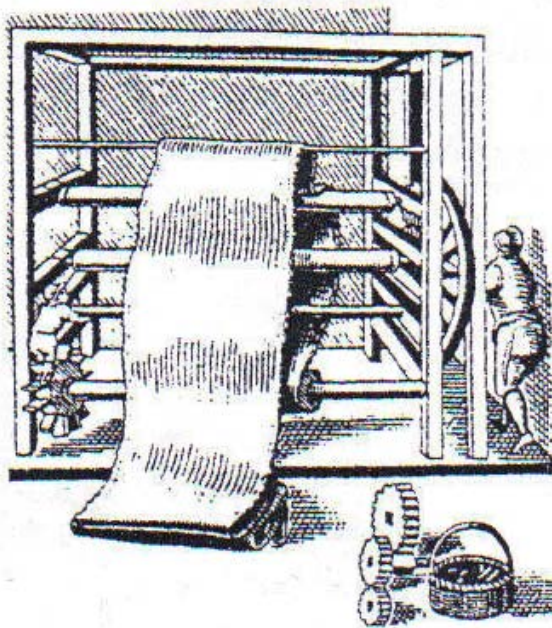
V 16. storočí sa z Talianska šíri do severozápadnej Európy manufaktúrna výroba. V Anglicku sa po r. 1500 zakladajú tkáčovne aj s 200 stavmi a 600 robotníkmi. U nás v 16. storočí vznikajú tzv. rozptýlené manufaktúry, v nich mnoho domácich výrobcov pracuje pre podnikateľa, ktorý dodané polovýrobky vo svojich dielňach len dokončuje, alebo len organizuje prísun surovín a predaj.

R. 1530 nemecký rezbár JURGENS vynášiel šliapací krídlový kolovrat. Bolo to vrcholné spriadacie zariadenie pred strojovej éry, dosahovalo až 5000 otáčok za minútu. Šliapací kolovrat umožnil tkáčke používať obe ruky, takže mohla zjemňovať vyťahovaný pramienok vlákien.

R. 1589 BARBARA ULTTMANNOVÁ (1514-1575) učí a šíri v Krušných Horách paličkované čipiek. Čipkárska technika vznikla pravdepodobne v renesančnom Taliansku.

R. 1589 WILLIAM LEE (1550-1610) vynášiel v Anglicku ručný pletací stroj, pančuchárske krosienka. Bol to jeden z najzložitejších vtedajších strojov a pripravil mechanizáciu textilnej výroby. Vo výrobe textilu sa neskôr ako prvá presadila éra strojov.

R. 1600 ANTON MÖLLER objavil v Gdansku tkáčske „stužkové“, čiže univerzálne krosná, na ktorých mohol robotník tkáť súčasne 16, alebo aj viac stužíek súčasne. V rovnakom čase Francúz C.DAGON zdokonalil techniku špeciálnych tkáčskych krosien, na ktorých sa tkali komplikované vzory. Dovtedy muselo dieťa, ktoré sedelo na krosnách, ručne nastavovať až 100 kombinácií osnovných nití. DAGONOVÉ krosná mu umožnili vykonávať túto prácu zo stoličky vedľa tkáča. Odtiaľ sa manipulovalo mechanizmom lanového kladkostroja. Zaviedol ďalšiu páku, ktorá tkáčovi umožňovala zdvíhať závažia osnovy. Počet slučiek, ktoré sa dali urobiť na osnove sa zvýšil až na 2400. Príslušný počet slučiek sa zviazal dohromady aby tak vznikol vzor.



*Obr. 6.13 Navíjací stroj z r. 1607, ktorý okrem navíjania česal chĺpky v jednom smere [9]*

Vo farbení sa dosiahol dôležitý pokrok r. 1615, keď sa zistilo, že určitý červený kvet farbí na jasnú farbu. Bieliace metódy sa však nezlepšili až do r. 1750.

Po r. 1650 v Británii sa začal rýchle rozvíjať bavlnársky priemysel. Bavlnené látky sú veľkou módou. Pradenie bavlny sa v ďalšom vývoji stane prvým technickým odvetvím, kde prácu prevezmú stroje.

Spracovanie ľanu spočívalo v morení a oddelení vlákna od dreva. Prvé pokusy mechanizovať tento proces vznikli r. 1664. Do začiatku 18. storočia sa používali valčeky na lámanie ľanu, poháňané vodou. Tiež sa používala čepel, ktorá vydeľovala vlákna. Neskôr sa nahradila hrotmi, upevnenými na valci, tiež poháňanom vodou. Česanie vlny zostávalo stále ručnou operáciou. Kratšie vlákna vlny sa už česali strojom. Boli na to vyvinuté tri patentované princípy r. 1748.

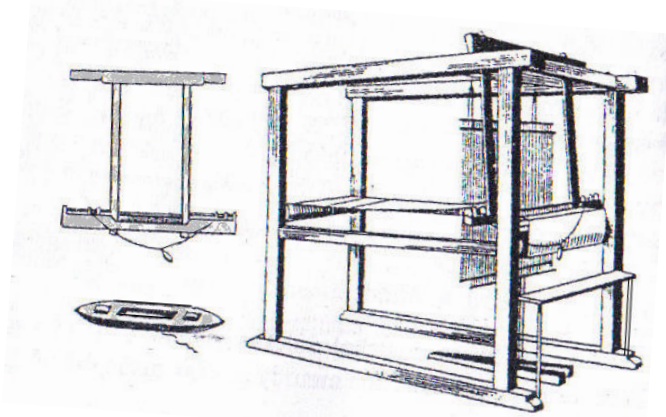
Po objavení vretena v neskoršom stredoveku oľ veľkým pokrokom v ranom období 16. storočia objav šliapacieho kolesa. Pochádza z Anglicka. Na šliapadle sa pracovalo nohami a poháňalo kolovrátok. Keď sa stlačilo, slučka na druhom konci fungovala ako spájacie zariadenie, ktoré otáčalo koleso. Jedného tkáča museli napriek tom zásobovať traja až štyria pradiari. Tento nesúlad sa ešte zväčšil objavom pohyblivého člnka r. 1733.

R. 1725 Francúzi B. BOUCHON a FALCOM zdokonalili vzorový tkáčsky stav. Na zmechanizovanie práce slúžilo zariadenie s nekonečným dierovaným pásom papiera.

Medzi rokom 1725-1745 vzniklo viacero vynálezov na vzorkové tkanie. Vzor sa urobil na dierovaný kartón, alebo papier, ktorý sa pohyboval spolu s perforovaným valcom. Hroty boli pripevnené na rady nitiek, ktoré sa dvíhali a tým vznikala požadovaná osnova a vzor. Po každom prechode člnka sa valec otočil k novej perforácii.

R. 1730 vynášiel JOHN EATT (1700-1766) valcový spriadací, či preťahovací stroj a založil mechanizovanú pradiareň, ktorá využívala ťažnú silu zvierat. Podobné riešenie si dal patentovať r. 1759 LEWIS PAUL v Anglicku. Tak sa zabezpečovalo krútenie nitky. Každý pár sa otáčal o niečo rýchlejšie ako predošlý. Tak sa zabezpečovalo krútenie nitky. Pokusy poháňať stroj oslom, alebo vodným kolesom boli neúspešné, ale predstavovali potenciál pre budúcnosť.

R. 1733 JOHN KAY vynášiel v Anglicku stav s rýchlobežným člnkom (tiež odrážkový či lietajúci člnok). Ručná práca sa tým zmechanizovala. To umožnilo tkáčovi tkať aj široké látky a zdvojnásobilo produktivitu tkáčskej práce. Vynález zohral prvoradú úlohu na začiatku priemyselnej revolúcie, lebo si čoskoro vynútil konštrukciu spriadacích strojov, ktoré by zásobovali stavy dostatočným množstvom nití. Tkáč mohol posúvať člnkom sprava doľava a opačne o väčšiu vzdialenosť, ako je rozpätie jeho ramien. Týmto člnkom sa pracovalo tak, že sa poťahovali striedavo konce tyčky, ktoré boli pripevnené na dve kožené držadlá, čím sa takto kĺzalo pozdĺž kovového jadra. Člnok sa mohol na kolieskach pohybovať sem a tam. Tkáč stíhal dvojnásobnú dĺžku tkaniny aj posúvať člnok. Pritom mal pohodlnú pracovnú pozíciu. Autor mal z vynálezu malý zisk, pretože tkáči mali predsudky. Vyvinul sa ešte väčší tlak na pradiarov, aby držali krok s tkáčmi. Súčasne to urýchlilo vývoj stavu s pohonom.



Obr. 6.14 KAYOV tkáčsky stav z r. 1733 [9]. Vľavo je rám s posúvačmi, ktoré rázom urýchlujú člnok cez osnovu

Okrem toho KAY skonštruoval stroj na rozvlákňovanie vlny pred pradením.

R. 1738 vynášiel JOHN WYATT tzv. *spinning-frame* (spriadací stroj). Súčasne navrhol zmechanizovanie tkáčskych stavov na vodný pohon, čo nebolo zrealizované.

Pôvod pletenia je neznámy. Pletenie na stavoch, alebo rámoch sa u Arabov praktizovalo dávno. Prvé ihlice na pletenie mali tvar háku. Dajú sa ešte stále nájsť u pastierov v Škótsku.

R. 1578 úradník z Nottinghamského grófstva LI vynášiel stav na pletenie ponožiek. Pletiar manipuloval so sériou pohyblivých háčikov, ktoré prepletali nitky cez sériu fixných háčikov. Zo strachu z nezamestnanosti bol vynálezca odradený kráľovnou Elizabeth I. a neskôr Jamesom I preto a ušiel do Francúzska. V 18. storočí sa tento stav stal základom domáceho priemyslu v Anglicku, zvlášť vo východnom Midlands.

Ďalším dôležitým krokom na konci 16. storočia bol stav, ktorá tkal stužky, vynájdený v Danzingu. Tento stav nevyžadoval zvláštne schopnosti obsluhy. Vyrábala až 6 úzkych stužík naraz. Takýto stroj sa používal už r. 1616 v Londýne. K jeho rozšíreniu však nedošlo pre bojkotovanie.

Od r. 1741 sa po vynáleze JULIANA LOUISA GEOFFROYA začína používať tvrdé mydlo, ktoré nahrádza predtým používané mazľavé. Mydlom sa napúšťali vlnené tkaniny. Dalo to ďalší podnet priemyslu výroby mydla. Tento priemysel koncom 17. storočia začal používať veľrybí olej, aj keď kvalitou meškal za olivovým z krajín od Severného mora.

R. 1774 sa začína používať kyselina sírová na bielenie ľanových a bavlnených látok.

R.1748 Angličania LEWIS PAUL a DANIEL BOURN vynášli nezávisle od seba mykací stroj na vlnu.

R. 1750 Angličan STENDER zostrojil prvú práčku na pranie bielizne.

R. 1750 sa v Anglicku a vo Walese iba spracovaním vlny zapodievalo približne 800 000 ľudí, čo bolo asi 27% zárobkovo činného obyvateľstva.

R. 1751 založili v Prahe prvú manufaktúru na výrobu hodvábných látok.

R. 1758 Angličan EVERETT of HEYTESBURY zostrojil nožnicovú strihačku na súkno.

R. 1760 ruský mechanik RODION GLINKOV vynášiel špeciálny stroj s 30 vretenami na pradenie ľanu. Stroj uvádzalo do pohybu vodné koleso, ale neodstraňoval ešte ručnú prácu, ako neskoršie spriadacie stroje.

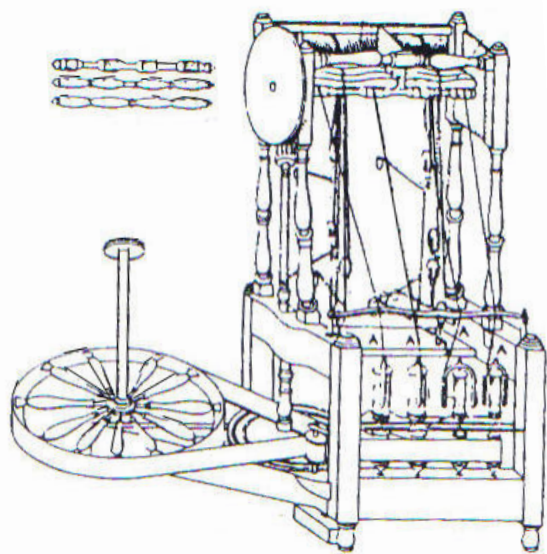
Do obdobia r. 1760 za vlády kráľa Juraja II. Došlo k výraznému rozvoju pradiarenských strojov. Mechanizácia spriadania bola veľmi naliehavá. Preto r. 1761 britská *Royal Society of Arts* (Kráľovská spoločnosť umení) vypísala cenu za spriadacie zariadenie, ktoré by ohlo vyrábať súčasne šesť nití.

Prvé experimenty WATTA s parným strojom viedli k nádeji na jeho využitie v tkáčskom priemysle.

Bavlnené elastické vlákno umožňuje lepšie mechanické spracovanie. Spriadací stroj R.ARKWRIGHTA možno nebol originálny vynález (napr. rotujúce valčeky vynášiel BOOR a POHL).

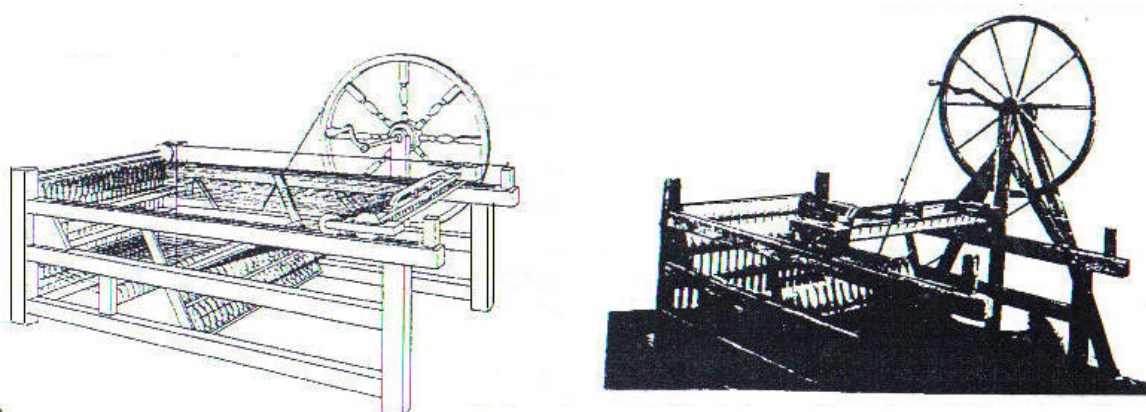
Názov „vodný stav“ nie je presný, pretože ho poháňal kôň. Súčasne sa ukázalo, že ľudská sila nie je na pohon takýchto strojov postačujúca, čo odštartovalo systém tovární.

Stroj mal 4 horizontálne drevené cievky, ktoré držali chumáče bavlny, vopred vyčistené, česané a pripravené na stáčanie. Chumáče bavlny ťahali dva páry valčekov so stúpajúcimi otáčkami, čím sa bavlna natáhovala. Pokračovala na spodok stroja cez rameno, pripevnené na vreteno. Vreteno tiež nieslo cievku, ktorej rýchlosť bola regulovaná kúskom dreva, obtočeného okolo nej. To zabezpečovalo jednotné navíjanie nitky.



Obr. 6.15 ARKVIGHTOV spriadací „vodný stav“, patentovaný r. 1763 [9]

Neskôr tento stroj prepracoval do horizontálneho usporiadania. JAMES HARGRAVES. V tomto stroji sa chumáče bavlny vyťahovali z cievok, umiestnených na dne rámu a vyťahovali sa tyčkou, ktorá kĺzala tam a späť na hornú časť rámu. Dve koľajničky sa stláčali dohromady, aby udržali rýchlosť navíjania, zatiaľ čo tyčka sa pohybovala viac dozadu. Chumáče vlny sa skrúcali vretenami, upevnenými na opačnom konci rámu. Pretože autor bol nielen tkáč, ale pracoval aj s drevom, prišiel na princíp stroja z náhodne prevráteneho kolovrátku. R. 1764 skonštruoval prvý prakticky použiteľný spriadací stroj, nazývaný *spinning jenny*. Jeden pracovník na ňom mohol priasť súčasne na ôsmich vretenách. Nahradenie ručného pradenia strojovým sa považuje za začiatok veľkého dejinného prevratu.



Obr. 6.16 Spriadací stroj spinning jenny, na ručný pohon, podľa dobovej kresby a jeho rekonštruovaná podoba (Deutsches Museum Mnichov)

R. 1775.1779 britský vynálezca S.CROMPTON vyvinul ďalší nový spriadací stroj. Keď anglický tkáč J.KAY (1773) vynašiel automatický tkáčsky člnok, pradiarne sotva stačili držať krok s dodávkou suroviny. Keďže dopyt po textilnom tovare rástol aj vďaka väčšiemu počtu obyvateľov a začínajúcej industrializácii, ďalší rozvoj tkáčskej techniky v 60. a 70. rokoch rapídne pokračoval.

R. 1708 Angličan RICHARD ARKWRIGHT (1732-1792) sa zaslúžil o zdokonalenie konštrukcie spriadacích strojov nového typu na vlnu s valcami a tkacími krídlami (*waterframe*), ktoré produkovali pevne prednastavenú osnovnú priadzu. V tomto stroji sa česalo pomocou valca, pokrytého zubami, bavlny sa odstraňovala hrebeňom. Potom prechádzala cez rotujúce valčeky a lievik, takže tenko navinutá načesaná vlna padala do nádoby. Aby sa zabezpečila uniformita, niektoré nite sa vyťahovali a vracali medzi valce, ktoré ich zjednocovali. ARKWRIGHT dosiahol takmer neprerušovaný proces, ktorý pripravil bavlnu na navíjanie. Pravým vynálezcom bol však THOMAS HAITH, ale ARKWRIGHT sa pričínal o jeho rozšírenie v pradiarňach. Nové spriadacie stroje (*water frame*) mohli byť poháňané zvieracím, alebo vodným pohonom a priadli nite na útok, alebo aj osnovu. Prispeli k továrenskej výrobe nití.

R. 1771 sa ako najstaršie vyrobené farbivo začala používať kyselina pikrová. Vyrábala sa u kyseliny dusičnej. Tým sa začal významný vývoj syntetických farbív, ktorý ovplyvnil pokrok chemického priemyslu v 19. storočí.

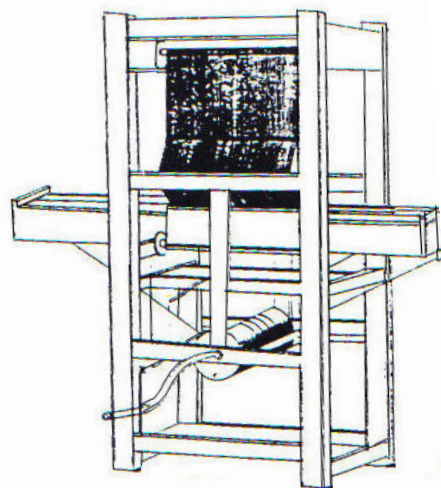
R. 1775 ARKWRIGHT navrhol nepretržitý spôsob mykania, preťahovania a predpriadania so strojovým pohonom.

R. 1779 Angličan SAMUEL CROMPTON sa zaslúhuje o ďalšie podstatné zdokonalenie spriadacích strojov na bavlnu.

Okolo r. 1780 sa pri tlačení látok objavuje BONVALETOV lis s ryhovanými platňami. Neskôr sa zdokonalili valcové potláčacie stroje. Zaslúžil sa o to THOMAS BELL.

Tkanie je výrobný postup známy niekoľko tisícročí. Ide o výrobu tkaniny vzájomným krížením dvoch sústav nití, pozdĺžnej-*osnovy* a priečnej-*útok*. Prvé drevené tkáčske krosná vznikli v 13. storočí a v domácej výrobe plátna sa udržali až do 20. storočia. Mechanické krosná zostrojil už r. 1687 francúzsky námorný dôstojník De

GENNE, ale je známe, že neboli schopné skutočnej prevádzky. Jeho krajan J.de VAUCANTON rovnako neuspel r. 1745. Napokon Angličan EDMUND CARTWRIGHT vynášiel fungujúci mechanický tkáčsky stav, ktorý nasledovníci ďalej zautomatizovali.

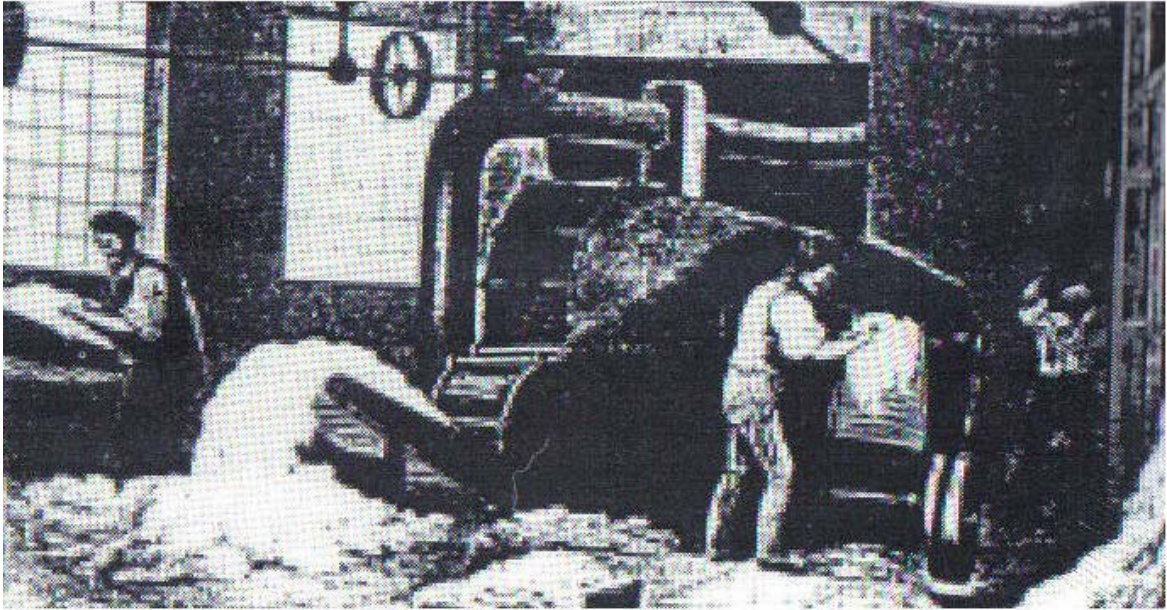


*Obr. 6.17 CARTWRIGHTOVE krosná (z patentového spisu r. 1785) [9]*

Strojové tkanie teraz doplnilo strojovú výrobu nití a dalo základ továrenskej výrobe látok.

Mechanizácia tkania prebehla najmä v tkáčovniach s hodváhom, ktorá nebolo potrebné priasť. Surový hodváb bol k dispozícii ihneď po stiahnutí zo zámotku priadky morušovej a bolo ho potrebné už len súkať. Vlna a bavlna je naproti tomu surovinou voľných vlákien, ktoré sa musia najprv súkať. Vlna a bavlna je naproti tomu surovinou voľných vlákien, ktoré sa musia najprv upriať. Spriadanie týchto látok sa rozšírilo omnoho neskôr ako spracovanie hodvábu.





*Obr. 6.18 Pokroky v tkáčskej technike vyvolali technické zlepšenia v spracovaní bavlny [9]*

R. 1785 francúzsky chemik C.I.BERTHOLLER použil pri bielení chlór a tým dal základ novodobej technike bielenia, ktorá sa onedlho presadila vo veľkom meradle. Prispelo to k veľkému rozvoju nielen textilnej výroby, ale aj chemického priemyslu.

V rokoch 1787-1789 pracovalo v strojovej továrni grófa RUBINIHO v Bratislave 50 spriadacích strojov.

R. 1790 Angličan T.SAINT skonštruoval prvý prakticky použiteľný šijací stroj s retiazkovým stehom. Bol to stroj na šitie obuvi.

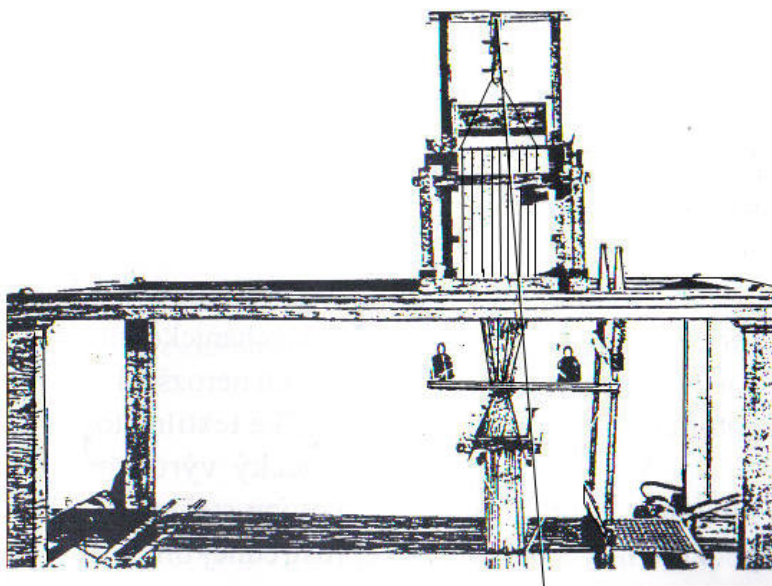
Súčasne Angličan BEETHAM skonštruoval pračku, ktorá prala bielizeň iba tlakom.

R. 1790 sa začína vo veľkej miere v textilnom priemysle aplikovať parný stroj.

R. 1793 Američan W.E.WHITNEY postavil vyžrňovací stroj na spracovanie bavlny.

R. 1797 anglický chemik SMITHSON TENNANT zaviedol bielenie chlórovým vápnom a začal jeho výrobu vo veľkom.

Krosná, ktoré r. 1805 podstatne zlepšil Francúz JOZEPH-MARIE JACKQUARD, sa začali čoraz viac presadzovať v praxi. JACKQUARD automatizoval tzv. pancier na tkanie komplikovaných vzorov. Týmto zariadením sa pomocou balíka šablón (perforovaných kartičiek), ktorých výmenu umožňuje jednoduché zošliapnutie nožnej páky, ovláda komplexný mechanizmus šnúr a platní, postupne dvíhajúci rozdielny počet osnovných nití na tvorbu vzoru pre útkovú niť. Dovtedy sa tento mechanizmus musel znova nastavovať.



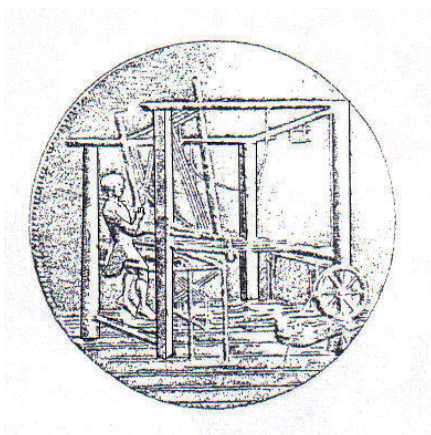
Obr. 6.18  
 Starší model krosien  
 J.M.JACQUARDA  
 z r. 1801 [9]

Až do posledného desaťročia 17. storočia sa surová bavlna dostávala do Európy jednak zo svojej vlasti v Levante, ako aj z britských a francúzskych západoindických ostrovov. Kefy a sekačky bavlny odstraňovali spoľahlivo semiačka a tak sa ju oplátilo pestovať.

Medzi r. 1790 a 1810 množstvo hrubej bavlny zo Spojených Štátov sa zvýšilo z 5 na 8 miliónov libier. V období r. 1851 americké otrokárské plantáže uspokojovali 5/6 svetovej spotreby bavlny. Británia brala 1 miliardu libier za rok. Zvyšok Európy 2/3 z tohto množstva. Bavlna viedla k uniformite, sile a elasticite odevov. Bavlna úspešne konkurovala ľanu a hodvábu. Okrem niekoľkých bohatých nebol všeobecný prístup ku zdravému spôsobu obliekania. Bavlna sa ľahko vyrábala, potláčala a prala. Hovorí sa však, že česačka bavlny predĺžila v Amerike otroctvo o niekoľko generácií. Počet otrokov vzrástol zo 700 tis. r. 1790 na 3,200 tis. v r. 1850. Britské továrne zamestnávali detskú pracovnú silu. Malé telička detí prišli vhod na čistenie strojov. Zamestnávanie detí do 9. roku veku sa v Británii zastavilo až r. 1833, ale práca na polovičný úväzok u starších detí, ktorí boli pol dňa v textilnej fabrike a pol dňa v škole zostala legálna až do r. 1918.

R. 1805 bol patentovaný JAQUARDOV spriadací stroj. Dali sa na ňom tkať všetky ručne tkané textílie a dostal názov „dandy“.

Strojový pohon preniká do textilného priemyslu veľmi pomaly. Stále sa používajú ručné stavy.



Obr. 6.19 Ručný stav je vyobrazený na minci v Barnsley, Yorkshire v r. 1811

V celej Británii je v tomto období len 2 400 strojov na pohon inou energiou ako ručnou. Po r. 1820 sa ich počet niekoľkonásobne zvýšil. R. 1850 priemysle spracovania bavlny mal skoro štvrt' milióna tkáčskych strojov a pohonom. Ručne bolo poháňaných 20% strojov. Stav na pohon začal prevládať aj v priemysle spracovania vlny a umožnil vyrábať aj látky z hladkej česanej vlny. Prvým takýmto strojom bol stroj, vynájdený r. 1803, ktorý umožňoval meniť veľkosť osnovy valčekmi. Česal ich a sušil prúdom horúceho vzduchu. Od r. 1839 sa miesto neho používala alternatívna metóda. Nitky na osnove prechádzali nahriatymi valcami.

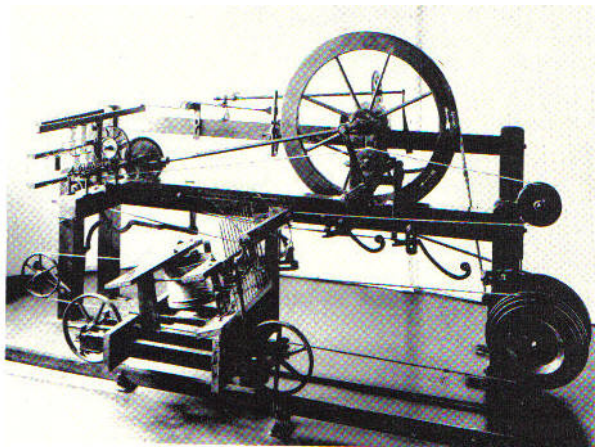
R. 1808 parížsky konštruktér JULIEN LE ROY vynášiel prvý pletací stroj, ktorý sa stal známy ako *triciteur français*. Bola to významná novinka v textilnej technológii. Dovtedy sa totiž textilie zložené z očiek dali strojovo vyrábať iba tkaním (t.j. zaťahovaním), (1589). Klasická pletenina vznikala len ručne. Záťahové stavy pracovali buď prstencovo, vyrábali teda hadicovú tkaninu, alebo produkovali plošné pásy. Royov pletací stroj vyrábala len plošné látky.

R. 1810 Francúz P.H.GIRARD vynachádza mechanický spriadací stroj na pradenie ľanu. Mechanické spriadanie ľanu bolo dovtedy veľkým problémom. Ani GIRARDOV stroj sa vo Francúzsku nerozšíril a vynálezca odišiel do Strednej Európy. V Poľsku založil veľké textilné továrne.

V rovnakom roku nemecký výrobca pančúch B.KREMS zostrojil prvý fungujúci stroj na šitie retiazkovým stehom. Základným technickým riešením bolo použitie ihly s očkom v bezprostrednej blízkosti hrotu. Pritom ihlu stačí zapichnúť a znova vytiahnuť. Pritom sa pod látkou z nite vytvorí slučka. Nasledujúci vpich sa potom vedie cez slučku a vytvorí požadovaný steh. KREMSOV stroj bol schopný mechanizovať tento cyklus, pričom bol poháňaný ručne, pomocou kľuky.

R. 1812 boli náklady na výrobu bavlnenej nite iba desatina nákladov pred 30. rokov.

R. 1812 S.CROMPTON zdokonalil spriadací stroj, ktorá dostal názov „*mule*“ (mulica (kríženec)). (Názov dostal z toho, že je krížencom strojov ARKWRIGTHA a HARGREAVESA. Aj na tomto stroji sa vretená pohybujú na vozíku po koľajniciach a udržuju predpriadzu stále napnutú. Stroj vyrábala jemnú a pevnú priadzu. Jeden robotník mohol na jeho stroji obsluhovať až 10 000 vretien. Stroje produkovali za rovnaký čas také množstvo vlákna, ako 4 milióny ručných kolovrátkov. Je známe, že práve tento vynález viedol k povstaniu anglických tkáčov, neskôr aj sliezskych (1844). Ich existenciu ohrozovalo zavádzanie strojovej priadze a textílií. V Langenbielau a Peterswaldene spustošili sliezski tkáči domy dvoch textilných fabrikantov.



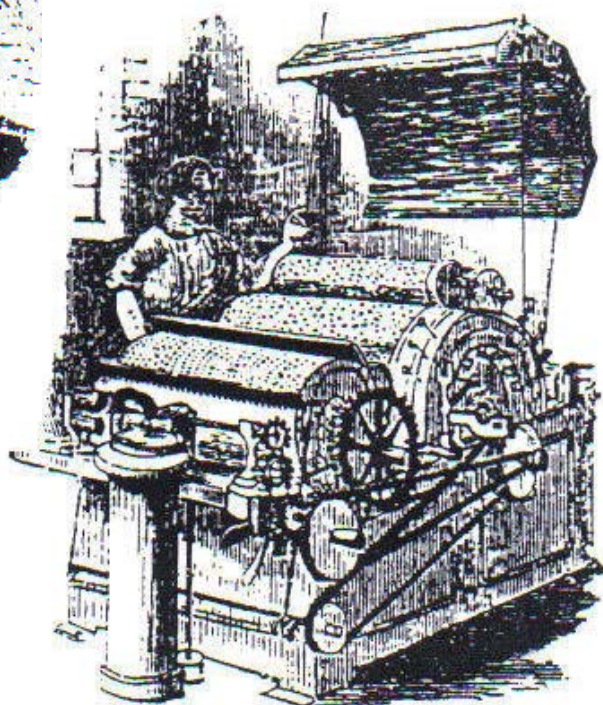
Obr. 6.20 Spriadací stroj „*mule*“ s dvoma vretenami

Náhrada ručnej práce sa aplikovala najmä od r. 1800, pri niektorých operáciách. Zostala napr. v procese bitia bavlny. Touto operáciou sa otvárajú a čistia bavlnené vlákna predtým, ako sa zmotávajú do chlpatej masy a češú sa.



*Obr. 6.21 Klasické bitie bavlny*

*Obr. 6.22 Česací stroj na bavlnu z r. 1850 [9]*



Tieto stroje sa aplikovali vo veľkom až po r. 1850 sa vyriešil problém, ako sa majú čistiť vonkajšie polovičné valce, ktoré mali zuby vo vnútri, bez toho, aby bolo potrebné 2x denne vypnúť stroj a robiť to ručne.

Prudko sa rozvíjajúci priemysel dokumentuje skutočnosť, ako môže technický pokrok zmeniť celé odvetvia. Čoraz dokonalejšie textilné stroje vytlačili z trhu svojimi lacno vyrábanými bavlnenými výrobkami vlnené a ľanové výrobky. To malo za následok pozoruhodné rozšírenie trhu s bavlnou a rozmach pestovania bavlny na vhodných územiach na celom britskom impériu. Z anglického textilného boomu profitovali najmä

podnikatelia z USA, kde bola k dispozícii lacný pracovná sila - černosi. V Anglicku sa stavali čoraz väčšie textilné továrne, čo súviselo so základnými zmenami ich štruktúry a technického zariadenia. Parné stroje cez transmisný prevod uvádzali do pohybu tucta strojov v halách a zmechanizovaná výroba priadze a tkanín sa stala procesom s najvyššou mierou deľby práce. To prospelo rovnako kvalite aj množstvu vyrábaného textilu, ale z počiatku ubudlo veľa pracovných miest, takže zavádzanie priemyselnej výroby malo výrazné sociálne dôsledky.



*Obr. 6.23 Vzorovo zariadená tkáčska dielňa (litografia z r. 1835). Tradičné tkanie na krosnách. Prirážanie barda a prehadzovanie člnka je ručné a tvorba zivy sa ovláda nohami [21]*

Mechanické krosná okolo r. 1830 vyrobili 100 m tkaniny za 70 hodín. Viacčlnkové okolo r. 1850 na výrobu tohto množstva už potrebovali len 30 hodín a NORTHROPOVE stroje s mechanickou výmenou cievok okolo r. 1900 len 10 hodín.

R. 1830 sa začali zaznamenávať štatistiky, bol bavlnený tovar na export nielen 4x viac vyvážený ako vlna, ale tvoril polovicu celého britského exportu.

Čistenie česacích strojov sa vyriešilo tak, že rýchlosť navíjania bola rovnaká ako rýchlosť pri ktorej sa chumáčky bavlny dávali do rotujúcich valčekov. Cievky boli

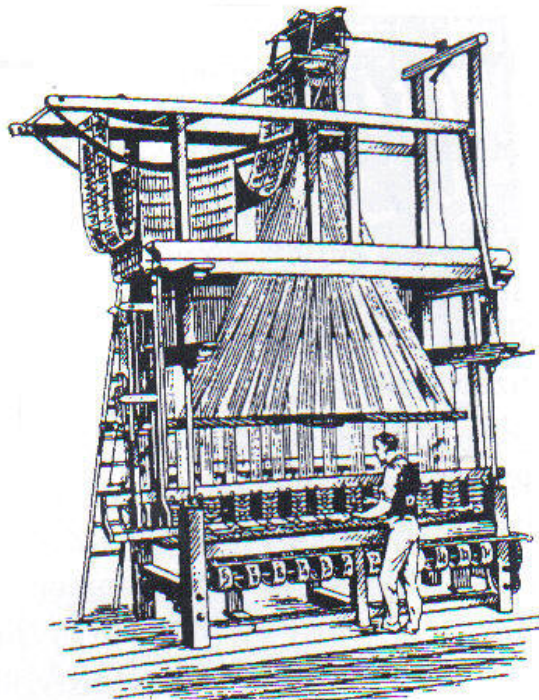
poháňané oddelene od vretien remeňom, ktorý sa kĺzal po kuželovom bubne a tak poskytoval rozličné otáčky.

R. 1836 bavlnársky podnikateľ zo Zákop v Čechách E.LEINTENBERGER vynášiel formovací potláčací stroj na tkaniny, zvaný *Leitenbergina*.

V rovnakom roku Francúz PETZOLD použil na odstred'ovanie a vysušenie mokrej bielizne rýchle sa otáčajúci dierovaný bubon, ktorý sa používa doteraz.

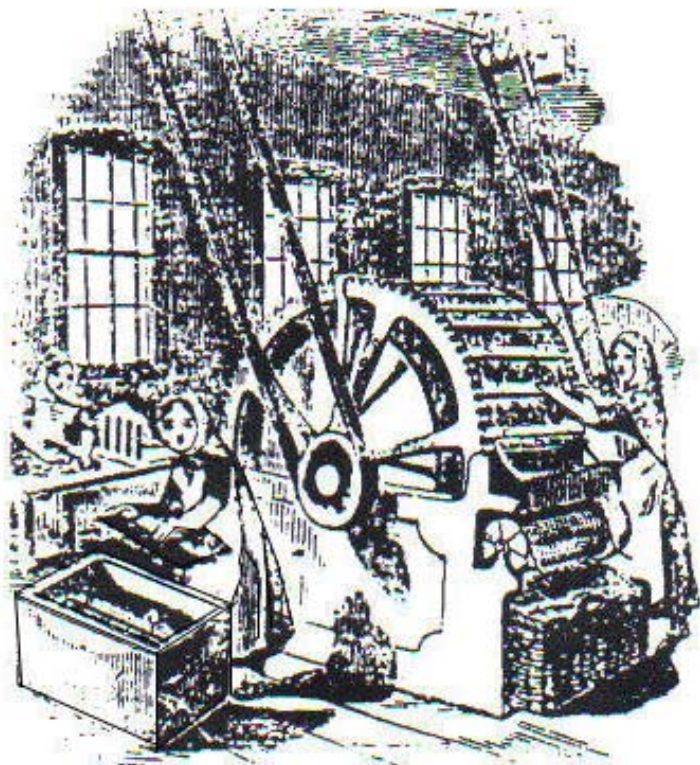
S veľkým časovým oneskorením oproti Anglicku, ktoré bolo kolískou priemyselnej revolúcie zasiahol technický pokrok aj stredoeurópske oblasti. Industrializácia si vyžiadala surovinové a energetické zdroje, preto sa v Nemecku jej centrom stalo najmä Porýnie, Porúrie, Sasko a hornosliezska uhoľná oblasť. Zasažovala Rakúsko, Čechy a v Uhorsku dnešné územie Slovenska.

Oddel'ovanie vlákien ľanu sa realizovalo ťažko, pretože tento proces vyžadoval, aby sa jednotlivé vlákna česali po oboch stranách tam a späť. Úspešný stroj na tento proces bol vyrobená Francúzom FHILLIPOM de GIRARD r. 1832 a vylepšený bol v Anglicku r. 1850. Rastlina sa umiestnila medzi dva vertikálne hrebene, ktoré sa pohybovali v opačných smeroch a odstraňovali krátke vlákna ľanu na valce s kefami v spodnej časti stroja. Držiak z ktorého vypadávali vlákna sa pohyboval hore a dole, aby umožnil zubom kefy preniknúť hlbšie. R. 1850 sa takmer všetok ľan na jemné nite oddel'oval ručne. R. 1830 bolo v Anglicku 309 stavov na spracovanie hodvábu. R. 1850 ich už bolo 1 141. Takmer všetky boli typu JAQUARD.



*Obr. 6.24 JAQUARDOV stav na tkanie stužíek, šálov a šatiek, okolo r. 1840 [9]*

Jemný prach, ktorý uvoľňovala príprava vlákien spôsoboval veľa chorôb, takže úradníci, ktorí prijímali pracovníkov mali istá čas zakázané prijímať ľudí do tovární na oddeľovanie ľanu.



*Obr. 6.25 Oddelovací stroj pri práci Anglicko, 1850 [9]*

R. 1845-1846 Američan ELIAS HOWE (1819-1867) zostrojil dvojstehový šijací stroj s člnkom. V zásade zdokonalil konštrukciu W.HUNTA z r. 1832. Jeda šička za rovnaký čas urobila toľko, ako päť krajčírov pri ručnom šití. Týmto strojom dal podnet na výrobu známych *Singerových šijacích strojov*.

V USA v r. 1851 zdokonalili bostonskí krajčíri W.GROVER a W.BAKER šijací stroj. Stroj šil dvojitým retiazkovým stehom. Bol vhodný najmä na ozdobné švy.

*Obr. 6.26 Patentovaný šijací stroj zo Spojených štátov*

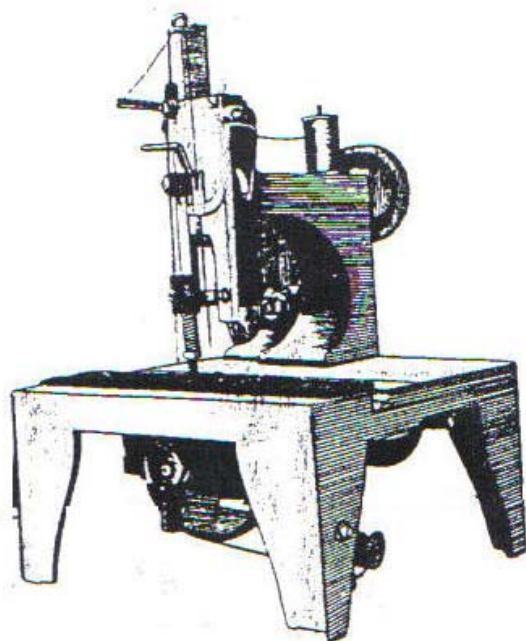


Neskôr skonštruoval A.B.WILSON šijací stroj s okrúhlym člnkom, ktorý umožňoval rýchlejšie šitie. Nakoniec I.M.SINGER z USA dal patentovať šijací stroj s alternatívnym pohonom (ručne a šliapadlom). Ďalším vylepšením bolo automatické posúvanie látky podľa veľkosti stehu.

Veľký význam malo na konci 17. storočia čipkárstvo a pančuchárstvo. Výroba čipiek pochádza zo staršieho ručného tkania. Až do r. 1870 pančuchári pracovali doma. Alebo v malých dielňach. Výroba čipiek už prebiehala na strojoch, poháňaných napr. vodnou energiou. Stroje vlastne imitovali ručnú prácu. Vibrácie, ktoré spôsobovali parné stroje boli postupne obmedzované.

R. 1864 anglický konštruktér W.CITTON (1819-1887) vynášiel veľmi účinný pletací stroj.

Zaujímavý je vývoj pletacieho stroja. Od viktoriánskej doby bolo miesto žien u šijacích strojoch doma. Je dôležité, že vynálezy šijacích strojov boli v Spojených štátoch v pionierskych dňoch, keď ženy museli vykonávať špeciálny tvar stehu, ktorá je uzatvorený a to tým, že sa používajú dve nite a špeciálny druh ihly. Massachusettský mechanik ELIAS HOWE vynášiel tento uzatvárajúci sa steh, ale jeho stroj bol schopný šiť iba rovný steh limitovanej dĺžky. Ozubené koliesko, ktoré pohybovalo materiálom dopredu po každom stehu súčasne umožňovalo otáčať látku bol myšlienkou Michiganského technika ISSACA m.SINGERA, ktorá vlastnil malý obchod a r. 1851 vyrobil prvý praktický domáci šijací stroj.



*Obr. 6.27 Šijací stroj I. SINGERA z r. 1851 [9]*

Tento prvý stroj bol vybavený rovnou ihlou. Mal tiež prispôsobiteľný držiak materiálu, keď sa ihla pohybovala hore a dole a ovládal sa šliapadlom.

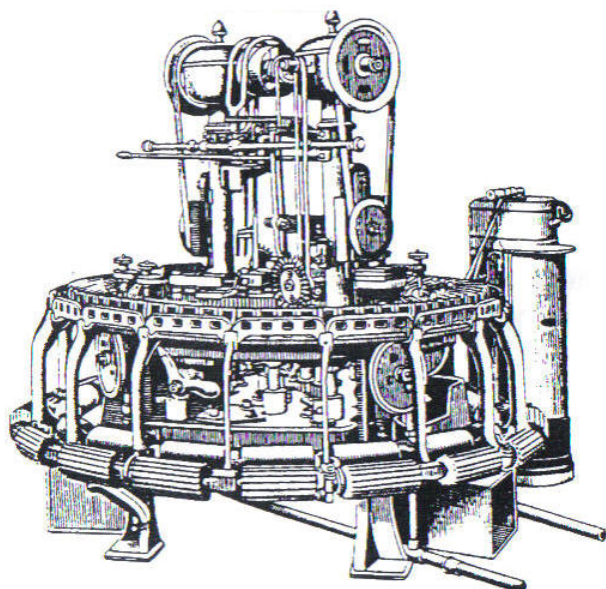


V tom istom desaťročí sa rozšíril aj priemysel šijacích strojov. Len americká firma Siemens v r. 1870 vyrobila 465 000 šijacích strojov. Vynález stroja, ktorá šije topánky z r. 1871 ukazuje, ako pohotovo sa použil šijací stroj mimo oblasti textílií.

Po r. 1859 nôž, ktorý sa pôvodne používal na píloch pri výrobe nábytku sa začal používať aj v textilnom priemysle s tým, že bol schopný prerezať hrubú vrstvu látky v sériovej výrobe.

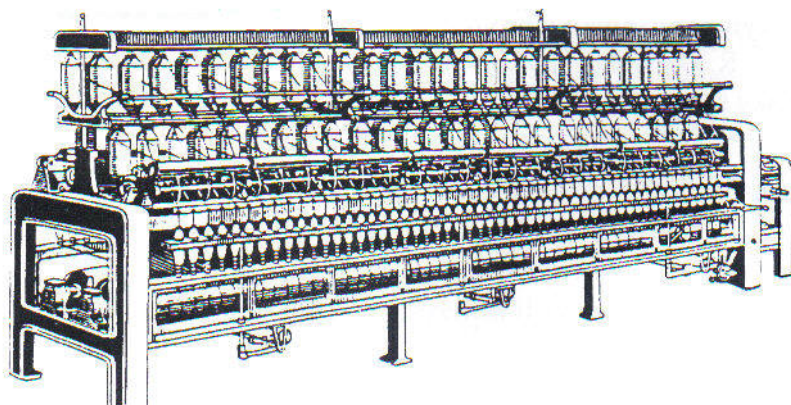
V prípravných technologických procesoch sa urobil pokrok v strojovom česaní v polovici 19. storočia. Česačka z r. 1845 slúžila na česanie krátkej vlny a bavlny. Stroj, ktorý dal nový život textilnému priemyslu bol založený na LISTER-DONISTHORPOVOM patente z r. 1851.

Vo svojej rozvinutej forme mal stroj okrúhly horizontálny hrebeň a ďalšie dva druhy hrebeňov. Vlákna boli preťahované cez ihly v stále menších kruhoch a zvyšujúce chlčky sa zberali vertikálnymi valčekmi. Vnútorne ihly pridržovali väčšie chlčky na neskoršie odstránenie (obr. 6.28).



*Obr. 6.28 NOBLOV  
česací stroj z r. 1887 [9]*

Pri pradení sa používal americký spriadací stroj, ktorý priadol a navíjal a pritom nevyžadoval zaučenú pracovnú silu. Používal tuhé nitky. Tento tkací a navíjací stroj sa skladal z vretien, ktoré sa otáčali v strede kruhov s ľahkým vodidlom tvaru C.



*Obr. 6.29 Spriadací  
stroj z r. 1888 [9]*

Tkanie prešlo veľkým vývojom v ďalšej polovici storočia. Stav s pohonom sa začal oveľa viac uplatňovať pri tkaní kobercov.

Obr. 6.30 Vzory kobercov [9]

A-Brusselský,

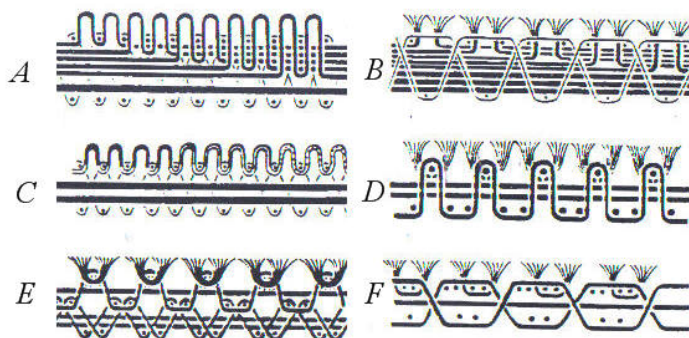
B-Wiltinsky,

C-Tapiseria-Brusselský

D-Tapiséria-zamatová

E-Chenille-Axmisterský

F-Kráľovský Axministerský



Tretia najväčšia zmena v tkaní je zavedenie automatického stavu, ktorý bol vyvinutý J.H.NORTHROPOM v Massachusetts r. 1895. Bol opisovaný ako stav 20. storočia. Menili sa na ňom cievky bez zastavenia stroja. Stroj mal zásobník. Jeho vývoj však žiadal aplikovať ďalšie vynálezy, ako samonavíjanie vretien a zastavenie pri tkaní na osnove. Tkáč nemusel robiť nič, len naplňať osnovu a meniť zásobníky.

R. 1884 Francúz L.H.CHRDONNET získal patent na výrobu umelého hodvábu z nitrocelulózy. Od r. 1891 začal jeho priemyselnú výrobu.

R. 1893 Američan J.NORTHROP skonštruoval automatický tkáčsky stav so samočinnou výmenou cievok v člku.

R. 1894 založili v Ružomberku textilný závod, ktorý patril medzi najväčšie v Uhorsku.

R.1896 Američania JUDSON a EARLE vynášli zips.

Do r. 1900 bola v textilkách nezamestnanosť. Tkáči bojovali vopred prehratú bitku so strojmi. Na druhej strane, náhrada ručnej práce strojovou redukovala fyzickú námahu. Zvyšovalo sa napätie a produktivita. Pracovník pri stroji zarábala viac ako ručný robotník. Zlepšená technika znamenala z pozície zamestnávateľa značný nárast kapitálových nákladov. Súčasne však bol tlak na znižovanie počtu pracovníkov. Zisk teda rástol rýchlejšie ako výrobné náklady. Súčasne stúpali požiadavky na materiál, čo bolo v prospech polovýrobcov. Finálny produkt sa stával lacnejším a svetový obchod sa rozširoval.

R.1935 nemecký konštruktér J.GABLER vynachádza bezčlnkový automatický tkáčsky stav.

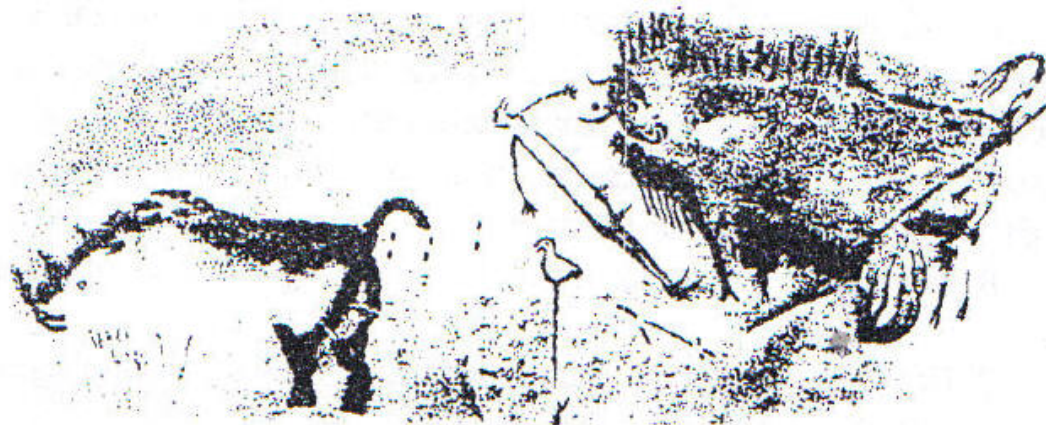
R. 1941 skupina českých chemikov vypracovala technológiu kaprolaktámu. Tým položili základ výroby silónu u nás.

## 7 VÝVOJA PÍSM A KNÍHTLAČE

Jazyk, písanie, tlač a fotografia sú štyri stupne v technológii odovzdávania informácií. Pre účely dnešnej histórie je najdôležitejšia tlač, pretože jej vplyv na spoločnosť je veľmi výrazný. Vplyv fotografie a pohyblivých obrazov začal byť pociťovaný až okolo r. 1900 n. l. čo sa týka reči a písania, môžeme esa hmlisto domnievať, čo znamenali pre ľudstvo. Vieme len málo o ranej histórii ľudstva, keď sa človek naučil písať a vôbec nič o období, keď ľudia komunikovali len zvukmi, signálmi a gestami.

Písmo má v živote človeka neobyčajne vážnu úlohu. Výrazne dvíha kultúru človeka. Prešlo dlhú a zložitú cestu svojho rozvoja, ktorá predstavuje niekoľko tisíc rokov. Ako doplnok k zvukovej reči je prostriedkom dorozumenia ľudí. Umožňuje prenos informácií na veľké vzdialenosti a ich uloženie. Písmo sa objavuje v neskoršej dobe vývoja ľudstva. História písma je úzko spätá s rozvojom jazyka, históriou národa a jeho kultúrou. Poznanie zákonitostí vývoja písma má aj praktický význam, pretože pomáha objasniť princípy informácií jednotlivých písomných systémov. Už pred vznikom grafického písma si ľudia odovzdávali informácie prostriedkami, ktoré poznáme z indiánskej histórie. Boli to stopy, ulomené vetvičky, dym, popol... Tieto znaky dávali informácie o predchádzajúcich aktivitách človeka a jeho prítomnosti. U mnohých národov sa objavujú symbolické odkazy. Napr. ak sa nájde na ceste strúčok kukurice, slepačie pero a šíp, znamená to: „*Ak sa opovážite zobrať hoci jeden strúčok kukurice, alebo sliedku, zahyniete našim šípm*“.

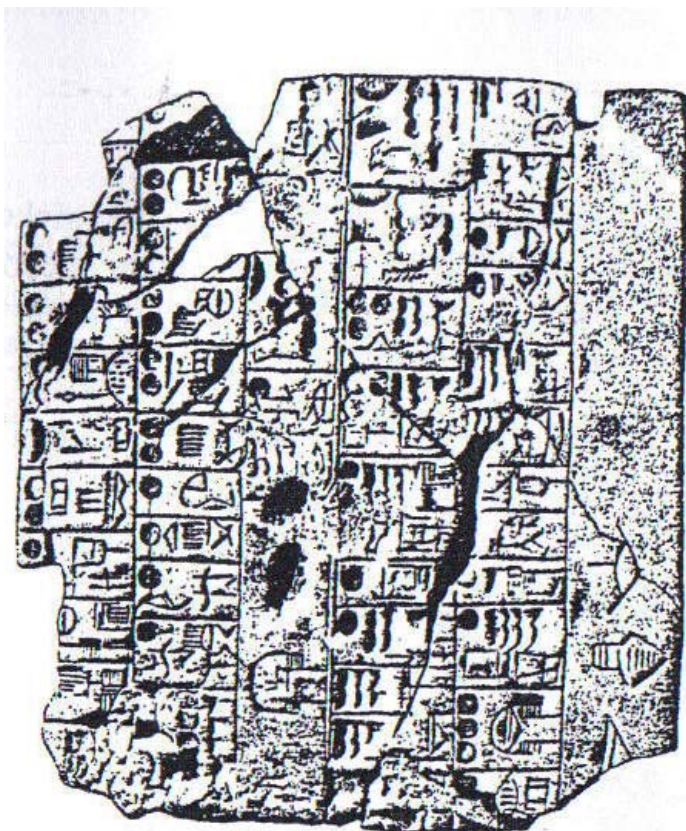
Už v období Paleolitu sa človek snažil zobrazovať a zachovávať podobu ulovených zvierat. Boli to jeho prvé grafické a umelecké výtvy, ktoré zachovávali informáciu.



Obr. 7.1 Paleolitické zobrazenie zvierat zrejme v súboji s človekom. Lancaux, Francúzsko [9]

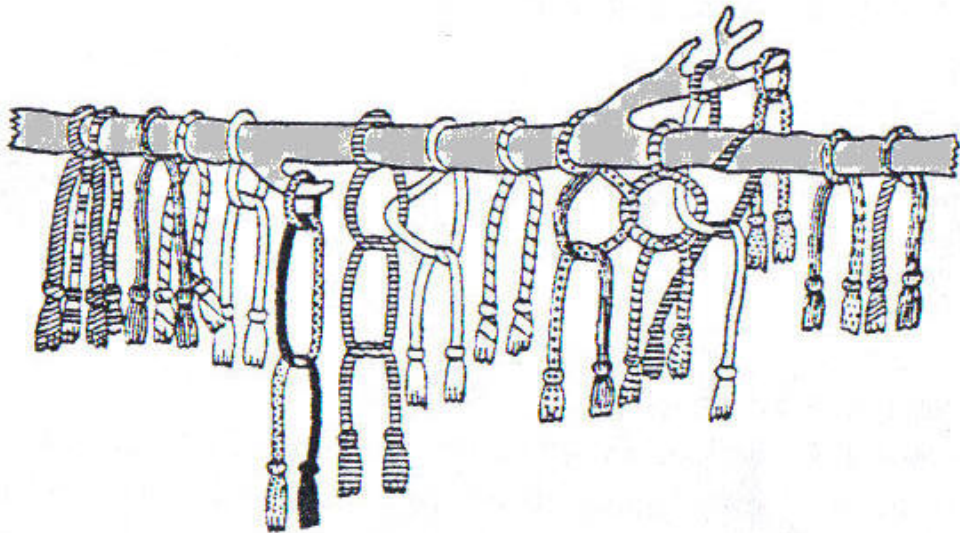
V chrámových archívoch v sumerskom Erechu sa zachovala sada tabuliek, ktoré možno považovať za prvé nájdené *piktografické* znaky, pochádzajúce z r. 3500 pred n.l.. Predpokladá sa, že sú to účty chrámu. Nevyjadrujú len podstatné mená ako *chlieb*, ale aj slovesá, ako *jesť*, ktoré sú vyznačené vedľa znaku pre chlieb. Ich interpretácia je často neistá, ale je možné, že niektoré z týchto zložených znakov vyjadrujú objekty, mená ktorých sú zložené, aby reprezentovali vlastné meno osoby.

Od tohto sumerskeho chrámového záznamu bolo umenie zobrazovania posunuté dvoma smermi. Jedným z nich bolo umenie piktogramu s riadkami, aby sa modifikoval jej význam. Napr. čiara pod bradou značila tento znak na hlavu. Druhý spôsob bolo použitie piktogramu aby nerepresentoval vec, alebo činnosť, ale zvuk. To umožnilo, že veľký počet znakov bol výrazne redukovaný. Tak napr. okolo r. 2000 pred n. l. z pôvodných 2 000 znakov zostalo 500, alebo 600, ktoré predstavovali slabiky. Keďže zvuky pre spoluhlásky sa neodlišovali od znakov pre slabiky, Sumeri sa nikdy nedopracovali k vlastnej abecede.



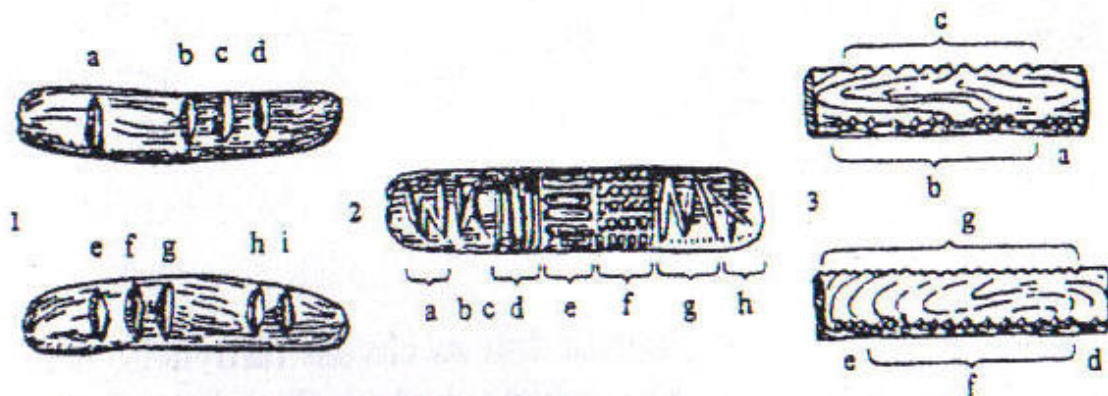
Obr. 7.2 Piktografické tabuľky z Erechu, 3500 pred n. l. [9]

Snáď najstarším „písmom“ bolo uzlové peruánske písmo *kipu*. Sú to rôznofarebné povrazy, previazané jednoduchými aj zložitými uzlami. Napr. jednoduchý uzol znamenal 10, dvojitý 100, trojitý 1 000. Dva jednoduché vedľa seba 20 a pod. Žltá farba znamenala zlato, biela striebro, zelená chlieb, červená vojak.



Obr. 7.3 Peruánske uzlové písmo kipu [20]

Ďalším spôsobom informácie boli zárezy na kúskoch dreva. Používali sa hlavne v obchode. Pri nákupe napr. sa drevko rozštiepilo, pričom polovicu dostal predajca a druhú dlžník. Na zobrazených drevkách je rad zaujímavých informácií.



Obr. 7.4 Austrálske symboly na drevených tyčkách [20]

Význam symbolov:

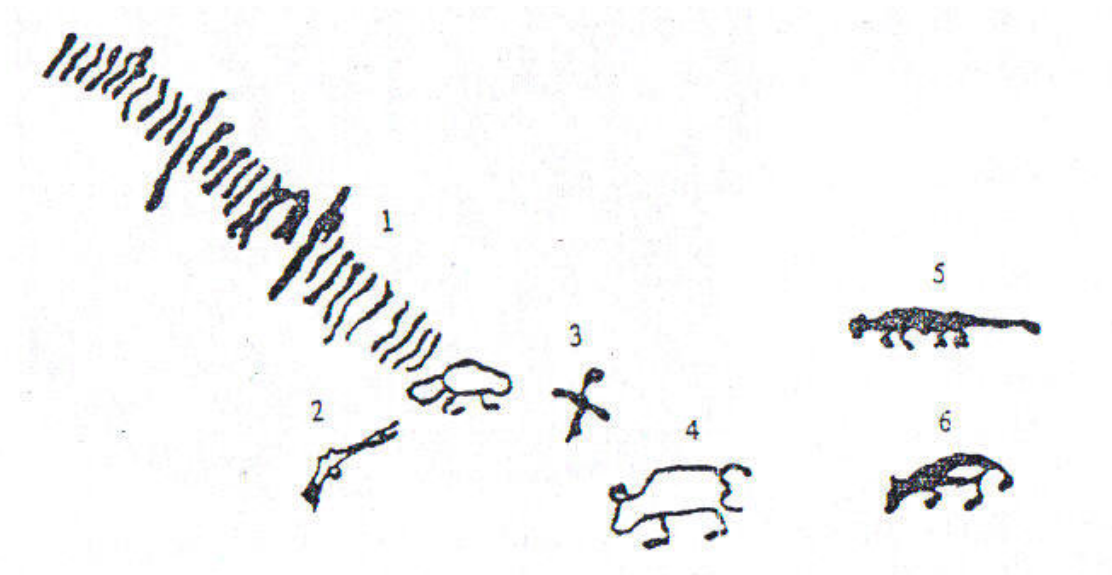
**1**-kmeň tongatanga, a-adresát, b,c,d-syn človeka a dvaja chlapci, ktorí majú byť posvätení, c,f,g-odosielateľ a jeho dvaja bratia, h,i-dvaja starci.

**2**-kmeň boinghi, pozvanie jedného muža ku druhému na miesto stretnutia. Znaky predstavujú rozličné rajóny, ktoré musí prejsť. a-g-postup cesty, symbol rieky, kopca...h-miesto stretnutia

**3**-kmeň narengga, tiež pozvanie. a-štyria starší muži sa pozývajú na účasť v tanci, b-pozvané ženy, c-traja speváci, f-ženy pozývajúceho rodu, g-muži pozývajúceho rodu.

Jednotlivé typy písma uvedieme postupne podľa historickej následnosti.

Počiatočným typom písma bolo obrázkové písmo, alebo *piktografické* (z latinčiny *pictus* - obrázkový, nakreslený, grécky *grapho* - píšem). Zobrazovali sa predmety a udalosti na kameni, v hline, na dreve. Samostatné obrázky sa nedajú prečítať, len v súvislosti s celkom. Príklady sú na obr. 7.5.- 7.7.



Obr. 7.5 Piktografický zápis severoamerických indiánov, ktorý ukazuje množstvo ulovenej zveri [20]

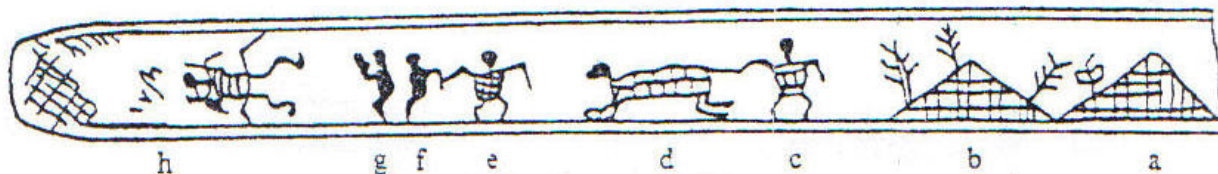
Význam: 1 – 30 ulovených bobrov, 2 – zbraň, ktorou boli ulovené, 3 – znak podávaných rúk, ktorý symbolizuje výmenu za: 4 – bizóna, 5 – morskú rybu, 6 – ovcu.



Obr. 7.6 Informácia od eskymáka, ktorá bol na úspešnom love [20]

Význam: Vľavo je lovec. Ľavou rukou ukazuje na seba a pravou ako treba čítať odkaz. Na druhom piktograme ukazuje veslom smer loďky. Tretia figúrka hovorí, že lovci odpočívali jednu noc (jedna ruka je za hlavou, druhá ukazuje jednotku). Krúžok je ostrov s dvoma stanovišťami, kde oddychovali. Ďalšia figúrka hovorí, že potom navštívili druhý ostrov

(krúžok bez bodu), kde nebolo stanovište. Ďalšia figúrka hovorí, že tu spali dve noci. Potom zbadali dvoch tuleňov. Potom odplávali s úlovkom domov a odpočívali.



Obr. 7.7 Zaklínanie choroby šamanom [20]

Význam: a, b –letné sídlo šamana, zarastené stromami, c – šaman drží za chvost fiktívneho démona, aby pomocou neho vyhnal zlých duchov z chorého (d), e – šaman vyháňa duchov choroby z dvoch chorých, g, f, h – dvaja zlikvidovaní duchovia choroby potom, čo opustili telá chorých.

Ďalším druhom písma je *ideografické* písmo (*idea*-pojmem, *grapho*-píšem). V poslednom období sa nahradzuje pojmom *logografia* (*logos*-reč). Predstavuje vyšší stupeň abstrakcie, pretože delí reč na jednotlivé slová.

Okolo 4. tisícročia pred n. l. vzniklo v Egypte *hieroglyfické písmo*. Bola to obrazová *ideografia*, v prvej fáze prístupná len kňazom. Používalo sa na nápisy na chrámoch a hrobkách, preto sa nazýva aj monumentálnym písmom. Jednotlivé znaky mali mnohé významy. Napr. včela znamená nielen včelu, ale aj pracovitosť, noha, nielen nohu, ale ísť, vták je vták, aj letieť, žezlo je žezlo aj vládnuť a pod.



Obr. 7.8 Hieroglyfický zápis na stene hrobky [20]



*Obr. 7.9 Fragmenty reálnych nápisov (foto autor)*

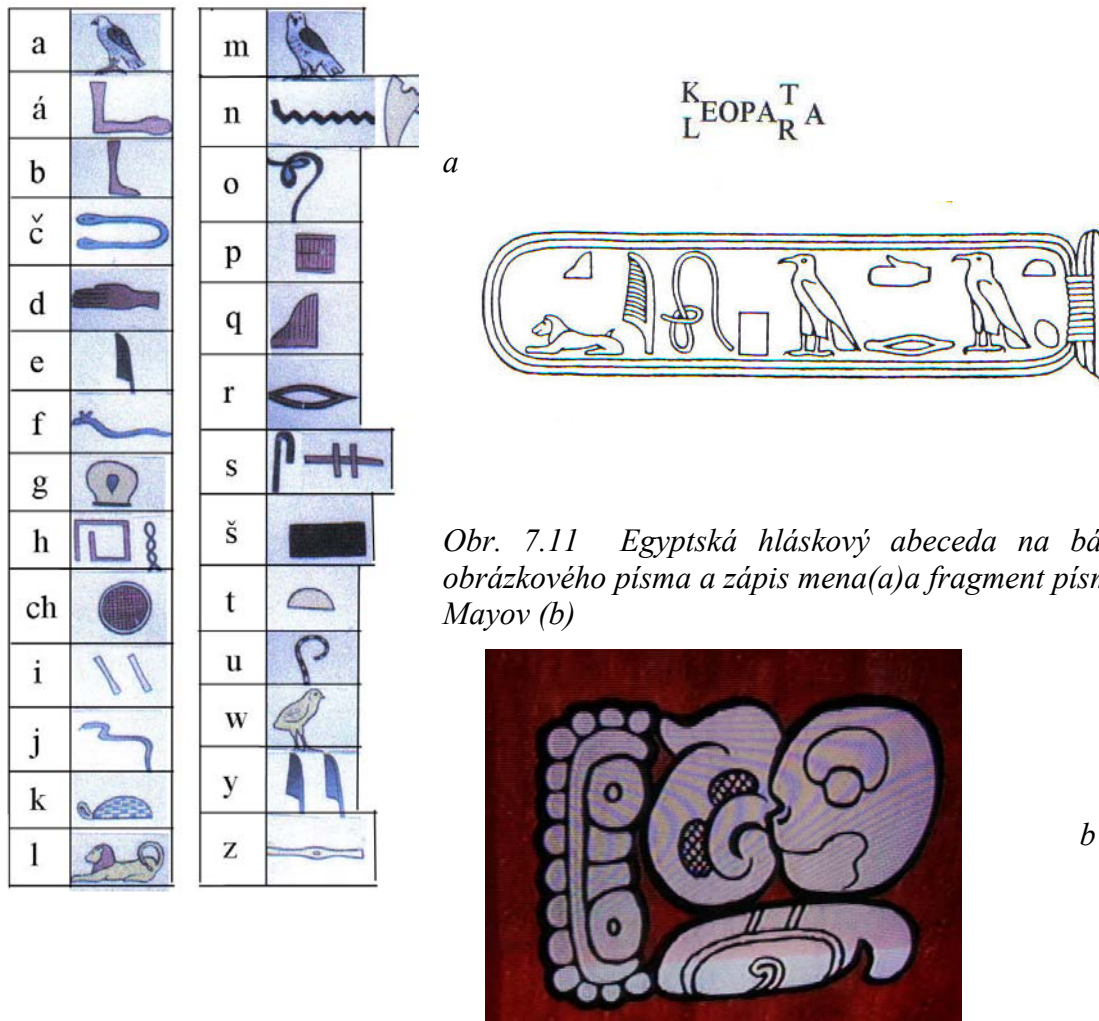
Egyptské písanie prišlo s formáciou spojenej monarchie a jeho cieľom bolo pomôcť v záznamoch mien a činov kráľov. Egyptské hieroglyfy sa odlišujú od sumerských aj tak, že nikdy neopustili myšlienku obrazu, ako sa to objavuje na palette kráľa Narmera z r. 3100 pred n. l. o ktorom sa hovorí, že boh Hórus priniesol faraónovi 6 000 cudzincov, chytených vlastnou rukou (obr. 7.10).

*Obr. 7.10 Kráľovská paleta z r. 3100 pred n. l. [9]*





Hieroglyfy prežili až do rímskeho obdobia. Egypťania si však vyvinuli pre dokumenty oveľa rýchlejšie formy písania (*hieratickú a demotickú*). Priamy význam obrázkového znaku mizne, podobne ako u Sumerov a znak reprezentuje slabiku. Egypťania boli schopní reprezentovať jednu slabiku jedným znakom, ale tento spôsob nepoužívali často (obr. 7.11a). Podobne u obrazového písma Mayov boli slová zložené z písmen, pričom ale pre jedno písmeno bolo niekoľko obrazových znakov (b).



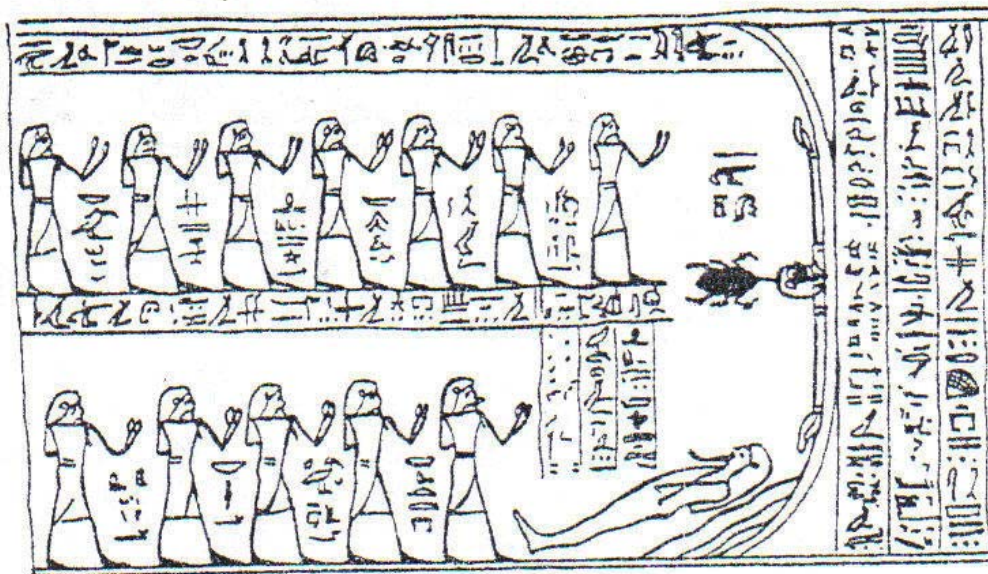
Obr. 7.11 Egypťanská hlásková abeceda na báze obrázkového písma a zápis mena (a) a fragment písma Mayov (b)

Okrem monumentálnych nápisov na kameň a neskôr na kov staré mezopotámske kmene písali na hlinené tabuľky. Mali rozmer 3 na 4 palce a písalo sa zaostreným perom vtákov.

Okolo r. 3000 pred n. l. semickí dobyvatelia Mezopotámie adoptovali ich písanie na svoje potreby, teda na semický jazyk. Toto bolo prebrané ďalej. Chetitmi pre ich indoeurópsky jazyk a znaky z polovice posledného tisícročia pred n. l. môžeme vidieť na skalách v Behistune. Predpokladá sa, že egypťanský systém písania pochádza zo sumerského.

Okolo r. 3000 pred n. l. egypťanskí písaři vynali nový ľahký materiál na písanie. Získavali ho na severe krajiny z drene rozšírenej močiarnej trávy zvanej *papyrus*. Štyri

metre vysoké byle rozrezávali na kúska, dlhé 40 cm, ktoré sa potom rezali na tenké plátky. Plátky papyrusu kládli najskôr v jednej vrstve tesne vedľa seba, potom v druhej vrstve naprieč a tak dlho ich tĺkli, až ich vytlačená lepkavá šťava spojila do homogénneho listu. Po vysušení jednotlivé listy vyhladili valčekom z dreva, alebo slonoviny. Po objavení papyrusu prestali písať podrobne a zobrazovanie sa zjednodušilo. Hieroglyfy už neobsahovali priestorové detaily. Vznikli „lineárne hieroglyfy“



















Obr. 7.12 Zjednodušené písmo na papyruse, napísané lineárnym hieroglyfom [20]

Egyptania nepocit'ovali potrebu zmeniť spôsob písania ani neskôr, kvôli tomu, že mali papier a atrament. Na výrobu papiera používali papyrus a atrament vyrábali zo sadzí. Na písanie používali perá vtákov. Papyrus bol egyptským monopolom a hodne sa vyvážal. To bolo impulzom na rozšírenie písma medzi východných a západných susedov Egypta. Egyptské písmo zrejme malo vplyv na grécke nápisy. R. 1400 pred n. l. sú lineárne znaky použité v Knossose na zachytenie jazyka, ktorý teraz nazývame gréčtinou. Budúcnosť však ukázala, že rozšírenie abecedy na západ sa dialo od neznámeho miesta pôvodu na Ďaleký Východ. Zdá sa, že abeceda bola prvýkrát zavedená Semitami v kontakte s Egyptom už r. 2000 pred n. l. Vieme, že abeceda, ktorá pripomína arabské písmo a má 8 písmen sa používala v 13. storočí pred n. l. Zmiznutie tejto abecedy je spojené so skutočnosťou, že bola písaná egyptskou formou, ktorá by aj tak neprežila a hlinené tabuľky neboli prírodným materiálom tejto krajiny.

Postupne sa zo znakov stávali slová a písmo sa zjednodušilo. Jednotlivé slová mali často viac významov. Preto sa za takýmto slovom použil ešte zvláštny znak *determinátor* (z lat. *determino* – určujem). Napr. po slove hovoriť, bol zobrazený človek s prstom pri ústach, po slove pracovať, človek s nástrojom. Po prechode na hlásky boli tieto najprv tiež *piktogramami*.

*Klinové písmo* sa používalo v Mezopotámii (medzi Eufratom a Tigrisom) v polovici 4. tisícročia pred n. l. Neskôr sa rozšírilo do celej prednej Ázie. Písalo sa do hliny drevkom. Vznikala tak drážka klinového profilu (odtiaľ názov klinové písmo). Každý znak predstavoval pojem, teda slovo. Bolo to teda ideografické písmo, ktoré vzniklo na báze *piktografie*. Postupne sa znaky zjednodušovali, až vyústili v polovici 3. tisícročia pred n. l. do sústavy horizontálne a vertikálne rozmiestnených klinových znakov (obr. 7.13)

4.tis. pred n.l.	3 tis.	2.-1.tis.		zobrazuje	slovesný význam
		Babylón	Assýria		
				noha	chodiť, stáť, priniest'
				ľavá ruka	ľavý
				ryba	ryba
				divý býk domáci býk znak hory	divý býk

Obr. 7.13 Príklady pôvodných Obr. 7.13 piktografických znakov a ich postupná transformácia na klinové písmo [20]

Rovnako aj klinové písmo sa nakoniec vyvinulo na abecedu. Ďalším významným písmom je čínske hieroglyfické písmo. Čínske písmená sa vyvinuli z piktogramov (obr. 7.14). Najstaršie príklady písanej čínštiny pochádzajú z 2. polovice 2. tisícročia pred n. l. (dynastia *ang*) a nachádzajú sa na lebkách z býka a korytnačích pancieroch, boli to *veštecké kosti*“.

 - žeň - človek, vzniklo z   
 - jus, mesiac, vzniklo z 

 - ži - Slnko, vzniklo z   
 - šaň, hora, vzniklo z 

Obr. 7.14 Niektoré čínske slová a ich pôvod

Postupne sa aj tieto hieroglyfy zjednodušovali, až dosiahli súčasnú podobu



Obr. 7.15 Príklad rozvoja čínskych piktogramov na hieroglyfy (sjan – slon)

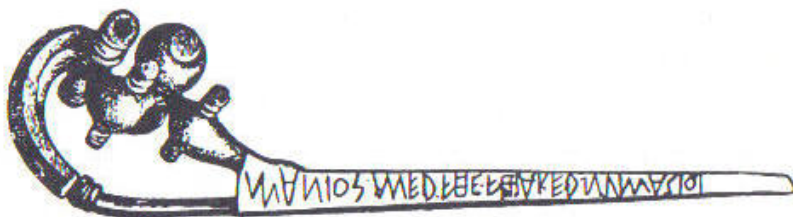
Čínske technické písmo nahradzuje výrazy obrazovými prekladmi, pretože pre zvukovú chudobu čínskej reči nie je možné prijímať cudzie slová priamo, ako je tomu u nás. Asi 4 000 čínskych znakov je zaradených pod 214 koreňov. Chemické prvky sú napr. zaradené pod koreň „kov“, alebo „plyn“. Pre nové mená sa tvoria nové znaky pomocou značiek zvukových v spojení s koreňom (*kov+li=litium*). Slovo telefón vysloví Číňan „*dǒ-lǔ-feng*“, Ampére „*an-pai*“, Volta „*fu-da*“. Niekedy sa prekladajú výrazy podľa zmyslu: vektor – slovom „*šíp*“, synchronny – slovom „*stejnokrok*“ a pod.

金	zlató; koreň pre kov	气	koreň pre plyn
銀	striebro	氣	vzduch
鐵	železo	氬	krypton
鋁	hliník	氙	xenon
鉀	draslík	輕氣	vodík
鋰	lithium	狀氣	dusík
電	blesk; elektrický		
電氣	elektrina		
電子	elektrón		
電話	telefón		
電氣工學	elektrotechnika		

Obr. 7.16 Príklady čínskeho technického písma

Podobnú históriu majú mnohé svetové písma (japonské, kórejské, hebrejské, arabské). Pretože nie je priestor na ich podrobnejší opis, uvedieme len niektoré príklady.

V Grécku napr. lineárne písanie existovalo skôr, ale zaniklo. Abeceda v Grécku sa začala používať v polovici 9. storočia pred n. l. Etruská abeceda pochádza z gréckej a rímska z etruskej. V poslednom storočí pred n. l. pozostávala latinská abeceda z 23 písmen, ku ktorým moderná angličtina pridala len písmená *v*, *w* a *j*.



Obr. 7.17 Najstarší známy latinský nápis. Taliansko, 7. stor. pred n. l. Pochádza z Palestíny [9]

Originálna latinská abeceda je na obr. 7.18.

Obr. 7.18 Latinská abeceda a číslice

1	I
2	II
3	III
4	IV
5	V
6	VI
7	VII
8	VIII
9	IX
10	X
50	L
100	C
500	D
1000	M

A	α	ἄλφα
B	β	βῆτα
Γ	γ	γάμμα
Δ	δ	δέλτα
E	ε	ἕψιλόν
Z	ζ	ζῆτα
H	η	ἦτα
Θ	θ	θῆτα
I	ι	ἰῶτα
K	κ	κάππα
Λ	λ	λάμβδα
M	μ	μῦ
N	ν	νῦ
Ξ	ξ	ξι
O	ο	ὀ μικρόν
Π	π	πί
P	ρ	ῥῶ
Σ	σ ς	σίγμα
T	τ	ταῦ
Υ	υ	ὑψιλόν
Φ	φ	φι
X	χ	χι
Ψ	ψ	ψι
Ω	ω	ὦ μέγα

Na obr. 7.19 je originálna ruská abeceda

А а	<i>А а</i>	a	Р р	<i>Р р</i>	r
Б б	<i>Б б</i>	b	С с	<i>С с</i>	s
В в	<i>В в</i>	v	Т т	<i>Т т</i>	t
Г г	<i>Г г</i>	g (h)	У у	<i>У у</i>	u
Д д	<i>Д д</i>	d	Ф ф	<i>Ф ф</i>	f
Е е	<i>Е е</i>	je, e	Х х	<i>Х х</i>	ch
Ж ж	<i>Ж ж</i>	ž	Ц ц	<i>Ц ц</i>	c
З з	<i>З з</i>	z	Ч ч	<i>Ч ч</i>	č
И и	<i>И и</i>	i, ji	Ш ш	<i>Ш ш</i>	š
Й й	<i>Й й</i>	j	Щ щ	<i>Щ щ</i>	šč
К к	<i>К к</i>	k	Ъ ъ	<i>Ъ ъ</i>	tvrdý znak
Л л	<i>Л л</i>	l	Ы ы	<i>Ы ы</i>	y
М м	<i>М м</i>	m	Ь ь	<i>Ь ь</i>	měkký znak
Н н	<i>Н н</i>	n	Э э	<i>Э э</i>	e
О о	<i>О о</i>	o	Ю ю	<i>Ю ю</i>	ju
П п	<i>П п</i>	p	Я я	<i>Я я</i>	ja

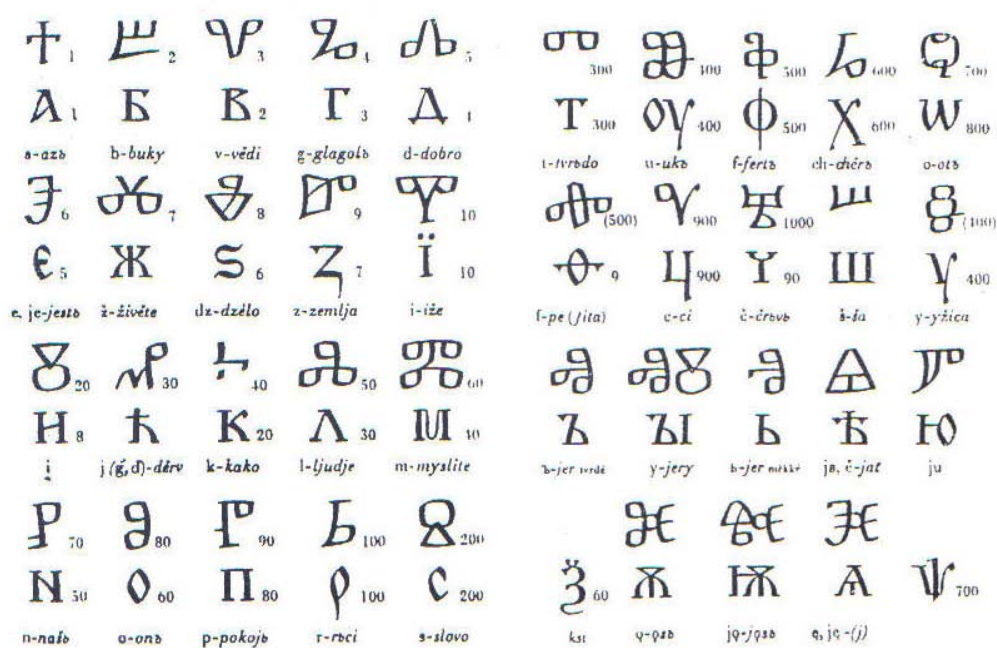
Obr. 7.19 Ruská abeceda (tlačené a písané písmo)

Gruzínske písmo bolo vyvinuté na základe semickej, resp. fénickej abecedy. Samohlásky sú prevzaté z gréckeho písma (obr. 7.20).

Obr. 7.20  
Gruzínske  
písmo  
[19]

ა	ani	[a]	მ	mani	[m]	ღ	ghani	[ɣ]
ბ	bani	[b]	ნ	nari	[n]	ყ	q'ari	[qʔ]
გ	gani	[g]	ო	oni	[o]	შ	shini	[ʃ]
დ	dani	[d]	პ	p'ari	[pʔ]	ჩ	chini	[tʃ]
ე	eni	[e]	ჯ	zhani	[ʒ]	ც	tsani	[ts]
ვ	vini	[v]	რ	rae	[r]	ძ	dzili	[dz]
ზ	zeni	[z]	ს	sani	[s]	წ	ts'ili	[tsʔ]
თ	tani	[t]	ჭ	t'ani	[tʔ]	ჭ	ch'ari	[tʃʔ]
ი	ini	[i]	უ	uni	[u]	ხ	xani	[x]
კ	k'ani	[kʔ]	ფ	pari	[p]	ჯ	jani	[j]
ლ	lazi	[l]	ქ	kani	[k]	ჰ	hae	[h]

Hlaholské písmo je na obr. 7.21



Obr. 7.21 Nákres hlaholského a cyrilského písma podľa

Kyjevských listov a Ostromirovho evanjelia

Arabská abeceda používa úplne odlišné znaky (obr. 7.22).

Obr. 7.22 Arabská abeceda









a	<i>a</i>	A	<i>A</i>	m	<i>m</i>	M	<i>M</i>
b	<i>b</i>	B	<i>B</i>	n	<i>n</i>	N	<i>N</i>
c	<i>c</i>	C	<i>C</i>	o	<i>o</i>	O	<i>O</i>
d	<i>d</i>	D	<i>D</i>	p	<i>p</i>	P	<i>P</i>
e	<i>e</i>	E	<i>E</i>	r	<i>r</i>	R	<i>R</i>
f	<i>f</i>	F	<i>F</i>	s	<i>s</i>	S	<i>S</i>
g	<i>g</i>	G	<i>G</i>	t	<i>t</i>	T	<i>T</i>
h	<i>h</i>	H	<i>H</i>	u	<i>u</i>	U	<i>U</i>
ch	<i>ch</i>	CH	<i>Ch</i>	v	<i>v</i>	V	<i>V</i>
i	<i>i</i>	I	<i>I</i>	x	<i>x</i>	X	<i>X</i>
j	<i>j</i>	J	<i>J</i>	y	<i>y</i>	Y	<i>Y</i>
k	<i>k</i>	K	<i>K</i>	z	<i>z</i>	Z	<i>Z</i>
l	<i>l</i>	L	<i>L</i>				

Obr. 7.23 Súčasná latinka  
Times New Roman

Pre úplnosť uvedieme abecedu *stenografie* (grécky *stenos* – tesný; *grapho* – písanie), ktorý umožňoval zaznamenávať hovorené slovo v reálnom čase. Mal jednoduché spájané znaky na zápis hlások aj slov. Rozvoj súčasnej techniky záznamu textov ho posúva do úzadia.

Obr. 7.24  
Stenografia -  
abeceda  
a niektoré  
slová

	Janko
	Jarmila
	pomoc
	hodnota

<b>a</b>	.	<b>m</b>	2
<b>b</b>	l	<b>n</b>	~
<b>c</b>	s	<b>ň</b>	2
<b>č</b>	r	<b>o</b>	/
<b>d</b>	2	<b>p</b>	l
<b>e</b>	l	<b>q</b>	2
<b>f</b>	l	<b>r</b>	l
<b>g</b>	l	<b>s</b>	o
<b>h</b>	l	<b>š</b>	o
<b>ch</b>	2	<b>t</b>	2
<b>i</b>	l	<b>u</b>	—
<b>j</b>	2	<b>v</b>	l
<b>k</b>	2	<b>x</b>	o
<b>l</b>	2	<b>z</b>	d

Okolo r. 3000 pred n. l. sa v Prednej Ázii zjednodušilo a zdokonalilo označovanie pôvodcov textu na hlinených tabuľkách. Dovtedy sa to robilo odtlačkom prsta, šiat, alebo kameninovou pečiatkou. Neskôr sa začal používať okrúhly pečatný valček, zhotovený z vápenca, mastenca, kosti, alebo polodrahokamu. Umožňoval osobnejšie označenie. Na odtlačku bola niekedy krátka modlitba, alebo údaje o majiteľovi.



*Obr. 7.25 Odtlačky pečatných valčekov s ornamentami z Mezopotámie*

Okolo r. 2630 pred n. l. začali v Číne aj Egypte používať tuš. Na jeho prípravu spálili sezamový olej a tak vzniknuté sadze rozmiešali s vodou, alebo roztokom lepidla. Proti nepríjemnému zápachu olejových sadzí pridávali Číňania do tušu pižmo. Na papyruse bol tento tuš po zaschnutí nerozpustný. Na písanie na iné materiály (drevo, kameň) pridávali v Číne do tušu moč korytnačiek. Približne v rovnakom čase vynášiel Číňan THENT-ČEŇ pevný, vodostály tuš vo forme paličiek. Získaval ho z uhlia ihličnatých stromov, alebo zo spáleného laku.

R. 232 pred n. l. vyvinuli na príkaz pergamonského vládcu Eumena I. technológiu výroby nového materiálu na písanie zo zvieracích koží. Príčinou bola veľká spotreba a nedostatok papyrusu z Egypta. Na kožu sa písalo veľa storočí. Teraz sa však vyvinul spôsob spracovania kože, ktorým sa získal materiál celkom nového druhu. Zvieraciu kožu zbavili chlupov a štetín a namočili na niekoľko dní do vápennej jamy. Potom ju napli na drevený rám a nožom oškrabali. Po zvlhčení a posýpaní kriedou a vyhladení pemzou vznikol nový materiál, ktorá dostal názov *pergamen*, podľa miesta vzniku. Bol hladší a trvanlivejší ako papyrus. Ešte r. 414 pred n. l. nachádzame dokument DIAGORASA z Dervený (Grécko), písaný na papyruse (obr. 7.27).



*Obr. 7.27 Dokument DIAGORASA o pôvode sveta na papyruse 414 pred n. l.)*

R. 634 sa o pere ako nástroji zmiňuje encyklopedista a cirkevný učiteľ IZIDOR zo Sevilly, vo svojom technickom spise: *Orignum seu etymologarium libri XX*. K tomu

India (brahmi) 3. stor. pred n.l.	—	=	≡	𑌵	𑌶	𑌷	𑌸	𑌹	𑌺
India (gwalior) 8.stor. n.l.	𑌶	𑌷	𑌸	𑌹	𑌺	𑌻	𑌼	𑌽	𑌾
Arábia (gobār), 11. stor.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Európa, 15. stor.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Európa (Dürer), 16. stor.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Súčasnosť (Times New Roman)	1	2	3	4	5	6	7	8	9

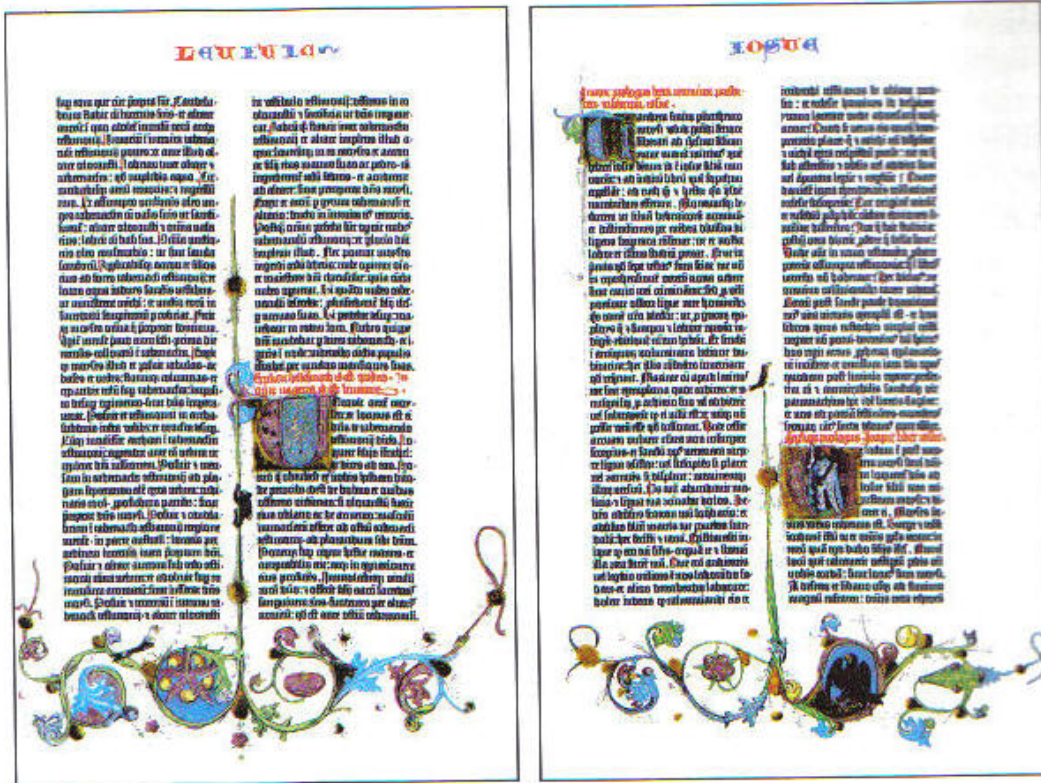
poznávaná, že ako tekutina sa výborne hodí atrament (*ad incaustum*), ktorá sa pripravoval zo šľavy dubienky. Pero na písanie, pochádzajúce z rímskeho kultúrneho okruhu bolo vyhotovené z kovu a podľa vzoru starších egyptských rúrkových pier bolo na konci zašpicatené ako náustok na flaute.

R. 1202 pred n.l. taliansky matematik L.IBONACCI, nazývaný LEONARDO z PIZY zaviedol v západnej Európe indické číslice, v tom čase známe ako arabské . Vývoj indicko-arabských číslic je nasledovný:

R. 1447 JOHANES GUTENBERG (vl. m. GENSFLEISCH ZUR LADEN po prvýkrát vytlačil malý kalendár. Prvý tlačiarenský stroj r. 1437 sa podobal vínovému lisu. Vytvoril formy na odlievanie olovených písmen a r. 1445 už mal ručný kovolejarský prístroj, ktorá mal výkon 100 písmen za hodinu. Keď písmená poskladal do riadkov a zalial olovom, mohol z nich zmontovať tlačové strany s rovnakou výškou a fixovať ich v napnutom ráme.



Obr. 7.27 Vynálezca písmenkovej sadzby GUTENBERG (1471-1528) na dobovej medirytine [21]



Obr. 7.28 Strany zo slávnej z GUTENBERGOVEJ biblie s 299 rozličnými písmenami a znakmi [21]

Po GUTENBERGOVOM vynáleze pohyblivých písmen vznikali na viacerých miestach v Nemecku, Taliansku a Francúzsku tlačiarenské dielne.

Obr. 7.29 Jedna z prvých tlačiarenských dielní, vzniknutá po GUTENBERGOVOM vynáleze



DÚRER tvoril nielen ako umelec, obohatil grafické remeslo aj o technické novinky. Podvihol farebnú drevorezbu, medirytectvo a grafickú tlačovú techniku.



Obr. 7.30 Slávna DÚREROVA grafika „Rytier, smrť a diabol“ (v origináli farebná)

Rok 1710 priniesol do tlačiarenskej techniky dva vynálezy. J.K.BLON z Frankfurtu nad Mohanom objavil možnosť trojfarebnej tlače. Zistil, že tri farby, červená, modrá a žltá stačia na vytvorenie všetkých odtieňov zmiešaných farieb. Pri tlači postupne nakladal na seba medené dosky s farbami. Tento spôsob sa nazýva *subtraktívny* (odčítací), na rozdiel od *aditívneho* (prídavného) miešania farieb, ktoré sú v čiastočkách umiestnené vedľa seba na husto, že ich ľudské oko nerozozná. Holanďan J.MEY v Laydene vynášiel *stereotypiu*. Je to metóda rýchleho a lacného rozmnožovania tlačovín. Do vlhkej matricovej lepenky sa

odtlačí originálna doska a odťahok sa potom odleje olovenou zliatinou-písmovinou. Takto vznikne stereotyp, duplikátna tlačovina, ktorá sa môže odliat' aj viackrát.



*Obr. 7.31  
Ručné odlievanie  
písma*

R.1787 zostrojil britský vedec a politik CH.E.STANHOPE spolu s technikom WELKEROM prvý železný knihtačiarenský lis s valcami a jednofarebnou tlačou. Na postup stačila jedna technologická operácia. Neskôr (1819) nahradil konštruktér GANNAL pevné valce pružnými. Pružné valce zhotovil tak, že na drevené jadro nalial horúcu zmes glycerínu a želatíny. Neskôr sa používala zmes sirupu a gleja.

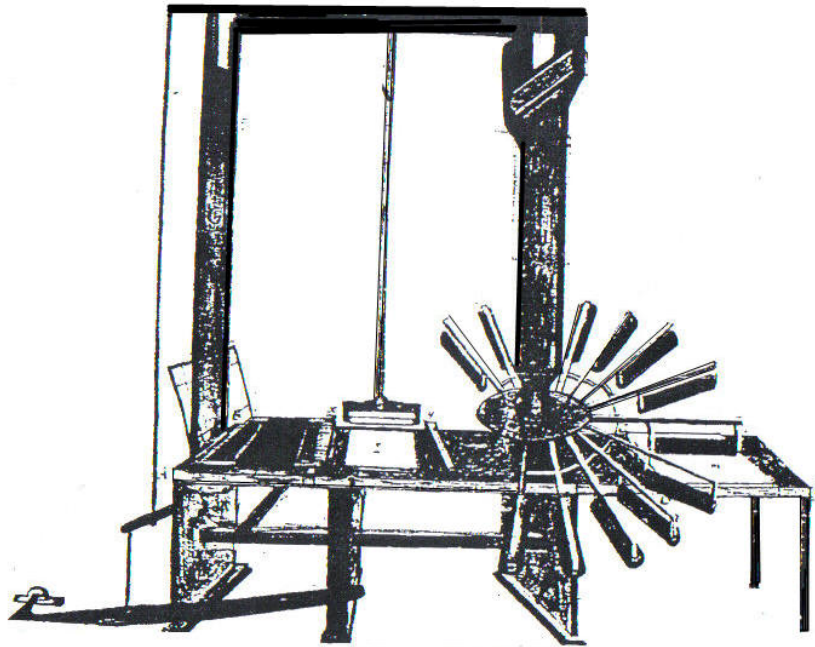
R. 1796 vyvinul lacný spôsob rozmnožovania český vynálezca ALOIS SENEFELDER čiernobielu *litografiu*, alebo *kameňotlač* (grécky *lithos*-kameň). Použil kamenné dosky zo solnhfrenskej vápencovej bridlice, ktorá nasáva aj tuk aj vodu, teda dve látky, ktoré sa navzájom nemiešajú. Ak sa na takýto kameň píše kriedou, alebo masťou kriedou, doska sa navlhčí vodou. Kameň zvlhne len na nenatrietých miestach. Ak sa potom natrie masťou tlačiarenskou farbou, vodou naplnené miesta neprijmú farbu. Pri tlači sa farba preniesie na papier. Litografia sa uplatnila ako výtvarná metóda, keď výtvarník priamo kreslí na dosku.

Anglickému továrnikovi WISOVI sa podarilo vyrobiť r. 1803 prvé oceľové perá.

Vydávateľ londýnskych novín The Times uviedol 14. novembra 1814 ako prvý na svete do prevádzky rýchlolis. Stroj si dal v Londýne patentovať nemecký knihtačiar F.G.KÖNIG. Od r. 1818 sa rýchlolisy začali vyrábať v Nemecku.

Výrobu papiera uľahčili dva vynálezy. R. 1805 dostal anglický technik JOZEPH BRAMAH patent na tzv. papierenský stroj s guľatými sitami, r. 1806 vyvinul MORITZ FRIEDRICH ILLIG živičné glejenie papiera, ktorá mal zníženú nasávaciu schopnosť. R. 1803 DANKIN vyvinul stroj, ktorá pracoval na princípe nekonečného pásu drôteného pletiva, bežiaceho medzi valcami. Na pás sa v širokom prúde nalievala surová papierová kaša. Po odvodnení na site vznikol nepretržitá papierový pás. Brahamov stroj s valcovými sitami využíval na formovanie papiera valec obalený do drôteného pletiva, ktorá bol čiastočne ponorený do nádrže s papierovinou a otáčal sa. Tým odpadlo nalievanie papierovej kaše. Na valci zostával papierový film, sito ho zdvihlo z masy a odkvapkaním sa odvodnila. Na Slovensku začali pracovať s valcovými sitami r. 1841 v Harmanci, kde pracovala papieraň od r. 1829.

R. 1826 SENEFELDER v Mníchove zdokonalil svoj litografický postup tak, že sa dal použiť na reprodukciu farebných obrázkov. Použil tri, alebo štyri zhodné litografické dosky s rozličnými farbami. Neskôr vytvoril vhodnejšiu mozaiková tlač.



Obr.  
7.32 Tyčový  
a ručný lis,  
ktorý si dal  
SENEFELDER  
patentovať už r.  
1801

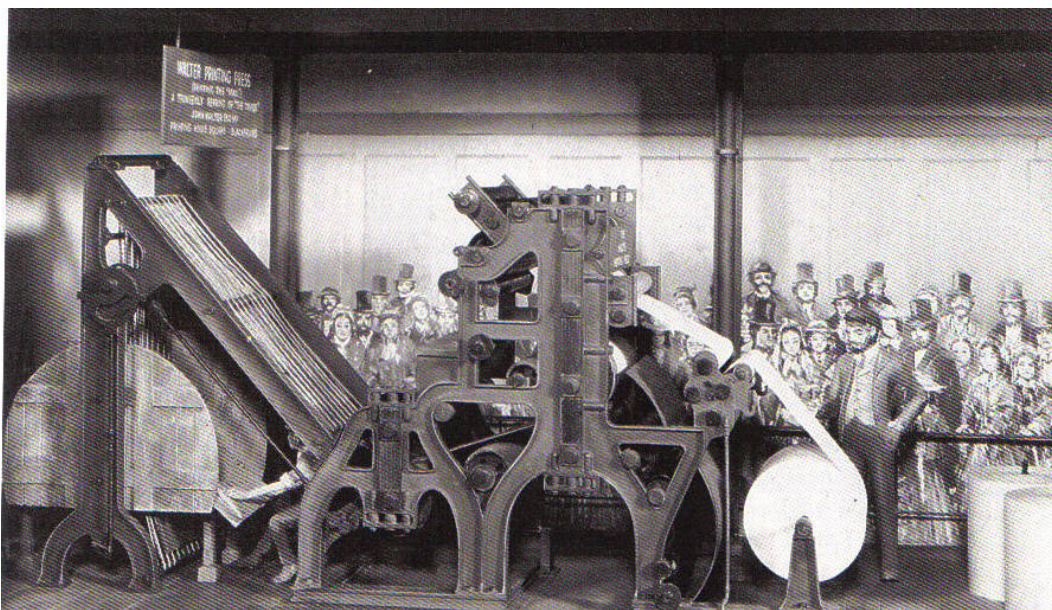
R. 1836 Angličan SMART vyvinul litografický rýchlolis, ktorý okrem podávania a odoberania papiera pracoval úplne automaticky. Stroj dokonca vlhčil a utieral kamenné tlačové platne. Bol to automatický ofsetový tlačiarenský stroj. Už r. 1845 získal R.HOE v USA patent na prvý moderný rotačný tlačiarenský stroj (rotačku). Stĺpce a klíny, ktoré označovali rozmer stránok sa montovali na veľký otáčavý valec. Jednotlivé listy papiera sa v tom čase ešte podávali ručne. Stroj obsluhovalo 25 ľudí a za hodinu vytlačil 8 000 – 20 000 listov papiera. O niekoľko rokov, r. 1851 sa podarilo britskému konštruktérovi T.NELSONOVI skonštruovať rotačku, ktorá tlačila na nekonečný kotúč papiera. Pri výrobe časopisov síce tým prestali problémy s tlačou, ale vynorili sa nové pri rezaní a skladaní vytlačeného papiera.

R. 1850 Angličan BLACK vynášiel a skonštruoval automatický stroj na skladanie tlačových hárkov papiera, ktorá za hodinu zložil 2000 osminových hárkov. Osminový formát je bežný knižný formát, pri ktorom sa tlačový hárok poskladá na osem listov (16 strán). Na BLACKOVOM stroji sa v horizontálnej a vertikálnej rovine pohybovali tenké ale pevné oceľové listy, ktoré hárky, ležiace pod nimi prehli cez stĺpce, ležiace proti sebe. Tým sa papier „zlomil“. Po každom ohybe sa lom prevalcoval párom valcov, to znamená, že sa zlisoval a stabilizoval. Po poslednom prevalcovaní sa celý poskladaný hárok odložil nabok.

R. 1859 anglický fotograf W.RUE vyvinul postup na výrobu pružných tlačiarenských valcov z gleja a glycerínu na rozmnožovací stroj *hektograf*. Hektografia sa stala čoskoro bežným postupom na rozmnožovanie s malými nákladmi.

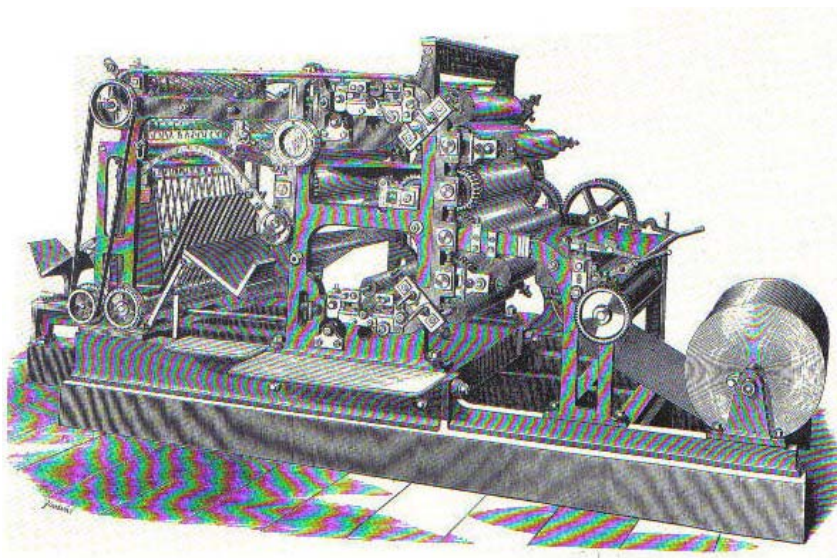


R. 1863 W.BULLOCK, vynálezca z USA dostal patent na rotačný stroj, ktorý tlačil listy kníh na „nekonečný“ pás papiera. Jeho stroj bol schopný za hodinu obojstranne potlačiť 16 km papiera. Koncom 80. rokov dostal jeho stroj automatické zariadenie na skladanie a orezávanie novín.



*Obr. 7.33 Rotačný tlačový stroj s vodorovnými valcami, ktorá skonštruoval J.WALTER*

R. 1869 v tlačiarňi novín The Times v Londýne zmodernizovali a zdokonalili starú rotačku s vertikálnymi valcami, ktorú zostrojil r. 1848 APPLGATH a COWPER, čím získali oveľa rýchlejší a modernejší stroj, schopný za hodinu obojstranne potlačiť až 11 000 hárkov. Tvorcom tejto novej podoby rotačky bol majiteľ novín The Times JOHN WALTER III. Stroj mal dva vodorovné formové valce a osem tlačových valcov. Princíp jeho činnosti bol podobný ako pri rotačke WILLIAMA BULLOCKA z USA z r. 1863.



*Obr. 7.34 Prvá kotúčová rotačka v Nemecku, ktorú na Svetovej výstave vo Viedni r. 1873 predstavila firma Maschinenfabrik z Augsburgu*

Výkon stroja bol taký veľký, že JOHANNES GÜTENBERG s pohyblivými kovovými písmenami by na jeho hodinový výkon musel pracovať pol roka.

R. 1890 MAX LEVY v New Yorku podstatne zlepšil autotypiu, tým, že vyrobil veľmi jemný raster. Autotypia je metóda, založená na princípe leptania poltónov, ktorá objavil r. 1852 anglický prírodovedec TALBOT. Pomocou drobných bodiek dosiahol rozličné stupne zčernania papiera a tým vyvolal dojem rozlične tmavej sivej farby.

Jemnosť rastra bola až 3 000 bodov na štvorcový cm. Technológia spočívala v tom, že na sklenú tabuľu naniesol kyselinu vzdornú vrstvu, do ktorej strojom vyryl rovnobežné čiary. Na vyrytých miestach naleptal sklo a nakoniec po odstránení kyseliny vzdornej vrstvy vyplnil jemné drážky emailom. Aby dostal bodový raster, položil na seba krížom dve takéto tabule. Vznikla autotypický sieť, cez ktorú sa reprodukuje tónové predlohy, napr. fotografie. Obraz sa rozloží na sústavu bodov, ktorých hustota určuje sýtosť tónu.

R. 1904 C.HERMANN a I.W.RUBEL vynášli nezávisle na sebe ofsetovú tlač. RUBEL na vynález prišiel náhodne, keď jeho zamestnanec zabudol vložiť papier do rotačky. Farba z farebného valca sa písmovými razníkmi odtlačila na gumovom valci, ktorý v stroji slúžil ako podklad na kotúč papiera. Keď tlačiar vložil do stroja papier, RUBEL zbadal, že sa odtlačok z gumového valca preniesol na papier. Skonštruoval trojvalcový ofsetový stroj. Farba sa najprv preniesla z tlačového valca na gumový valec a odtiaľ na papier. HERMANN rozvinul techniku ofsetovej tlače podľa dávno známej techniky litografie. Pri ofsetovej tlači sa netlačí priamo z formy (platne), ale z gumového valca, ktorý obraz sadzby prevezme z ofsetovej platne. Ofset sa stal najrozšírenejšou tlačiarenskou technikou.

R. 1905 nemecký vynálezca z Kielu R.HELL je autorom *fotosadzbového systému* digiset, ktorý nahrádza doterajšiu tlačiarensku techniku novou, fotoelektronickou technikou-*fotosadzbou*. Princíp spočíva v zobrazení textu na tienidle obrazovky. Súčasne sa text zapisuje v pamäti počítača. Hotový text sa preniesie na papier, citlivý na svetlo. Jeho vyvolaním sa získa tlačová predloha na bežnú ofsetovú tlač, neskôr aj predloha na filmovej fólii.

## 8 OD EMPÍRIE K TEÓRII [21]

Spolu s technickým pokrokom sa už v neolite rozvíjal duchovný život človeka. Remeselnícke zručnosti sa museli odovzdávať ďalej a učiť ich nové generácie. Vznikali prvé písomné záznamy. Prvými symbolickými znakmi v Egypte zabezpečovali evidenciu tovarov a pracovných výkonov pre chrámy. Rozvoj písma podstatnou mierou podporil vznik mestských štátov v Mezopotámii, Egypte a Indii, kde Už r. 3 500 pred n. l. hinduský učenec PANNINGRIŠE v Attrituvarume vynašiel papier z palmovej drene a na písanie používal bridlicový písací kamienok (grifel), olej a sadze

Je zaujímavé, že v Helénskom svete v r. 650-300 pred n. l. prírodovedné poznanie predstihovalo techniku. Prvými predstaviteľmi prírodných vied boli grécki filozofi SOKRATES, PLATÓN a ARISTOTELES, neskôr EUKLIDES, HEROFILOS, ARISTARCHOS, ARCHIMEDES z Kirény, APOLLÓNIIUS z PERGY a HIPPARCHOS.



Obr. 8.1 SOKRATES, PLATON a ARISTOTELES

Zatiaľ čo v Aténach udávali tón filozofii, v oblasti prírodných vied vstúpila do popredia helénická Alexandria. Vznikli tu základné štúdie z matematiky, mechaniky, astronómie, botaniky, zoológie a medicíny. Už ARISTOTELES poznal princíp páky, definíciu rovnováhy a princíp kladkostroja. Ovládal zákonitosti ozubených kolies a skrutky.

EUKLIDES bol jeden z významných gréckych matematikov, zhrnul vo svojej 13-zväzkovej učebnici: “*Základy geometrie*“ poznatky starších gréckych matematikov a zároveň sformuloval ďalšie vlastné poznatky. Zásadný význam pre geometriu mali vety o súčte uhlov v trojuholníku a o zhodnosti geometrických útvarov. Formuloval prvé poučky teórie čísel a základné princípy geometrickej optiky. Pojem *Euklidovská geometria* sa používal vyše dvoch tisícročí ako synonymom klasickej geometrie.

Okolo r. 570 pred n. l. pôsobil v Grécku PYTAGORAS (filozof a astronóm), ktorý sa považuje za zakladateľa gréckej matematiky. Považoval číslo za podstatu všetkých vecí. Formuloval základné poučky matematickej teórie čísel, objavil systém prvočísel, formuloval pojem matematického radu a vypracoval teóriu o úmernosti. Podľa neho je pomenovaná *Pytagorová veta*, ktorá vyjadruje pomer strán pravouhlého trojuholníka. Tieto poznatky pravdepodobne poznali európski stavitelia megalitov a učenci v Mezopotámii. Označil Zem ako guľu, ktorá sa otáča okolo centrálného ohňa, podobne

ako Slnko, Mesiac a planéty. Ako prvý použil termín *filozófia* (*fileó-l'úbit'*; *sofia-múdrosť*) a sám seba nazval priateľom múdrosti.



Obr. 8.2 PYTAGORAS (chór katedrály v Ulme)

Vo veku 78 rokov r. 547 pred n. l. v Grécku zomrel TÁLES z Mikétu, všestranný bádateľ prírody a filozof. Pouvažoval vodu za pralátku z ktorej všetko pochádza. Pripisuje mu prvé použitie výrazu *physis* na označenie vonkajšieho sveta. Svojim učením o oživení hmoty (hylozoizmus, alebo hylopsychizmus) vysvetľoval napr. prítiažlivé sily magnetu alebo treného jantáru. Chápal geometriu plochy, ktorú matematicky abstrahoval a ďalej rozvinul ako čistú geometriu čiar. Podľa neho je pomenovaná *Tálesová veta* (*Všetky uhly, zostrojené nad priemerom kružnice sú pravé*). Bol avšak známa podstatne skôr u Babylončanov. Opísal magnetické sily. Názov *magnet* zvolil podľa náleziska magnetickej rudy v Magnéziu v Lídi. Sformuloval geometrické zákony využiteľné na výpočet trojuholníka, plochy kruhu a výšky pyramíd. Opísal Zem ako kotúč plávajúci na oceáne. Treba poznamenať, že súčasne r. 570 pred n. l. ANAXIMANDROS z Mikétu načrtnol kruhovú mapu Zeme.

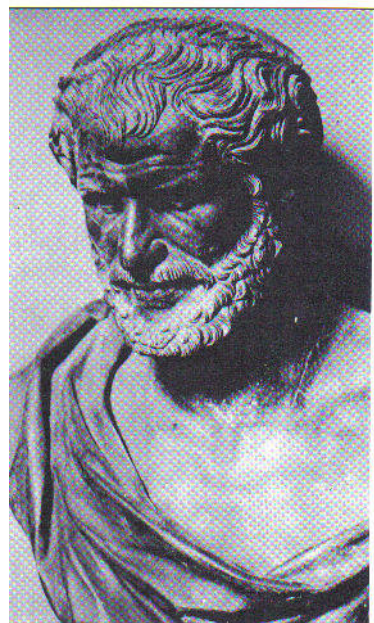


Obr. 8.3 TÁLES z Mikétu (antická busta)

Okolo r. 532 pred n. l. TEODOROS z ostrova Samos prevzal z orientu sústruh 3000 pred n. l.), olovnicu a zámku na dvere, ovládanej kľúčom (Egypt 2000 Pred n. l.) V Grécku zaviedol odlievanie metódou stratenej voskovej formy.. Odlieval veľké odliatky s neobyčajne tenkými stenami. Zaviedol goniometrie do matematiky a vynález brúsenia drahých kameňov. Využil hygroskopické vlastnosti dreveného uhlia. Pomocou neho vysušil podlahu Artemidinho chrámu v Efeze.

R. 480 pred n. l. v Efeze zomrel významný prírodný filozof HERAKLEITOS. Jeho filozofický pohľad na svet prisudzoval ústredný význam „*praohňu*“ a vychádzal z jednoty protikladov. Položil základ dialektického výkladu sveta.

Obr. 8.4 HERAKLEITOS z Efezu



Po r. 470 pred n. l. filozóf LEUKIPPOS po prvýkrát zreteľne sformuloval zákon príčinnej súvislosti. Jeho žiak DEMOKRITOS z Abdery (nar. 470 pred n. l.) definoval atóm (*nedeliteľný*).

Obr. 8.5 DEMOKRITOS, prírodný filozof a spoluzakladateľ atomistiky. Pochádzal z východo gréckeho mesta Abdera



R. 322 pred n. l. zomrel vo veku 62 rokov grécky prírodovedec ARISTOTELES (384-322). Napísal osem kníh fyziky, štyri knihy o nebi, dve o vzniku a zániku, štyri knihy meteorológie a desaťdielny veľký živočíchopis. Fyziku chápal ako učenie o prírode a zmene. Položil základy delenia prírodných vied na mechaniku, chémiu a biológiu. Tvrdil, že predmety sa pohybujú smerom k ich „*prirodzenej podstate*“. Kameň je ťažký, preto padá. Je v prirodzenosti vtáka, že lieta. Pretože sa tieto názory zdali byť správne, nikto ich nepreveroval. Až o 2000 rokov neskôr sa začali robiť pokusy s pohybujúcimi sa predmetmi, ktoré spochybnili jeho názory. Prvý sa zmienil o ozubenom kolese.



Obr. 8.6 ARISTOTELES (384-322 pred n.l.)

Okolo r. 320 pred n. l. zhrnul fyzik, botanik, chemik a lekár TEOFRASTOS z Efesu prírodovedné poznatky svojich čias. Opísal napr získavanie ortuti tým, že sa rozmiešala rumelka (sírnik ortuťnatý) s octom v medenej nádobe. Opísal proces pocínovania železa a získavania olovenej bieloby (do nádoby, naplnenej octom sa vloží olovo a zatvorí. Octové pary reagujú s olovom a vytvoria na stenách usadeninu, ktorá sa zoškrabe a preoseje). Zostavil návody na spracovanie koží výťažkom z kôry alpskej borovice a jelše, ako aj z plodov granátových jablák, žaludov a pod. Opísal karbonizáciu dechtu a briketovania dreveného uhlia so smolou, alebo dechtom ako spojivom.

Pri obsadzovaní Syrakúz zabil r. 212 pred n. l. rímsky vojak ARCHIMEDA, jedného z najväčších gréckych fyzikov, matematikov a vynálezcov. Zaoberal sa hlavne zákonmi mechaniky. V matematike dospel k diferenciálnemu počtu. Napísal práce o objeme gule, kužeľa a valca, geometrii kruhu, konoidu (vzniká rotáciou krivky okolo osi), rotačného elipsoidu a sféroidu. Vyrátal hodnotu čísla  $\pi$ . Známa je jeho veta: „*Dajte mi pevný bod a ja pohnem Zemou*“, ktorú vyslovil, keď objavil zákon páky. Dôležitý je jeho vynález na čerpanie vody, ktorá pomenovali Archimedovou skrutkou (obr. 1. 85). Zistil, že sila vztlaku sa rovná hmotnosti vytlačenej kvapaliny (*Archimedov zákon*). V praxi

sa používa pri určovaní hmotnosti látok, pri konštruovaní plavidiel a plavákových zariadení. Po tomto objave údajne zvolal svoje povestné *heureka* (mám to). Svojim dielom :“*Základy mechaniky*“ natrvalo ovplyvnil zameranie tejto disciplíny. Objavil *Archimedovú špirálu*, ktorá vzniká rotáciou bodu, vzdalujúcom sa od osi rotácie o rovnakú hodnotu pri každej otáčke.



Obr. 8.7 ARCHIMEDES na rímskej mozaike

R. 170 n. l. zomrel v Canope pri Alexandrii KLAUDIOS PTOLEMAIOS. Bol posledným významným antickým prírodovedcom. Preslávil sa spismi o matematike a astronómii. Hlavnou témou jeho knihy *Almagest* je tvrdenie o geocentrizme. Zem pokladal za stredobod celého vesmíru, okolo ktorej krúži Slnko, Mesiac a hviezdy. Tento pohľad na svet vyvrátil až KOPERNÍK (1543). V diele *Geografiké hyfégésis* podal návod na tvorenie máp. Ďalšie jeho práce boli venované optike a akustike. Odvodil nové matematické vzťahy a objavil zákony lomu svetla.



Obr. 8.8 K.PTOLEMAIOS (100-160)

Dlhé obdobie do stredoveku chýbal duch tvorivého myslenia. Jednotlivými výnimkami boli kroky, ktoré mali význam pre vznik baníctva a hutníctva, najmä na juhu Nemecka a v alpskej oblasti, na Slovensku v okolí Banskej Štiavnice, v Čechách v okolí Příbramu a Kutnej Hory. Významnou udalosťou pre rozvoj tvorivého myslenia v prírodných vedách a technike sa stalo dobytie Konštantinopol'a a starej Byzancie Turkami v r. 1453. Tamojší učitelia utiekali do Talianska a priniesli tam aj prírodovednú a technickú literatúru. Boli to diela islamského sveta. Práve korán v druhej polovici 7. storočia zakotvil výslovné božie prikázanie o štúdiu prírody, ako ho údajne vyriekol MOHAMED (570-623): „*Boh stvoril prírodné zákony a je na človeku, ako ich bude využívať*“.

V období renesancie sa väčšinou spája technika a umenie. Vzniklo spojenie *umelec-inžinier*. Pojem *inžinier* pochádza z latinského *ingenium*, ktorým sa rozumie duch, duševná sila, schopnosť, nadanie, rozum a talent. Kým inžinier bol len konštruktérom, *umelec-inžinier* bol uznávanou osobnosťou, akých bolo málo. Veda, technika a umenie splynuli do jedného celku. Príčina bola pragmatická. Talianski vládatelia chceli demonštrovať svoju kultúrnu úroveň. Obrovské bronzové sochy jazdcov mohli vzniknúť len vďaka spojeniu umeleckej tvorivosti a technických poznatkov (statika, kovolejárstvo). Neprekonateľným stelesnením tejto jednoty bol univerzálny LEONARDO DA VINCI, ktorá s predvídavosťou anticipoval budúce technické riešenia, ktorá sa technickými prostriedkami tejto doby nedali realizovať.

Podľa všetkého, prvým významným renesančným inžinierom bol Talian MARIANO di JAKOBO (1382-1453), nazývaný ARCHIMEDES zo Sieny, ktorá vzbudil pozornosť svojimi dvoma rozsiahlymi technickými spismi *De ingeniis* a *De machinis*. Tieto bohato ilustrované rukopisy obsahujú veľa príkladov praktických strojov a prístrojov, používaných v remeslách a na stavbách.

Ďalším významným umelcom-inžinierom bol FILIPPO BRUNELLESCHI (1377-1446), staviteľ vodných opevnení, sochár a vynálezca, objaviteľ všeobecnej perspektívy.

Charakteristickým znakom ducha tej doby bola bezstarostnosť o praktickú realizáciu riešení a veľkorysosť riešení. Sám LEONARDO DA VINCI sformuloval vetu: „*Kto miluje prax bez teórie, je ako námorník, ktorý vstúpi na loď a nevie, kam jeho loď pláva, ale zároveň treba priznať, že rovnako ľahkomyselný je aj ten, čo má možnosť perfektne navigovať, ale pláva na lodi, ktorá sa môže kedykoľvek potopiť*“.

Ludský intelekt sa vymenil z pút stredovekej scholastiky a tak prestal uznávať bariéry praktických možností. Poznatky sa však zachovali len v úzkom kruhu. Stav sa náhle zmenil, keď v rokoch 1465-1470 preniklo do Talianska knihtačiarstvo. Už v r. 1472 vyšlo vo Verone tlačou prvé technické dielo od ROBERTA VALTURIA. R. 1487 vyšlo dielo *De architectura libri X* od M.V.POLIA. Širokej verejnosti umožnilo oboznámiť sa so súhrnom poznatkov architektúry a strojárstva od čias cisára Augusta a tým ovplyvnilo ďalší rozvoj inžinierstva.

Od prvých rokov 16. storočia vychádzali v Európe knihy už nielen v latinčine, ale aj v jednotlivých národných jazykoch a tak sa stávali dostupnými aj širšiemu okruhu ľudí bez vyššieho vzdelania. Po r. 1540 sa okrem iných významne rozšírila talianska kniha *Pirotechnica* od VANNOCIA BIRRINGUCIA a po r. 1557 nemecké vydanie základného



diela o baníctve a hutníctve GEORGIA AGRICOLU: *De re metallica* (rok predtým vyšla v latinčine).

KOPERNIK r. 1510 definoval heliocentrický systém, podľa ktorého Zem s ostatnými planétami obieha okolo Slnka a zároveň sa otáča okolo svojej osi. Svoje učenie uverejnil vo svojom najznámejšom diele: „*De revolutionibus orbium coelestium*“ (O pohyboch nebeských telies)



Obr. 8.9 M.KOPERNIK

R. 1609 GALILEO GALILEI (Taliansko) objavil, že dráha, po ktorej sa pohybuje vrhnuté teleso je parabola.. Objavil zákon voľného pádu. Opísal použitie kyvadla v hodinách. Pred r. 1618 urobil veľa objavov vo fyzike a astronómii. Podporil KOPERNIKOVO učenie. R. 1602 vystúpil s tézou, že rovnako dlhé kyvadlá kmitajú rovnakou rýchlosťou, nezávisle od toho, akú majú hmotnosť a uhol výchylky. Objavil zákon voľného pádu a zotrvačnosti. Sformuloval teóriu prílivu a odlivu. Zdokonalil ďalekohľad, ktorým objavil štyri Jupiterove mesiace, Saturnové prstence a fázy Venuše. Ako dvorný matematik toskánskeho veľkvojvodu sa dostal do sporu s katolíckou cirkvou. R. 1633 bol prinútený svoje tvrdenia odvolať, ale ostal v domácom väzení, oslepol, napriek tomu sa ďalej zaoberal matematikou a fyzikou.



Obr. 8.10 GALILEO GALILEI (dobová rytina)

15.novembra 1630 zomrel vo veku 58 rokov v Rezne astronóm JOHANNES KEPLER, rodák z Weilu. Vo svojich dielach *Nová astronómia (Astronomia nova seu Physica coelestis)* ((1609), *Harmónia sveta (Harmoniae mundi libri V)* (1619) a *Náčrt Kopernikovej astronómie (Epitomae astronomiae Copernicanae)* (1619-1622) potvrdil heliocentrický obraz sveta. Publikoval aj poznatky z optiky. R. 1611 zhotovil astronomický ďalekohľad.



Obr. 8.11 Astronóm JOHANNES KEPLER (podľa ruskej medirytiny)

R. 1650 zomrel v Štokholme francúzsky prírodovedec a filozóf RENÉ DESCARTES ŘENATUS CASTERSIUS), autor slávnej rozpravy o metóde (*Discours de la méthode*). Okrem teoretických spisov vytvoril množstvo matematicko-fyzikálnych poučiek o.i. svoju najdôležitejšiu poučku o energii a teóriu prirodzeného vývoja slnečnej sústavy z vírivého pohybu častí kozmickej hmoty. Je jedným zo zakladateľov analytickej geometrie. Vytvoril systém pravouhlých (*kartézskych*) súradníc.



Obr. 8.12 RENÉ DESCARTES

Text jeho knihy: „...namiesto špekulatívnej filozofie možno objaviť filozofiu praktickú, ktorá nás učí poznať silu a pôsobenie ohňa, vody, vzduchu, hviezd, nebies a ostatných okolitých telies tak zreteľne, ako poznáme rozličné nástroje našich remeselníkov, aby sme ich mohli rovnako použiť ku všetkým prácam, ku ktorým sa hodia a tak sa stať pánmi a vlastníkami prírody“.

12. augusta 1662 zomrel BLAISE PASCAL, matematik, fyzik a filozof. Skonstruoval počítačový stroj, ktorá vykonával dva úkony. R. 1647 objavil zákon o spojených nádobách. Vyvinul barometer. Výsledkom jeho bádania v matematike sa stal r. 1654 „Pascalov trojuholník“, tzv. binomický koeficient, dôležitý v teórii pravdepodobnosti.

Obr. 8.13 BLAISE PASCAL



R. 1662 nezávisle od seba sformuloval britský fyzik ROBERT BOYLE a Francúz EDME MARIOTTE zákon, ktorý podľa obidvoch objaviteľov neskôr dostal názov *Boylov-Mariottov zákon*, základný zákon, vychádzajúci z kinetickej teórie plynov (objem plynu je nepriamo úmerný jeho tlaku).

R. 1666 sa ISAAC NEWTON britský vidiecky šľachtic a prírodovedec, venoval základným fyzikálnym pokusom a objavil pritom korpuskulárny charakter svetla. Dospel k záveru, že biele svetlo pozostáva z farebného spektra. Zastával však mylný názor, že farby vytvárajú čiastočky (*korpuskuly*) svetla iného druhu. Sformuloval zákon všeobecnej priťažlivosti. Venoval sa alchýmii a chémii, matematike, fyzike a teológii. Mechaniku obohatil o tri základné zákony dynamiky: zákon zotrvačnosti, zákon zrýchlenia a gravitačný zákon. Uviedol ich r. 1687 vo svojom diele: *Philosophiae naturalis principia mathematica* (Matematické princípy prírodnej filozofie). Gravitačným zákonom vysvetlil KEPLEROVE zákony o pohybe planét a GALILEOV zákon voľného pádu. Skonstruoval zrkadlový ďalekohľad, a sformuloval dôležité zákony aerodynamiky a akustiky.



Obr. 8.14 ISAAC NEWTON (1643-1727)

R. 1671 nezávisle od seba sformulovali základy diferenciálneho počtu NEWTON a nemecký univerzálny učenec G.W.LEIBNIZ. Leibnicova symbolika sa používa dodnes. R. 1673 obohatil prírodné vedy vynálezom počítačového stroja so stupňovitým valcom. Zistil, že každé číslo sa dá vyjadriť sledom čísel 0 a 1 (základ dvojkovej sústavy). Skonstruoval veterné čerpadlo na čerpanie vody z baní. Predložil *učenie o monádach*. Za podstatu sveta pokladal nekonečné množstvo nedeliteľných substancií, *monád*, vnútorne činných a rôznorodých.

Obr. 8.15 GOTTFRIED WILHELM LEIBNIZ



Už r. 1673 vyslovil HUYGENS nový prírodný zákon. Nazval ho: „Princíp zachovania všetkých živých síl“

R. 1691 zomrel v Londýne ROBERT BOYLE. Odmietol predstavu o štyroch elementoch. Oživil DEMOKRYTOVÚ predstavu o atónoch (420 pred n.l.). Pri pokusoch s plynmi sa priblížil k objavu kyslíka. Pokračoval v pokusoch GUERICKE s vákuom (1654). Skúmal proces šírenia zvuku vo vákuu. Určil podstatu chemických prvkov. Ako prvý definoval predmet chémie, niektoré základné chemické pojmy, ako prvok, zlúčenina, zmes, platné aj dnes. Vytvoril *kolpuskulárnu teóriu*, podľa ktorej sa všetky látky skladajú z malých častíc. Ukladaním častíc rozličných látok, ktoré sa navzájom priťahujú vznikajú rozličné zlúčeniny. Chemické zlúčeniny sú substanciami len jedného korpuskulárneho druhu a teda nedajú sa rozložiť chemickými reakciami.

Obr. 8.16 ROBERT BOYLE



R. 1695 zomrel v Den Haagu nizozemský fyzik a matematik CHRISTIAN HUYGENS. Vlastným ďalekohľadom objavil Saturnom mesiac Titan, hmlovinu Orióna a tvar Saturnovho prstenca. R. 1657 skonštruoval kyvadlové hodiny. R. 1673 vyšlo jeho dielo: *Horlogium oscillatorium* (kyvadlové hodiny). R. 1690 uverejnil prácu v ktorej vysvetlil vlnovú teóriu svetla. Znáмым sa stal jeho zákon o šírení vln.



Obr. 8.17 CHRISTIAN HUYGENS

Obrat vo vývoji výrobných technológií nastal až v 18. storočí. Bol vyvolaný celkovým rozvojom techniky a vynálezmi energetických a výrobných strojov. Zdokonalili sa obrábacie stroje, ktoré boli založené na šliapaní, výnimočne používali vodnú silu. Svedčí o tom okrem iného aj skutočnosť, že prvá technická kniha z roku 1701 (PLUMIER), ktorá opisovala vtedajšie výrobné metódy a zariadenia na obrábanie bol ešte aktuálna a použiteľná aj v r. 1800.

3. marca 1703 zomrel v Londýne vo veku 65 rokov ROBERT HOOKE, anglický fyzik a prírodovedec. Zaoberal sa fyzikálno-technickými konštrukciami, mikroskopiou, astronómiou a geológiou. Jeho najvýznamnejším vedeckým poznatkom je po ňom pomenovaný zákon, podľa ktorého deformácia pružného telesa je priamo úmerná sile, ktorá ju spôsobila (1678). Okrem iného skonštruoval v Londýne prvý aritmetický počítačový stroj.

R. 1703 švajčiarsky fyzik JOHANN BERNOULLI pozdvihol HUYGENSOVU teóriu pohybu v poli vonkajších síl na prírodný zákon. Nazval ho „*princíp zachovania všetkých živých síl*“. Jeho označenie živých síl by sme mohli považovať za kinetickú energiu. Zákon zachovania energie ako jeden z najdôležitejších zákonov zachovania (hmotnosti, hybnosti, momentu hybnosti, elektrického náboja) sa stal základom technickej mechaniky a modernej filozofie prírody.



Obr. 8.18 JOHANN BERNOULLI

R. 1738 švajčiarsky fyzik DANIEL BERNOULLI uverejnil svoje dielo: Hydrodynamika, v ktorom predstrel matematickú teóriu vodných a veterných kolies, vodných čerpadiel a vodných vrtúl. Po prvý raz pritom rozoznával hydrostatický a hydrodynamický tlak. Vyslovil myšlienku reaktívnej sily lodnej vrtule, využívajúcej princíp spätného odrazu, ktorou chcel poháňať lode. Napokon vytvoril kinetickú teóriu plynov. Molekuly plynu sa pohybujú rozličnými smermi, pričom na seba narážajú a vzniká tlak plynu, rovnaký v celej nádobe.



*Obr. 8.19 DANIEL BERNOULLI*

R. 1742 švédsky astronóm ANDERS CELSIUS navrhol nahradiť teplomernú stupnicu, ktorú zaviedol FAHRENHEIT (1714) 100-stupňovou. Bod varu vody označil za  $100^{\circ}$  a bod zamrzania vody  $0^{\circ}$ .



*Obr. 8.20 ANDERS CELSIUS*

WOLFGANG von KEMPELEN (1734-1804) bol všestranný technický talent. Podielal sa na konštrukcii dômyselného systému čerpadiel, ktoré zásobovali bratislavský hrad vodou z Dunaja. Projektoval fontány, zavlažovacie a banské odvodňovacie systémy. Najviac ho preslávil šachový automat, hoci ho vyrobil ako hračku na podnet Márie Terézie (bol v ňom ukrytý šachista). Serioznejšie boli jeho ďalšie vynálezy: písací stroj pre nevidiacich, tkáčske krosná a stroj, imitujúci ľudskú reč, ktorý opísal v teoretickej práci: „*Sprache nebst der Beschreibung seiner sprechen – den Maschinen*“.

R. 1743 francúzsky matematik a fyzik JOAN BAPTISTE d'ALAMBERT sformuloval poučku o mechanike zrýchlených systémov: „*Ak na systém vzájomne spojených bodov pôsobia sily, ktoré vyvolávajú určité zrýchlenie, a ak sa pripoja také sily, ktoré by v prípade, že by tieto sily boli voľné, spôsobili protismerné zrýchlenie, dochádza k rovnováhe*“. Táto zásada nazývaná *d'Alambertov princíp* umožňoval formálne previesť problémy dynamiky na problematiku skúmania statickej rovnováhy systému.

R. 1770 francúzsky chemik ANTOINE LAURENT de LAVOISIER formuloval zákon zachovania hmoty. Keď ohrieval vodu v uzavretej nádobe, zistil, že hmotnosť vody sa nezmenila. Zistil, že pri chemických reakciách zostáva množstvo hmoty konštantné. Tento poznatok upriamil vedcov na to, aby pozorovali aj plyny, ktoré vznikajú pri reakcii.

Obr. 7.21 ANTOINE de LAVOISIER  
(francúzska rytina)



8. mája 1794 51-ročného ho ako predrevolučného generálneho nájomcu daní popravili v rodnom Paríži gilotínou. Jeho hlavná zásluha spočíva v tom, že nahradil náhodné experimentálne metódy alchymistov systematickými pokusmi s presnými meraniami a váženiami pri chemických reakciách. Dokázal rozhodujúci význam kyslíka pri horení látok.

R. 1800 astronóm FRIEDRICH WILHELM HERSCHEL objavil pri výskume jednotlivých oblastí spektra slnečného svetla ortuťovým teplomerom infračervené žiarenie. Rozložil slnečné svetlo prizmou na spektrálne farby a meral ich teplotu. Zistil, že



teplota stúpa vo smere na červenú oblasť spektra. Z toho usúdil, že je tam neviditeľné svetlo, ktoré nazval *ultračerveným*, (teda na druhej strane červenej) Dnes je nazývané *infračerveným*, čo je odvodené od frekvencie svetla (menej ako červené). Infračervené lúče sú teda také, ktorých monochromatické zložky majú väčšiu vlnovú dĺžku ako viditeľné svetlo, ale kratšiu ako 1 mm.

23. augusta 1806 zomrel v Paríži CHARLES AUGUSTIN de COULOMB. Jeho najdôležitejšie práce boli venované matematickému opisu činnosti rozličných strojov, problematike pevnosti, statike, treniu a krúteniu (*torzii*). Vynašiel torzné váhy a prvý raz s nimi zmeral aj sily elektrických nábojov. Určil, že elektrický náboj sa ukladá na povrchu vodiča. Objavil aj po ňom pomenovaný základný elektrostatičný zákon, ktorý opisuje sily, pôsobiace medzi nábojmi.

R. 1820 sa dánskemu fyzikovi a chemikovi H.CH.OERSTEDOVÍ podarilo dokázať, že magnetická ihla sa v blízkosti vodiča vychýľuje, čím založil náuku o elektromagnetizme a modernej elektrotechniky.



Obr. 8.22 HANS CH. OERSTED

R. 1822 francúzsky fyzik a matematik JEAN-BAPTISTE JOZEPH de FOURIER sa zaoberal teóriou vodivosti tepla a na jej matematické vyjadrenie v knihe *Theorie analytique de la chaleur* (Analytická teória tepla). Zostavil a publikoval tzv. Fourierove rady. Sformuloval základný zákon vedenia tepla. Našiel univerzálnu formu vyjadrovania periodických funkcií, ako nekonečný trigonometrický rad:

$$f(x) = \frac{a_p}{2} + a_1 \cdot \cos(x) + b_1 \cdot \sin(x) + a_2 \cdot \cos(2x) + b_2 \cdot \sin(2x) + \dots$$

V tomto rade, ktorý napriek svojej nekonečnej dĺžke predstavuje pevnú, konečnú hodnotu, sa dajú vypočítať faktory  $a_n$  a  $b_n$  pomocou integrálov. Fourierove rady získali neskôr veľký význam najmä pri matematickom spracovaní komplexných elektromagnetických oscilácií. V tejto súvislosti sa rozšírili na tzv. *Fourierovú transformáciu*. Pomocou nich sa dajú ťažko

riešiteľné diferenciálne rovnice pretvoriť na ľahšie algebraické tým, že sa funkcia závislá na čase zmení na funkciu, závislú na frekvencii.



Obr. 8.23 JEAN-BABTISTE de FOURIER

GEORG SIMON OHM z Erlagenu r. 1826 definoval *Ohmov zákon*, ktorá dal celej elektrotechnike nové základy. Jeho formulácia vzťahu medzi napätím, prúdom a odporom sa líšila od dnešnej:  $U = R.I$ , pretože mala tvar:  $X = k.w.\frac{a}{l}$ , pričom  $X$  označoval prúd, ktorý OHM nazval intenzita prechodu,  $k$  nazval akosťou vedenia,  $w$  bol prierez drôtu a  $l$  jeho dĺžka. Podiel  $\frac{l}{k.w}$  autor zákona ešte nenazýval elektrický odpor, ale redukovaná dĺžka;  $a$  bolo napätie medzi koncami vodiča.

Obr. 8.24 G.S.OHM



R. 1826 francúzski fyzici a technici JEAN VICTOR PONCELET a GASPERD GUSTAVE de CORIOLIS zaviedli do mechaniky pojem *práca*. Definovali ju ako súčin sily a dráhy . Zavedenie pojmu práce pomohlo odstrániť nejasnosti, ktoré sa dovtedy stále vyskakovali v oblasti teoretickej mechaniky ako následok nepresných formulácií (BERNOULI ju označoval ako *energia* (1717), YOUNG (1807) ako *živá sila*).

R. 1827 švédsky biológ ROBERT BROWN objavil nepretržitá pohyb najmenších častíc v kvapalinách *Brownov pohyb*. Je to vlastne tepelný pohyb molekúl kvapaliny, ktoré sa prudko a nepravidelne pohybujú a narážajú na seba.

R. 1841 anglický továrnik JOSEPH WHITWORTH vyvinul jednotnú sústavu skrutkových mier. Jednotil tvary a stúpanie závitov. Túto sústavu neskôr nazvali BSW (*British Standard Whitworth*) a v Anglicku sa udržala jeden a pol storočia. R. 1835 si dal patentovať čelný sústruh, ktorá mal taký úspech, že si jeho vynálezca mohol zriadiť továreň na výrobu obrábacích strojov. Vynašiel dĺžkomer, ktorý meral s presnosťou tisíciny palca.



Obr. 8.25 J.H.WHITWORTH

R. 1842 nemecký lekár J.R.MAYER sformuloval poučku o ekvivalente tepla a práce: „*Vo všetkých prípadoch, keď teplom vzniká práca, spotrebuje sa na jej vznik úmerné množstvo tepla a naopak, spotrebou tejto práce možno vyrobiť to isté množstvo tepla*“. Dokázal, že energia je vo všetkých svojich formách nezničiteľná. Možno ju meniť z jednej formy na inú (*zákon zachovania energie*).



Obr. 8.26 JULIUS ROBERT MAYER

R. 1843 Angličan CHARLES WHEATSTONE vynášiel impedančný odporový mostík, nazvaný podľa neho *Wheatstonov mostík*. Dovtedy sa elektrické napätie aj odpor merali nepriamo, meraním prúdu. Táto metóda v mnohých prípadoch skresľovala namerané hodnoty, lebo v meracom prístroji dochádzalo k vlastným stratám prúdu. Meraná veličina v mostíku odmeria v tom okamihu, keď cez indikátor prúdu neprechádza nijaký vlastný prúd, čo sa dosiahne zmenou regulačného odporu v paralelne zapojenom okruhu.



Obr. 8.27 CHARLES WHEATSTONE

R. 1845 nemecký prírodovedec ROBERT WILHELM BUNSEN rozpracoval základy chemickej plynovej analýzy. Najprv venoval pozornosť jednotlivým plynom, ktoré vznikajú v železiarňach, vďaka čomu dospel k vedeckej teórii vysokopecných procesov. Skúmal plyny a ich zmesi z kvalitatívnej aj kvantitatívnej stránky. Zmesi plynov sa pritom museli štiepiť na jednotlivé zložky, resp. skupiny zložiek. Robilo sa to postupne. Najprv sa zriedenou kyselinou sírovou trasením vyplachovali alkalické plyny (amoniak, plynné amíny). Zmes plynov, ktorá ostala po tomto procese sa zmiešavala s hydroxidom draselným. Ten viaže na seba len kyslé plyny (oxid uhoľnatý, chlór, sírovodík). V zmesi potom ostali už len neutrálne uhľovodíky. Kvantitatívnu analýzu robil tak, že odvážil kyselinu sírovu a hydroxid draselný pred a po rozpustení plynov. Plynová analýza má veľký význam pri optimalizácii spaľovacieho procesu.

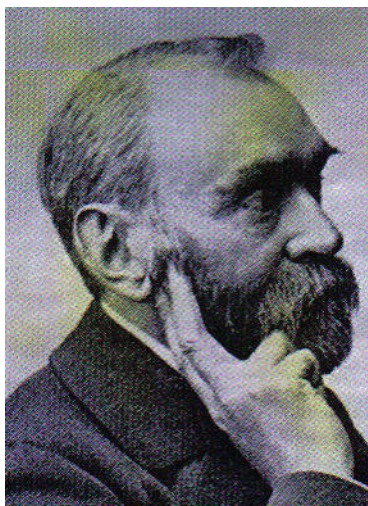
Obr. 8.28 ROBERT WILHELM BUNSEN



R. 1854 zomrel v Mníchove nemecký fyzik G.S.OHM. Sformuloval zákon, ktorá bol podľa neho nazvaný ( $napätie = prúd \times odpor$ ), Zaoberal sa aj superpozíciou (interferenciou) vln, podľa ktorej je svetlo elektromagnetické vlnenie.

R. 1865 anglický fyzik JAMES CLERK MAXWELL; sformuloval elektromagnetickú teóriu svetla, podľa ktorej je svetlo vlastne elektromagnetické vlnenie. MAXWELL vychádzal z toho, že elektrické kmity a svetelné vlnenie sa šíria pomocou zmien rovnakého média – éteru. V podstate je tento poznatok správny, proces šírenia vln prebieha však bez toho, aby sa musel zavádzať akýsi neurčitý éter, ako sa ukázalo neskôr na základe teórie relativity.

1.januára 1867 švédska firma ALFRED NOBEL & Co vyrobila prvý dynamit, ktorý krátko predtým vynášiel majiteľ. ALFRED NOBEL už pred rokmi experimentoval s nitroglycerínom (1847), ktorá sa na trhu predávala ako žltá olejovitá tekutina v malých množstvách proti boľeniu hlavy.. NOBEL zistil, že po pridaní 10% nitroglycerolu možno dvojnásobne zvýšiť účinnosť pušného prachu.. Najprv skúšal riediť nebezpečnú kvapalinu drevným liehom, potom však prišiel na myšlienku zmiešať 75% nitroglycerolu a 0,5% sódy a zmes dal nasiaknuť do žihanej infuzórovej hlinky, či vynášiel hlinkovú výbušninu – dynamit. Vynález sa okamžite rozšíril do celého sveta. V Bratislave vznikla r. 1873 v poradí pätnásta továreň , kde vyrábali dynamit a ďalšie anorganické látky. NOBEL sa stal zámožným mužom aj vďaka priemyselným investíciám, no s pribúdajúcim vekom ho čoraz viac trápilo, keď videl, ako sa jeho vynález zneužíva vo vojenských konfliktoch. V záveti celý svoj majetok (33 miliónov švédskych korún) venoval fondu, z ktorého sa majú každoročne odmeňovať ľudia, ktorí sa výnimočne zaslúžili o nové objavy na poli fyziky, chémie, medicíny, vytvorili unikátne literárne diela, zaslúžili sa o zblížovanie národov a zmierňovanie vojenských konfliktov. Ej prvým laureátom sa stal WILHELM C. RÖNTGEN za fyziku.



Obr. 8.29 ALFRED NOBEL a jeho „Nobelová cena“

R. 1867 nemecký chemik ADOLF BACYER po prvý raz vysvetlil rozdiel medzi kondenzáciou a polymerizáciou v organickej chémii a položil tak základy chémie plastov. Opísal polymerizáciu ako spájanie molekúl do veľkých celkov pomocou väzby uhlíkových

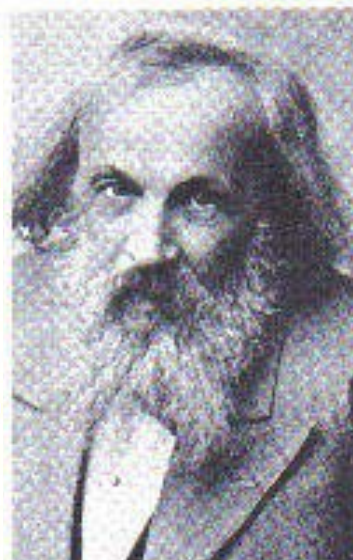
atómov. Kondenzáciou nazval spájanie molekúl pomocou väzby kyslíkových, alebo dusíkových atómov.. Ukázal, že pre syntézu organických látok má význam len kondenzácia. Opakovanou kondenzáciou vznikajú dlhé reťazce molekúl.

R. 1869 ruský chemik DMITRIJ IVANOVIC MENDELEJEV a nemecký chemik LOTHAR MEYER nezávisle od seba objavili periodicitu chemických a fyzikálnych vlastností v poradí atómových hmotností chemických prvkov. Na základe tohto poznatku MENDELEJEV predpovedal jestvovanie dosiaľ neznámych prvkov. Všetkých známych 63 prvkov zoradil do poradia tak, že prvky s rovnakými oxidačnými číslami sú zaradené pod sebou. A zistil, že látky takto zoradené sa správajú podobne. Riadky tvoria periódy, pričom s rastúcimi atómovými hmotnosťami sa vlastnosti látok periodicky menia. Na základe periodicity vlastností mohol MENDELEJEV predpokladať vlastnosti ešte neobjavených prvkov, napr. Gália, skandia, germánia... Jeho predpoveď ako je známe sa neskôr potvrdila.

## ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.

ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВѢСѢ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѢ.

		Ti = 50	Zr = 90	? = 180.	
		V = 51	Nb = 94	Ta = 182	
		Cr = 52	Mo = 96	W = 186.	
		Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,1	
		Fe = 56	Rn = 104,4	Ir = 198.	
		Ni = Co = 59	Pl = 106,6	O = 199.	
		Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200.	
H = 1					
	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112	
	B = 11	Al = 27,1	? = 68	Ur = 116	Au = 197?
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118	
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?	
	F = 19	Cl = 35,6	Br = 80	I = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207
		? = 45	Ce = 92		
		?Er = 56	La = 94		
		?Yl = 60	Di = 95		
		?In = 75,6	Th = 118?		



Obr. 8.30  
D.I.MENDELEJEV  
a jeho originálna periodická  
sústava prvkov

### Д. Менделѣевъ

R. 1887 nemecký fyzik H.HERTZ experimentálne dokázal existenciu elektromagnetických vln, ktoré teoreticky opísal r. 1865 anglický fyzik J.C.MAXWELL. Vygeneroval elektrické kmity s vysokou frekvenciou až do 300 miliónov kmitov za

sekundu. Sledoval pritom preskoky iskier na galvanicky napojenom iskrišti. Skúmal ich vznik a podarilo sa mu parabolickou anténou preniesť „vyžarovanie elektrickej sily“, ako nazýval objavené elektromagnetické žiarenie na vzdialenosť viac ako 10 metrov.



Obr. 8.31 HEIDRICH HERTZ, objaviteľ elektromagnetických vln

Už koncom 19. storočia sa dostávala do popredia vzájomná súčinnosť prírodných vied a techniky. Iniciátormi boli skôr technici a zárodky tohto vzťahu treba hľadať na univerzitách, kde sa zriaďovali špeciálne tímy na vývoj presných prístrojov.

Priemyselná výroba, teda prax potrebovala oveľa viac špecializáciu ako veda. V 19. storočí to bolo ešte naopak, prírodné zákony sa rozčleňovali do nových a nových odborov. Základný výskum sa stáva všestrannejší, naproti tomu priemysel nevyžadoval na prevádzku a rozvoj svojich výrobných zariadení oveľa viac, ako obsahovali základné vedomosti všestranných konštruktérov. Lenže rozširovanie vedeckých poznatkov nútilo teoretikov hľadať globálne súvislosti medzi nimi, najmä ak sa už v niektorých všeobecných prírodných zákonoch jasne objavili (zákon zachovania energie, MAXVELOVÉ rovnice...) V prírodných vedách teda zosilnelo hľadanie globálnych, integrujúcich teórií.

Naproti tomu sa technika v tomto období rýchle špecializovala, čo si opäť vydržalo zakladanie nových odborov špecializovanej vedy, ktoré dovtedy existovali len v rámci základného výskumu. Priemyselná výroba takto výrazne ovplyvnila vedeckú špecializáciu. Popri „čistom“ základnom výskume vznikali typické „inžinierske“ vedy (nauka o materiáloch, časti strojov, dopravná technika, strojárka technológia).

Až do druhej polovice 1. storočia bolo ručné a strojové obrábanie záležitosťou remeselníckej zručnosti. Jednotlivé výrobné metódy a rezné podmienky boli volené a posudzované na základe skúseností. Neskúmala sa ich fyzikálna podstata.

Prvé kroky v tomto smere urobili Francúzi COCQUIL (1848) a JESSEL (1864), ktorí určili vzťah medzi rezným odporom a veľkosťou triesky.

Na konci 19. storočia viedlo v Európe a USA úsilie, zamerané na pragmatické využitie vedeckých poznatkov.

MARIE CURIE SKŁODOWSKA (1867-1934) spolu s manželom uskutočnila priekopnícky výskum v oblasti rádioaktivity. R. 1898 objavila aktivitu tória a chemické prvky polónium a rádium. Seperovali ho zo smolinca, dovezeného z Čiech. Po štvorročnej práci izolovali asi desatinu gramu tohto silne vyžarujúceho stopového prvku. Skúmala vlastnosti rádioaktívnych lúčov a založila tým odbor rádiochémie. Bola odmenená dvoma Nobelovými cenami. Zomrela na anémiu vyvolanú rádioaktívnym žiarením.



Obr. 8.32 MARIE CURIE-SKŁODOWSKA (1867-1934)

Angličan JOESSEL (1864) za napr. zaoberal zákonitosťami sústruženia.

O rozvoji vedeckých poznatkov v oblasti obrábania kovov sa zaslúžil Američan F.W.TAYLOR, ktorá v r. 1860 vydal knihu: „*Umenie rezať kov*“. Zaoberal sa aj vedeckou organizáciou práce.

Systematicky sa začal procesom obrábania zaoberať profesor banského inštitútu v Petrohrade J.A.TIME, ktorá vo svojej knihe: „*Odpor kovov a dreva pri rezaní*“ a „*Teória tvorby triesky a jej využitie v strojoch a nástrojoch*“ (1870) prvýkrát vysvetlil fyzikálnu podstatu tvorby triesky. Zaviedol viaceré, doteraz platné pojmy v obrábaní, ak „*rovina šmyku*“, „*koeficient rezania*“ (*merná rezná sila*), vytvoril klasifikáciu triesok. Položil základy vedeckého skúmania procesov obrábania.



Obr. 8.33 F.W.TAYLOR a J.A.TIME (1838-1920); (kresby autor)





R. 1900 O.W.WALKHOFF zistil, že rádiové žiarenie môže ničiť biologické tkanivá. Ako sa neskôr ukázalo, rádium emituje tri rozličné druhy žiarenia:  $\alpha$  (75% žiarenia) možno magneticky len ťažko odchyliť a vzduch a pevné telesá ho absorbujú.,  $\beta$  (asi 20%) sa správa asi tak ako katódové lúče, ale je prenikavejšie. Žiarenie  $\gamma$  (zostávajúcich 5%) je veľmi silné a prenikne aj cez 100 mm hrubé oceľové dosky.

Obr. 8.34 OTTO WALKHOFF



V rovnakom roku nemecký fyzik M.PLANCK vypracoval kvantovú teóriu, ktorá sa zaoberá správaním mikrofyzikálnych systémov (molekúl, atómov, elementárnych častíc a i.).

R. 1906 americký fyzik a chemik BERTRAM BORDEN BOLTWOOD skúmal radioaktívny rozpadový rad uránu a zistil, že jeho posledný, konečný stabilný prvok je olovo. Zistil, že nezávisle od geografického pôvodu je podiel hmotnosti uránu a rádia vždy konštantný. Z toho usúdil, že rádium musí byť produktom rozpadu uránu.

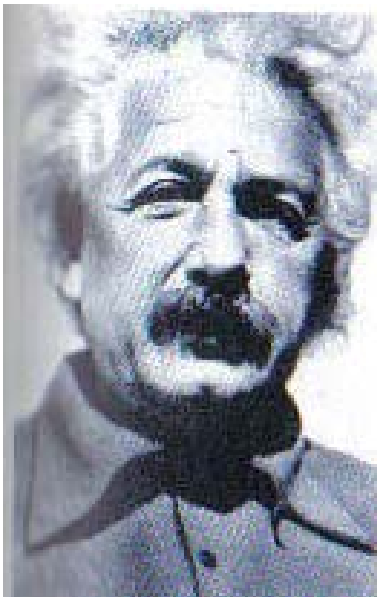
R. 1910 britský fyzik ERNST RUTHERFORD pri sledovaní žiarenia  $\alpha$  zistil, že častice *alfa* sú vlastne atómy hélia, zbavené elektrónov. Z periodického systému prvkov zistil, že najjednoduchšie kladne nabité častice pozostávajú z vodíkových jadier. Nazval ich protóny.

R. 1911 holandský fyzik HEIKE KAMERLING ONNES znovu (1885) objavil supravodivosť kovov pri teplote, blížiacej sa absolútnej nule ( $-273,15^{\circ}\text{C}$ ). Skvapalnil hélium na 4,5 Kelvina ( $-268,95^{\circ}\text{C}$ ). Tekutým héliom schladil kovy a zistil, že ich elektrický odpor je prakticky nulový. R. 1933 dokázal, že *supravodiče* nemajú žiadne magnetické pole, teda sa nesprávajú ako bežné vodiče.

ERNST MACH (1838-1916) pôsobil ako profesor matematiky na univerzite v Grazi, neskôr prednášal fyziku v Prahe. Polemizoval s Newtonovskou mechanikou. Zaoberal sa aerodynamikou v nadzvukovej oblasti objavil tzv. Machovú vlnu, kužeľovitú tlakovú vlnu, ktorá vychádza z telies, ktoré sa pohybujú nadzvukovou rýchlosťou. Machové číslo je pomer rýchlosti telesa k príslušnej rýchlosti šírenia zvuku.

2. augusta 1939 A. EINSTEIN informoval listom amerického prezidenta Franklina Delano Roosevelta o súčasných poznatkoch z oblasti štiepenia atómového jadra. Referoval

o najnovších výskumoch E.FERNIHO a manželov CURIEOVCOV z Francúzska na základe ktorých je takmer isté, že čoskoro bude možné vyvolať nukleárne reťazové reakcie, ktoré uvoľnia obrovskú energiu. Týmto spôsobom sa budú môcť vyrábať nové bomby. EINSTEIN poukazoval na malé zásoby uránu v USA a na známe zásoby vo vtedajšom Československu a Belgickom Kongu. Ponúkol prezidentovi spoluprácu s vedcami a priemyslom v snahe o rýchlu výrobu bomby. Poukázal na to, že Nemecko už zastavilo predaj uránu z Československých baní, ktoré získalo obsadením Čiech a Moravy. Strach EINSTEINA z možnej atómovej bomby pramenil z jeho poznania výskumu v Európe. Jeho teóriu relativity mnohí považujú za najpozoruhodnejšie plody ľudského intelektu.



*Obr. 8.35 ALBERT EINSTEIN*

R. 1948 americký matematik NORBERT WIENER vydal svoju najdôležitejšiu knihu: „Cybernetics or Control of Communication in Animal and Machine (*Kybernetika alebo riadenie a oznamovanie v živých organizmoch a strojoch*). Založil tým interdisciplinárnu disciplínu – kybernetiku. *Kybernetios* znamená v gréčtine *riadený*. Je považovaný za otca kybernetiky.

*Obr. 8.36 ROBERT WIENER*



Na konci 19. storočia vládlo v Európe, ale aj v USA úsilie, zamerané na pragmatické využívanie vedeckých poznatkov, ktoré často prechádzalo do vedeckej eufórie. Podnecovalo ho rýchle napredovanie vedeckého výskumu, najmä vo fyzikálnych odvetviach. 2. svetová vojna (1939-1945) priniesla do tejto pohody rozhodujúci obrat, ktorá spôsobili najmä vojenské objednávky. Vojenské kruhy si už v 30 - tých rokoch obratne vysondovali okruh vedeckých poznatkov, ktoré by sa dali využiť vo vojenstve. Novo vzniknuté smery výskumu však pokračovali aj po vojne. Vyústili do širokého vojenského výskumu a vývoja, ktorá dodnes pohlcuje značnú časť rozpočtu krajín. Dosiahli sa významné pokroky vo vývoji automatických zariadení, v polovodičovej technike a po r. 1957 aj v mikroelektronike. Výnimkou nie je ani technológia, zameraná na vývoj odolných, špeciálnych syntetických materiálov, dokonalejších kovových zliatin, odolných druhov skla a keramiky. Vznikli nové meracie metódy a počítačové systémy. Výdobytky rozvinutej modernej techniky, ktoré sčasti pochádzajú z vojenského a vesmírneho výskumu zmenili spôsob života v priemyselných štátoch. Zrealizovala sa rozsiahla výroba elektrickej energie v atómových elektrárňach. Zdokonalila sa komunikačná sieť a mnohé elektronické zariadenia prenikajú do bežného života.

## LITERATÚRA

- [1] AGRICOLA, G.: *De re metallica libri XII*, Basileae, 1556
- [2] ANTONICKÝ a kol.: *Lokomotívy a historie*. Praha: NADAS, 159 s.
- [3] BONNET, H.: *Traction Engines. Shore Publications*. London: 1994, 32 s.
- [4] БРОДЯНСКИЙ, В.М.: *Вечный двигатель прежде и теперь*, Москва: Энергоатомиздат, 1989, 250 с
- [5] ZEITHAMMER, K.: *Vývoj techniky*. Praha: ČVUT1997, 316 s. ISBN 80-01-01725-7
- [6] CLAYTON, N.: *Early bicycles. Publications*. London: 1994, 32 s.
- [7] *Das grosse Buch den Verker*. Praga: ARTIA, 1989, 230 s.
- [8] DANIKEN, E.: *Záhady starej Európy*. Smena, 1992.
- [9] DERRY, T.K.-WILLIAMS, T.I.: *A short History of Technology*. Oxford: University Pres. New York, 1961, 782 s.
- [10] DOBROVOLNÝ, B., ANDRLÍK, K.: *Hokrův technický slovník naučný*. Praha: Nakladatelství Jozef Hokr v Praze, 574 s. 1943
- [11] HANUŠIN, J.: *Starý bardejovský vodovod*. Zborník., 1978
- [12] HANUŠIN, J.: *Staré píly a piliarstvo na Slovensku. Zborník lesníckeho, drevarského a poľovníckeho múzea*, č.10, 1979.
- [13] HOLOŠ, J.-PFEIFER, I.: *A múveltseg kónyvtara a technika vivmanyai az utoisó azaz éblen.*: Budapest, 1905.
- [14] HOŘEJŠ, P.: *Toulky českou minulostí- Počátky průmyslu*. Nedělná Pravda 1969.
- [15] HRUŠOVSKY, F.: *Slovenské dejiny*. Matica Slovenská, 3. vydanie, 1939.
- [16] LÍLEK, F.-KUBA, J.-JÍLKOVÁ, J.: *Svetové dejiny v datach*. Bratislava: SMENA 1982, 308 s.
- [17] MALIK, P.: *Georgius Agrikola-zakladateľ geológie a montaristiky, Technické noviny č.52, 1994, s.2.*
- [18] NARDINI, B.: *Leonardo da Vinci*. Tatran, 1990, 199 s.
- [19] NEUBAUEROVÁ: *Gruzie. Od bájných Kolchidy po dnešok*. Vyšegrad Praha, 1981, 186 s.
- [20] ПАВЛЕНКО Н.А.: *История письма*. Минск: Вышшая школа, 1987, 224 с.
- [21] PATURI, F.R.: *Kronika techniky*. Bratislava: Fortuna print, 1993, 654 s.
- [22] PETRÍK, J.: *Z histórie a súčasnosti zlievarenstva na Slovensku. Technické noviny*, č.4, 1995, č.2 a č.5, s.2.
- [23] ŠVIRNAN, L.: *Slávni vynálezcovia*. Mladé letá, 1977, 260 s.
- [24] SHEARMAN, L.R.: *Portable steam engines*. 1995 Shire Publications London, 31 s.
- [25] TIBERSKÝ, J. A kol.: *Priekopníci vedy techniky na Slovensku*. Obzor. Bratislava, 1986, 425 s.
- [26] VASILKO, K.: *História techniky a technológie*. Prešov: FVT TUKE, 1999, 198 s., ISBN 80-7099-416-9
- [27] *Encyklopedia histórie sveta*. Praha: OTTOVO nakladatelství, 2001464 s., ISBN 80-7181-568-3

## OBSAH

<b>ÚVOD</b>	2
<b>1 VÝVOJ POHONOV</b>	4
1.1 Počiatky pohonu	4
1.2 Nový letopočet	25
1.3 Márne snahy o „večný motor“	56
1.4 Ďalší vývoj parného stroja	72
1.5 Počiatky elektriny a turbín	89
1.6 Vývoj bicykla	118
1.7 Pokračuje vývoj pohonov	126
<b>2 VÝVOJ METALURGIE A SPRACOVANIA KOVOV</b>	158
2.1 Počiatky objavu a spracovania kovov	158
2.2 Koniec stredoveku	177
2.3 Čo ďalej s kovmi ?	204
<b>3 HISTÓRIA A VÝVOJ OBRÁBANIA MATERIÁLOV</b>	205
3.1 Niekde v staroveku	205
3.2 Nový letopočet	214
<b>4 Z HISTÓRIE POĽNOHOSPODÁRSKEJ TECHNIKY</b>	248
<b>5 HISTÓRIA MERACEJ TECHNIKY</b>	271
<b>6 HISTÓRIA TEXTILNEJ TECHNOLOGIE</b>	295
<b>7 VÝVOJ PÍSM A KNÍHTLAČE</b>	321
<b>8 OD EMPÍRIE K TEÓRII</b>	345
<b>LITERATÚRA</b>	370

Názov publikácie: **Vývoj techniky a technológie**  
Vydavateľ: Technická univerzita v Košiciach, fakulta výrobných technológií so  
sídлом v Prešove  
Autor: prof. Ing. Karol Vasilko, DrSc.  
Miesto a rok vydania: Prešov, 2010  
Počet strán: 372  
Počet obrázkov: 531  
Náklad: 100 ks  
Poradie vydania: prvé  
**ISBN 978-80-553-0336-9**

**KAROL VASILKO**

# VÝVOJ TECHNIKY & TECHNOLOGIE



**Od staroveku dodnes**

**2010**

**ISBN 978-80-553-0336-9**



