

MODUL 3

NÁSTROJE, STROJE, STROJÍRENSTVÍ

Náplň modulu: *K hmotě neodmyslitelně patří nástroj, který má rovněž své dlouhé dějiny. Člověk bývá definován jako tvor, vyrábějící nástroje, a proto patří neodmyslitelně k němu. Lze takřka říci, že jaký člověk, takový nástroj a naopak. Nástroj si ve svém vývoji a zdokonalujících se formách rovněž vynucuje přiměřenou organizaci a vede nezadržitelně k překonání řemeslnické malovýroby. Strojírenství se pak stává jedním z nejrychleji a nejprogresivněji se rozvíjejícím oborům, který má rozhodující vliv na podobu výrobků, které budou na konci řetězce.*

Přínos: *Znalost dějin nástrojů a strojírenství má krom jiných kladných důsledků i významný efekt kulturně-historický, protože strojírenství či vůbec formy výroby ovlivňují sociologickou tvář místa, kraje i země.*

Předpokládaná doba studia: *I tento modul bude při největší možné stručnosti vyžadovat 2 dvouhodiny přednášek.*

Nástroj - jeho význam a souvislosti

Byl-li jako východisko veškeré technické tvorby zvolen materiál, neznamená to naprosto podcenění dalších složek. Lidský důmysl je bohatě vyzdvižen již připomenutím, že člověk uchopuje materiál svým vědomým důmyslem, mířícím k nějakému finálnímu výrobku. Děje se to v drtivé většině případů nikoliv tak jednoduše, jako když člověk holýma rukama ulomí větev nebo ji zlomí na potřebnou délku. Člověk má obvykle již v nejranějších fázích svého technického tvoření v ruce nástroj. V nástroji je sjednocen materiál, ze kterého je nástroj vyroben, i důmysl, kterým je zhotoven. I nástroj je výrobek, ovšem, jak je zřejmo, výrobek zvláštního druhu. Nástroj vytváří spolu s člověkem, který ho vede a ovládá dokonalou jednotu, jednotu cíle a prostředku. Právě tato neoddělitelná souvislost člověka a nástroje je dobrým důvodem pro to, aby v tomto sloupci bylo zahrnuto i něco, co by snad více patřilo do sloupce „organizace“. Nástroj je neoddělitelný od člověka, který s ním pracuje a přetváří materiál. Je neoddělitelný od uspořádání, v jakém je onen člověk zařazen. Organizace práce, je závislá na použitých nástrojích. Se stoupající specializací nástrojů se vyvíjí i nutnost dělby práce, a naopak - dělba práce umožňuje vznik specializovaných a dokonalejších nástrojů. Nástroje jsou tedy v přímém vztahu ke způsobu organizace výroby v dané epoše a dané společnosti.

Nástroj přechází v dějinách techniky ve **stroj**. Strojem se stává nástroj tehdy, kdy dosáhne určité nesnadno definovatelné míry složitosti, resp. samočinnosti. Stroj je pak skutečností, která ještě výrazněji určuje způsob organizace výroby, než jak ji určoval nástroj. Proto tedy do této kapitoly musí být zahrnuty i tyto složky, sahající jinak snad až do sociologie. Řemeslo, cech, to jsou skutečnosti, představující právě určité sociologické skutečnosti, ba co více, jistý způsob pohledu na svět. Ten však trvá pouze tak dlouho, dokud mu odpovídají nástroje, kterými člověk pracuje. Nástroj a stroj - to je tedy šířeji vzato i organizace, obklopující nástroj a dávající mu místo a život. Nástrojem člověka jsou tedy i způsoby organizace práce, její dělba, její organizační a strukturální podpora. Tomu všemu bude v této kapitole věnována pozornost.

Pravěk

Nástroj je možno si pracovně definovat tak, že je to předmět, (jiným nástrojem) upravený či neupravený, kterým člověk působí na další předmět, resp. materiál, aby mu dal žádoucí tvar nebo vlastnosti, mající zajistit jeho užitnou funkci. Nástroje - jsou podle Benjamína Franklina vlastním poznávacím druhovým znakem člověka, který je „nástroje vyrábějícím tvorem“. Znamená to, že člověk nejen že používá „hotové“ předměty, které mu příroda poskytuje, ale je schopen přírodniny v nástroje přetvářet. Stopy prvních nástrojů bývají spatřovány u hominidů v jižní a východní Africe, kde se nacházejí doklady takové tvorby, pocházející asi z doby 2,5 mil. roků ante. To je čas počátku kamenné doby, která trvala asi do 8000. Zkoumáním hmotné základny je možno dojít k tomu, že člověkem vyráběné nástroje jsou si v jistých údobích a oblastech podobné – nejde tedy o náhodná individuální díla, nýbrž kulturní čin. Jednotnost však není absolutní – na jejím pozadí dochází k variacím a inovacím, fixování účinných změn a ke kombinaci prvků. Musí zde být přítomna jistá představa vyráběného nástroje, rozpracované pazourky svědčí o racionálním rozvrhu a přípravě materiálu. Nástroje vznikají nejen rozbíjením a štěpením výchozího materiálu, ale též jeho spojováním.

Nejranějšími nástroji jsou svým způsobem prosté kameny, kterými člověk hází v naději, že zasáhnou kořist. Poněkud později se objevuje opracovaný pěstní klín. Tyto nástroje jsou opracovávány otloukáním přebytečného materiálu, a nástrojem je onen základní kus (core tools). Tyto nástroje byly rozšířeny od Afriky po Asii. K změně dochází asi kolem 400 000 – člověk začíná používat nikoliv onen opracovaný „základní“ kámen, nýbrž od něj odštípnuté části, které jsou jemnější a ostřejší (flake tools). V této době je možno pozorovat mnohem větší podíl záměrné činnosti, takže výsledný tvar nástroje je mnohem méně výsledkem náhody.

Významnou proměnou v „nástrojové technice“ je závažný zlom, kterým je vystřídání neandertálského typu člověka člověkem cromagnonským. Stalo se to přibližně uprostřed poslední doby ledové. Jejich způsob života se na první pohled příliš nelišil od života neandertálců, žili však ve větších skupinách až o 120 lidech a byli proto schopni organizovaného lovu největších zvířat, jakými byli mamuti. Používali oheň k přípravě masa a krom pazourku vyráběli nástroje z kostí, dřeva, mušlí, kůže. Ryby, menší zvířata a ptáky lovili do sítí. Nástrojem je tedy kámen, kterým člověk otlouká jiný kámen, aby z něj případně udělal rovněž nástroj. Vedle kamene, oddělujícího z obráběného materiálu větší části, je dalším způsobem obrábění jemnější odebírání materiálu, známé dnes nejspíše pod pojmem pilování nebo broušení. Pilník měl mnoho předchůdců - písek, drsné kosti, tvrdou drsnou kůrou, lastury i drsnou kůži mnohých živočichů. Řecký název pro pilník je totožný s pojmenováním jednoho druhu žraloka, jehož kůží se hladilo dřevo i mramor. Zárodky nástroje, připomínajícího pilník, v podobě zhruba upraveného pazourku, se objevuje v mladší době kamenné.

Pro rozvoj techniky byly důležité již ty inovace, které nastaly již v lovectví – oštěp, vrhací hůl, bumerang, prak, bolaso, založené na složitějších dynamických a aerodynamických pohybech, rozvíjejí původní jednoduché umění házet kameny a klacky. Ještě významnější je objev luku, ke kterému došlo v pozdějším období starší doby kamenné. U luku dochází k uvolnění nahromaděné energie, je to tedy svým způsobem první stroj, a nadto i jeden z důležitých obráběcích nástrojů – je to lukový vrták, který slouží i jako zařízení k rozdělování ohně. Je to též první strunný nástroj.

V souvislosti s výrobou nástrojů se objevuje připomínka zvláštní okolnosti. Počet nástrojů, nalézajících se v určité archeologické lokalitě převyšuje přiměřenou potřebu. Z toho pramení zajímavá psychologická spekulace. Podle ní si člověk teprve v procesu určitého

vývoje, tedy po určité době, uvědomil možnost použít jeden nástroj opakovaně. Tato spekulace by vedla ke kurioznímu konstatování, že současný trend, směřující k výrobkům „na jedno použití“ představuje návrat tam, kde již jednou člověk byl.

Starověk

Dokonalost nástrojů a nářadí je důležitým ukazatelem toho, zda již v dané kultuře proběhla agrární revoluce a s ní spojená dělba práce a vydělení řemesel. Před touto změnou byla výroba nástrojů a užitných předmětů „přidruženou výrobou“ všech členů kmene nebo rodiny. Nebylo specialistů, kteří by se soustředili na jeden druh výrobku a mohli tudíž mnohem efektivněji shromažďovat a ověřovat zkušenosti, a na základě své praxe své nástroje i výrobky zdokonalovat. Starověk je obdobím, ve kterém ještě doznívá ona soběstačnost. Zemědělství vytvořilo velkou potřebu keramických nádob, košů a rohoží. Byla to patrně právě všudypřítomnost této potřeby, která působila nikoliv ve směru k specializaci, nýbrž naopak – právě tyto předměty takřka denní potřeby si dlouho vyráběla každá rodina sama. Pokud jde o keramiku, byla to především keramika vyráběná bez použití hrnčířského kruhu. Rohože sloužily jako nejjednodušší stavební materiál, podlahovina i krytina. Podobně se vyráběly dřevěné nástroje, a jednoduchý nábytek.

Vznik řemesel jako samostatných povolání se specializovanými odborníky, pracovními metodami a zkušenostmi byl od 6. tisíciletí ante spojen s kovolijectvím, kovářstvím a kovotepectvím. Základní podmínkou bylo dokončení tzv. druhé společenské dělby práce, která při dostatečném nadvýrobku v oblasti zemědělství a pastevectví umožnila větší směnu produktů. Méně náročné činnosti zůstaly však i nadále na úrovni domácí výroby.

Existence specializovaných řemesel zakořenila a v nálezech se projevuje v oblasti „luxusního zboží“, jako byly nádoby s malbou a glazurou. Domácí keramika se vyráběla prostým modelováním bez použití hrnčířského kruhu, ten byl již znakem řemesla. To však již předpokládá sociálně diferencovanou společnost a nejranější formy obchodu. Od konce 6. tisíciletí bylo možno legovat vyrábět slitiny mědi s olovem či arsenem, od 5. tisíciletí vyráběli tesaři složitější vlečené zemědělské nářadí, jako jsou pluh a smyky. Po vzniku sídlišť městského typu v 5. – 4. tisíciletí se rozvíjí výroba drobných plastik z kamene, což byly především pečetní válečky a amulety, kultovní sochy a reliéfy. Vzniká i šperkařství, které vyrábí ze zlata, stříbra a polodrahokamů šperky.

V kovolijectví se právě v té době objevují nové druhy forem a je vyvinut dodnes používaný způsob lití „na ztracenou formu“. Od 4. tisíciletí se rozšíření hrnčířského kruhu dosvědčuje zvýšenou produkcí hliněných nádob masové spotřeby. Od 3. tisíciletí dochází k soustředování výroby v chrámových a palácových provozech, kde vznikají jednotlivé řemeslné dílny. Jejich výčet je již poměrně bohatý – jsou zde řemesla vyrábějící textilie, mlynáři, koželuhové, košíkáři, valcháři, cihláři, zbrojíři apod. Řemeslníci zde pracují ve skupinách pod vedením předáků, většinou za naturální mzdu. Jejich činnost je dokonale organizována, plánována a kontrolována. Je jim zajišťován přísun surovin a přidělují se jim nástroje. Distribuce výrobků je rovněž centrálně řízena a evidována. Na konci 2. tisíciletí se rozšířením výroby železa dostává do popředí kovářství a kovolijectví. Stále více se objevuje exotický materiál, který je umělecky zpracováván – slonovina, alabastr. Objevuje se i sklářství. V Mezopotámii byl objeven seznam řemesel, ve kterém se objevují i pekaři, rybáři, řezníci, kuchaři a sládci. Spolu s kvalifikovanými řemeslníky pracovali i nekvalifikovaní pomocníci, kterými byly ženy, děti i otroci.

Pro Babylon je charakteristickou formou organizace řemeslníků profesní sdružení. Tento název se snaží respektovat podmínky, ve kterých tyto organizace fungovaly. Slovo „cechy“, které by se snad nabízelo k použití, navozuje představy, související s evropskou středověkou

institucí s tímto názvem, přičemž tato představa by nebyla pravdivá. Byly to palácové skupiny, vedené dozorcem, a neměly naprosto nezávislost středověkých cechů.

Čína je nepominutelná země technického důmyslu. Za nejdynamičtější období v oboru strojího zařízení bývá považována doba válčících států a dynastie Chan, a dále pak dynastie Sungů a Jüanů. V posledních staletích čínské císařské éry však nejen motivace, ale spolu s tím i objevy a užívání důmyslnějších nástrojů vůči hledně ustoupily. Jedním z nejvýznamnějších a pro budoucnost nesmírně perspektivních vynálezů je klika. Je to nejjednodušší převodový mechanismus, převádějící přímočarý pohyb na otáčivý. Prvním místem. Na kterém se vyskytla bylo z mlýnského kamene ručního mlýnku vzhůru mířící držadlo. Držadlo mířící do strany, předcházející fáze, umožňuje pouze vratný, ne celý otáčivý pohyb. Postupně se objevuje i skutečná klika, hodná svým tvarem toho jména – tedy se skutečným pravoúhlým zahnutím a nasazením na nějaké ose. Tak byly poháněny fukary, dále rumpály, vytahující vodu ze studny či narubanou horninu z dolu. Klika byla využita i u složitých textilních strojů, jako byly kolovrátky nebo stroje na navíjení hedvábí.

Velmi užitečným pneumatickým strojem byl již zmíněný fukar, což je, technickým jazykem řečeno, ručně poháněný lopatkový ventilátor, působící vzduchový proud ve kterém se oddělují plevy od zrní. Dalším strojem, který byl také vynalezen již za dynastie Chan je krabicové dmychadlo vzduchu do pece. I toto dmychadlo pracuje s využitím kliky, převádějící otáčivý pohyb od vodního kola na pohyb „pístu“, který způsobuje žádoucí efekt. Používalo se v pecích, ve kterých se redukovala ruda, ať již na bronz nebo železo.

Některá období jsou charakteristická nikoliv zaváděním nových, nýbrž zdokonalováním již známých strojů. Tak je tomu s obdobími Sung a Jüan. V této době se zdokonalilo využívání vodní síly ve výrobních procesech. I když se vodní kolo používalo k zavlažování již před začátkem našeho letopočtu, největší význam mělo až při využití v metalurgii a jiných nezemědělských oborech. Je dokonce možné, že vodu používali Číňané k pohonu strojů dříve než zvířata. Oněmi „průmyslovými“ využitími bylo především pohánění dmychadla vzduchu do redukční nebo tavící pece a pohon mlýnského kola. Třetí hlavní použití se objevilo v pohonu pákových bucharů, případně stoup, určených k drcení železné rudy nebo loupání zrna. Kládlo bylo na jednom konci dvojzvrtné páky a do výše bylo zvedáno výčnělky na hřidel otáčejícího se vodního kola. Je to systém, který byl mnohem později využíván i v Evropě. O vodním kole je pojednáno ve sloupci 3, zde je možno pouze připomenout tu zvláštnost, že v Číně bylo nejprve a velmi dlouho používáno vodní kolo horizontální, a to i tam, kde musel být pohyb převáděn soukolím na horizontální hřidel, a kde by bylo tedy vhodnější kolo vertikální.

ANTIKA

I v antice, tedy v Řecku i Římě bylo základním zaměstnáním obyvatelstva zemědělství. To bylo také nejvýznamnějším zadavatelem na výrobu nářadí ke všem pracem, které přicházely v daných podmínkách v úvahu. V nejstarších dobách si každý zemědělec vyráběl své nářadí a předměty denní potřeby sám. Tak tomu bylo i v homérské době. Pouze kováři, zlatníci a kameníci jsou samostatnými povoláními. Je to tedy období, ve kterém se řemesla teprve oddělují od zemědělství. Lze také říci, že v té době ještě tělesná práce, a tedy ani vykonávání řemesla, není považováno za nedůstojné a otrocké. Ostatně i bůh Hefaistos je u Homéra líčen jako kovář. Postupně zde dochází k proměně, která poznamenala celou antiku – práce (krom zemědělství) je spojena s pojmem *banausos*, což znamená cosi jako duchaprázdňá, nízká otročina. Toto hanlivé označení se ovšem vztahovalo pro otroky a drobné řemeslníky, kteří se sami účastnili výroby, a nikoliv na velké výrobce, na které pracovali v dílně otroci. Společensky patřili do jedné řady s řemeslníky jako *démiurgoi* i malíři a sochaři, stejně jako lékaři, tanečníci a hudebníci. Postavení řemeslníků ve společnosti

se časem mění, například v Solónově době se jejich vliv i společenské postavení zlepšuje. Počet otroků, zaměstnaných v nějaké řemeslné dílně činil patrně několik desítek. V hellénistickém Egyptě ovšem existovaly větší podniky v rámci královského monopolu na výrobu některého zboží, jako byl olej, papyrus apod. V řemeslech, která bychom dnes označili za „umělecká“ byl ovšem podíl otrocké práce vždy menší než u řemesel více „banausních“.

Řím

Hospodářský rozvoj Říma i Itálie podporoval rozmach řemeslné výroby, a specializované řemeslo již vyrábělo zboží v ekonomickém smyslu toho slova, tedy výrobky určené pro obchod. Již v královském Římě se dle pramenů vyskytují sdružení ševců a koželuhů, barvířů, valchářů, kovářů, zlatníků, tesařů, kameníků a hrnčírů. Bylo již známo několik míst, na kterých se rozvinula tradice výroby některých předmětů dobré kvality. Byla to například kovová zrcadla z Praeneste. Některé obory navazovaly na rozvinutou řemeslnou výrobu Etrusků – a to zejména ve stavební technice, metalurgii, keramice a textilní výrobě. Spojení s etruskými řemeslníky neustalo ani poté, kdy se Řím od etruské nadvlády osvobodil. Římané byli schopni navazovat na podněty, které k nim přicházely z jiných kulturních oblastí, a zde to byl především vliv Řecka. Kvalifikovaní řemeslníci přicházeli do Říma i z východních končin Středomoří poté, když se i tam římská říše rozšířila. V posledních stoletích republiky se počet řemeslníků ve městech výrazně zvětšil a rozkvět zaznamenala zejména řemesla umělecká, vyrábějící luxusní zboží. Samostatní řemeslníci působili na venkově, své řemeslníky měly i velkostatky, k soběstačnému opatrování všech potřeb. Důležitý podíl na rozkvětu výroby měl stát – kamenické dílny, doly a podobné provozy zajišťovaly státní zakázky. Ohrožení římských řemeslníků začal postupně představovat konkurenční svět římských provincií – byla to například gallská keramika. Ve větší míře zde totiž byli zastoupeni svobodní pracovníci, mající zájem na kvalitě svých výrobků a obohacující výrobní postupy ze zdrojů místní kultury. Ne náhodou tedy pocházejí významná technická zlepšení právě z provincií – kolečkový pluh z Raetie, žací stroj z Galie. Státní podnikání se postupně více a více soustřeďovalo do řady dalších odvětví, jako byly výrobní zbraní a vojenské výstroje, tkalcoven či barvíren. Postavení řemeslníků na sklonku římské říše přestávalo být více a více svobodné – řemeslníci byli připoutáni ke svým řemeslům dědičně a vcelku začalo řemeslo upadat.

Řemeslnické nářadí

Základní nářadí dostalo svůj tvar namnoze již ve starověku, a pokud jde o antiku, nelze říci, že by se jeho technickému zdokonalování věnovalo příliš pozornosti.

Při zpracování kovů se používala kladiva, kleště, kovadliny, vzduch do ohně ve výhni se vháněl měchy. Kámen se opracovával dlátem a paličkou, existovaly nástroje na broušení a hlazení kamene. Používán zde byl i lukový vrták. Rovněž v obrábění dřeva již můžeme vidět paletu základních nástrojů – sekeru, pilu, poříz, hoblík, ve 2. stol. ante se rozšířilo používání soustruhu, poháněného šlapadlem přes šňůru na vřeteno. Velká pestrost byla v tesařských a zednických nástrojích, byla to směrnice, vodováha, olovnice, krokvice. K natírání se používalo štětek ze štětín různé hrubosti. Pro stavebnictví, velmi významný obor, kolem kterého bylo vždy třeba mnoho dalších technických zařízení, měl velký význam zvedací mechanismy. Nejjednodušším z nich byla páka, kladkostroj či jeřáb, který je vyobrazen na jednom římském reliéfu. Je pro antiku příznačné, že nejsložitější stroje byly používány v oborech, které bychom nazvali obory nevýrobními.

Stroje divadelní se nazývaly mícháné a daly název celé vědě mechanice jsou známy zejména z dob římských. Váže se k němu výraz *deus ex machina*, což byl technicko-dramatický fenomén, v antice často používaný. Divadelní stroj zde byl ve formě zdviže či jeřábu, s jehož pomocí se na jeviště snesl herec, představující některého boha. Ten rozuzlil

zápletku, která byla v rovině dramatu odehrávajícího se na prknech jeviště neřešitelná. Ekkykléma byla pohyblivá vysouvající se část jeviště, na které se odehrávaly scény, které se v dramatu odehrávaly uvnitř nějakého paláce nebo chrámu. Schody Charónovy byly poměrně jednoduché, protože to byl pouhý žebřík, po kterém vystupovaly postavy jakoby ze záhrobí, resp. podsvětí. Zvuk hromu se generoval házením kamení do bronzové nádoby nebo na napnutou kůži. Blesky obstaralo mávání pochodněmi nebo pozlacený dřevěný blesk ve tvaru, v jakém se maluje dodnes. V římských amfiteátrech, ve kterých se spouštěly nebo vyzdvihovaly celé scény. Složité byly výtahy na vyzdvihování šelem.

Stroje válečné jsou prvním viditelným dokladem historického sepětí války a techniky. Největším válečným problémem byly takřka odjakživa hradby. S počátkem hradem začínají i dějiny bojících strojů, kterými byl v Řecku beran. Byl to v podstatě na provazcích zavěšený vodorovný trám, který měl na jednom konci bytelnou kovovou beraní hlavu. Ta sloužila jednak jako zpevnění, okování a zvětšení účinnosti tohoto jinak celkem jednoduchého zařízení. Jiným zařízením, které bylo užíváno ke stejnému účelu byl jakýsi obrovský vrták. Zcela novou kvalitu přinesl na přelomu 5. a 4. století vynález a zavedení metacích strojů. Ty byly založeny buď na zkrucování provazců, prken či zvířecích šlach.. latinsky se souhrnně nazývaly tormenta od latinského torquere – kroutit. Největší přínos je zde připisován Archimedovi, který zde v době obléhání Syrakús Římany využil všech svých znalostí mechaniky a metací stroje učinil mnohem účinnější. Metací stroje byly v zásadě založeny buď na principu luku – ballista nebo praku – onager.. Nutno ovšem říci, že starověký prak fungoval jinak než dnešní. Kámen nebyl z praku vymršťován gumovým provazcem, nýbrž odstředivou silou, která po uvolnění roztočeného kamene jím pohybovala ve směru tečny. Tímto posledním strojem byly metány především velké kameny pod úhlem 45, z ballist šípy a oštěpy. Aby se tyto stroje mohly přiblížit k hradbám, byly opatřeny jednoduchými koly v pojízdných věžích a proti střelám obránců byly kryty pevnou střechou, různými kryty a zástěnami.

Nástroje a stroje ve středověku

Nejsložitějšími mechanickými systémy, které byly ve středověku vyrobeny, byly stroje hodinové. Vodní hodiny znala již doba bronzová. Řekové je však zlepšili přidáním regulačních zařízení a mechanickým převodem, který umožňoval sledovat čas na stupnici nebo ciferníku. Zde je tedy počátek budoucích hodin mechanických. Arabové od 6. stol. napojovali na tyto hodiny složitá zařízení, která uváděla každou hodinu do pohybu figurky nebo panenky. Celkem je hodinový stroj problémem přesné výroby součástí a tedy i dokonalých nástrojů a měření. Hodiny představují systém, který musí doslova i přeneseně „jít“. Mechanické hodiny nelze zjistit dříve, než před rokem 1340, pružinové již 1450. Mechanické hodiny vyžadovaly zcela novou kvalitu mechanické zručnosti, a právě v jejím objevení se je velmi významný vedlejší doslova strojírenský prvek významu výroby hodin.

Počátky strojírenství v Anglii a u nás

Počátek průmyslové revoluce byl v Anglii je spojen s vynálezy tkacích a spřádacích strojů a s rozmachem textilního průmyslu. Tyto „nové stroje“ vykazovaly určitý stupeň mechanizace, byly, jak tkalcovský stav Johna Kaye (1733), tak spřádací stroj „jenny“ Jamese Hargreave (1764), byly však odkázány na pohon lidskou silou. Další textilní stroje byly již konstruovány pro pohon motorem (zvířecí nebo pohon vodním kolem). Byly to jednak spřádací stroje Richarda Arkwrighta (1769), zejména pak mechanické stavy Edmunda Cartwrighta (1785). První parní pohon přádelny s 19 mechanickými stavy poháněnými pomocí transmisního hřídele, vybavené dvojčinným Wattovým parním strojem, byl úspěšně

praktikován roku 1785. Stále však trvala disproporce mezi nedostačující výrobou příze nezbytné pro další zpracování tkaním, což bylo inspirací dalším vynálezům. Teprve roku 1825 nebo 1830 byl vyvinut automatický spřádací stroj zvaný „selfaktor“, za jehož vynálezce je považován další z Angličanů Richard Roberts. Roku 1800 sestrojil na základě starších řešení první programovaný mechanický stav Francouz Joseph Marie Jacquard pracující na principu děrných štítků se zakódovaným vzorem tkaní vzorovaných tkanin. V českých zemích se nové techniky objevovaly s různě velkým zpožděním od doby zavedení vynálezu v Anglii. V oblasti přádelnictví byl první „jenny“ uveden do provozu roku 1786 v přádelně v Červeném Hrádku, kontinuální stroj „water“ instaloval roku 1797 ve Verneřicích továrník Leitenberger. Podobné stroje s mechanickým pohonem se na počátku 19. století vyráběly na Liberecku. Roku 1825 pracoval v Liberci stav Jacquardův. První selfaktor byl instalován v Proseči nad Nisou roku 1836. První mechanická tkalcovna se 120 stavy pracovala od roku 1825 v Lochovicích.

Podíl železa a oceli se při konstrukci strojů stále zvyšoval. Klíčové součásti strojů (z počátku kotel, válec a táhla) vyžadovaly užití pevných a tuhých materiálů, pokud možno přesně opracovaných. Zhotovování parních (ale také textilních) strojů vedlo ke vzniku strojírenství, založeného na zpracování kovů na nových typech strojů vyvinutých k těmto účelům.

Při vzniku strojírenství sehrál parní stroj jednu z klíčových rolí. Potřeba výroby jeho válce vedla ke konstrukci prvního novodobého obráběcího stroje – vyvrtávačky válců, jejíž řešení se lišilo od starších systémů vyvrtávání dělových hlavních. Na vývoji stroje se podílelo několik vynálezců (Smeaton 1765 až Wilkinson 1775). Vyvrtávací vřetena byla uložena v ložiskách, pohonem bylo ještě vodní kolo. Konstrukce parních strojů a dalších strojních zařízení vyžadovala řádový vzrůst nároků na přesnost a kvalitu jejich součástí. K vyvrtávacímu stroji přibyla záhy vrtačka a soustruh. Tato zařízení byla ve svých primitivních formách známa již po staletí. Vřetenový soustruh vznikl kolem roku 1570, když obrobek upnutý k vřetenu byl k rotačnímu pohybu přiváděn šlapadlem, tak měl soustružník obě ruce volné k práci. Tímto způsobem byly rotačně opracovávány dřevěné předměty. Soustružené kovové předměty byly drobných rozměrů a z lehce obrobitelných kovů – jejich užití bylo většinou v hodinářství. Teprve roku 1800 zkonstruoval Henry Maudslay soustruh, který přinesl nové řešení nejen užitím litinové konstrukce stojanu, opatřené dostatečně dlouhými přesně opracovanými vodíci plochami pro pohyb suportu poháněného šroubem. Na tomto soustruhu bylo možné vyrábět dlouhé šrouby o požadovaném stoupání závitu výměnou vodíciho šroubu a změnou rychlosti převodu pohonu. Tým vynálezce vyvinul roku 1802 hoblovku k obrábění rovinných ploch. V stejném roce vypršela ochranná lhůta pro Wattův patent k výrobě parních strojů, což mělo za následek prudký zájem po základních kovoobráběcích strojích, užívaných pro stavbu prakticky všech strojů. Další zlepšení soustruhu zavedením automatického posuvu řezného nástroje zavedl Matthew Murray. Užití hoblovky pro opracování rovinných ploch bylo dlouho omezeno pouze na Británii. V ostatním světě (Evropě a severní Americe) se tyto plochy opracovávaly ručně. Ve Spojených státech sice již roku 1818 sestrojil Eli Whitney další ze základních kovoobráběcích strojů – frézku, k jejímu rozšíření a užití v průmyslu došlo až od poloviny 19. století. Pro britské majitele strojíren první poloviny 19. století bylo typické užití parního stroje při výrobě jak strojů, tak nových strojů parních. Vznikaly také soustruhy speciální, jejichž vývoj přinesl rozvoj železnic a výroba železničních vozů. Soustruh pro opracování železničních dvoukolí a zalomených lokomotivních os vyvinul počátkem 40. let Angličan Nasmyth. Ve stejné době postavil Švýcar Johann G. Bodmer karuselový soustruh pro obrábění rozměrných obrobků. Takřka současně je vyřešeno obrábění obrazy (Roberts 1830), při němž se pohybuje řezný nástroj, zatímco obrobek se posunuje vůči němu vždy o sílu třísky. Také přesné obrábění broušením, původně při užití kotoučů s přírodního kamene, po roce 1880 nahrazených kotouči z karbidu

křemíku (karborundum). Vývoj dalších speciálních obráběcích strojů souvisí se zavedením sériové výroby zbraní. Roku 1855 vynalezli Američané Elisha Root a Samuel Colt revolverový soustruh, na kterém bylo možné po seřízení vyrábět přesné zaměnitelné součásti i prostřednictvím nekvalifikovaných dělníků. Použití těchto strojů se rychle rozšířilo do všech výrobních odvětví, vyrábějících drobné součásti ve velkých množstvích, jako byla výroba šicích strojů (Isaac M. Singer), psacích strojů (Remington), jízdních kol, zemědělských strojů atp. Do Evropy se revolverové soustruhy rozšířily až po roce 1875. Ve Spojených státech vynalezl Christopher Spencer roku 1873 automatický soustruh vzniklý z revolverového soustruhu mechanicky ovládaného vačkami podle stanoveného programu.

Stejně jako v Anglii a ostatních průmyslově vyspělých zemích je i v českých zemích vznik strojírenství spojen s tovární výrobou textilu. Jeho počátky sahají do posledního desetiletí 18. století, kdy se v obou rodičích textilních průmyslových centrech – na Liberecku a na Brněnsku objevily první strojnické dílny na výrobu mechanických spřádacích strojů. Zakládání textílek a strojnických mechanických dílen bylo ve velké většině dílem podnikatelů a mechaniků, kteří přišli ze západní Evropy nebo přímo z Anglie. Ti stavěli stroje buď vlastní konstrukce, jako např. Dán Rige spřádací stroje pro přádelnu bavlny Johanna J. Leitenbergera ve Verneřicích, nebo kopírovali cizí stroje jak tomu bylo u skupiny podnikatelů brněnských, podle dokumentace ilegálně získané hrabětem Hugo Salmem v Anglii. Hrabě Salm založil roku 1811 v Doubravici n. Svit. první strojírnou, roku 1825 strojírnou při železárnách v Blansku. Roku 1821 vznikla strojírna Heinricha A. Luze, pracující nejprve ve Šlapanicích, později přenesená do Brna z níž vznikla později První brněnská strojírna. Další strojírnou přenesl Bracegirdle z Jablonce n. Nisou, případně založili L'Huilier a další. Od 30. let 19. století se zformovala třetí průmyslová oblast v Praze, když sem bratři Thomasové přenesli jednu ze svých strojíren z Liberce a vznikly zde postupně strojírnny další (Evans a Lee, Breitfeld a Frenzel, Ringhoffer a jiní). Výrobní program tvořily textilní stroje, parní stroje a zařízení pro železářny.

Potřeba kvalitních konstrukčních materiálů při stále vzrůstající spotřebě vedla postupně k technologickým změnám při jejich výrobě. Kovové materiály postupně vytlačily užívání dřeva, které bylo od samého počátku užíváno při stavbě strojů. Hlavním konstrukčním materiálem se stalo železo (ocel, litina).

Systematické nahrazování lidské práce prací strojů se tedy objevilo v Anglii v průběhu průmyslové revoluce. Zde je také možno vidět počátek strojírenství, které bývá definováno jako odvětví výroby, zaměřené na výrobu strojů. Strojírenství je tedy obor, ve kterém stroje vyrábějí stroje. Již tím je do značné míry definována odlišnost tohoto oboru od předcházející řemeslné výroby, při které vyrábí řemeslník pomocí nástrojů výrobek. Sám stroj není obvykle myslitelný jako jednotlivý výrobek, nýbrž vždy je předpokládáno, že daných strojů bude pracovat větší množství. To vytváří předpoklady i tlak na strojírenství, aby si osvojilo způsoby sériové výroby. Požadavky přesnosti a hospodárnosti pak vedou jednoznačně k tomu, aby i obvykle vyráběné textilní stroje, jejichž stavebním materiálem bylo z velké části dřevo, byly samy ze železa. Tím se objevuje strojírenství, jako obor těsně napojený na metalurgii a významným způsobem definující požadavky na nové materiály a slitiny. Rychlořezná ocel je prvním z velkých převratů v tomto oboru, a po něm půjdou v rychlém sledu materiály ještě způsobilější. Vlastním hybatelem je jednak poptávka po látkách a polem tedy textilní průmysl. Vedle této potřeby je to velmi citelně vnímaný nedostatek možností vyrábět přesné válcové plochy, které vyžaduje rodičí se parní stroj. Pokud jde o textilní průmysl, byl vývoj k potřebě strojů dán několikerým vyřešením úzkého profilu a jeho opětovným objevením se jinde. Růstu produkce látek bránilo spřádání příze, které mělo podstatně nižší produktivitu než tkaní. Pro jednoho tkalce muselo roku 1733, kdy John Kay

zdokonalil tkalcovský stav, spřádat přízi až 12 přadláků. Tento nepoměr vyřešil vynalezením spřádacího stroje v roce 1769 Richard Arkwright, a v městě Cromptonu založil strojní přádelnu - první skutečnou továrnu na světě. Když pak v roce 1779 zveřejnil Samuel Crompton svůj vynález spřádacího stroje, který vyráběl stejně kvalitní přízi jako ruční přadláci, vznikl nadbytek kvalitní příze a brzdou výroby se stalo tkaní. Tuto nerovnováhu vyřešil na čas mechanický tkalcovský stav z roku 1784, zkonstruovaný Edmundem Cartwrightem. Toto vyrovnávání je hlavním hybatelem technického pokroku dodnes a ve strojírenství zejména.

První textilní stroje měly ovšem ještě dřevěné součásti, což budilo zdání, že strojírenství může vzniknout na základě řemeslné výroby tradičních dřevěných strojů (mlýnských strojů, kolovrátků, ručních tkalcovských stavů). Brzo se však ukázala všestranná nedostatečnost mistrů jednotlivých řemesel. Muselo se tedy zrodit strojírenství, nový výrobní obor, který shromáždil a integroval veškeré dosavadní znalosti lidstva o výrobě strojů a o zpracování materiálu, především kovu a dřeva. K tomu bylo třeba navíc přidat ve velmi krátké době nové pracovní postupy a nové pracovní prostředky. Tato nutnost vysvitne jasně, když si přečteme zápis anglického továrního mistra R. Reynoldse, který popisuje ruční zabrušování vnitřní plochy válce:

„Dnes jsme začali s broušením litého válce s vnitřním průměrem 28 palců dlouhým 9 stop... Jelikož jsme několikrát pozbývali naděje a zakazili jsme již tři válce, byli jsme na velkých pochybnostech, zda se nám vůbec někdy podaří šťastně dokončit práci tak rozměrnou. Jenže šachta byla v nesnázích a proto jsme to zkusili ještě jednou a chválíme Prozřetelnost boží, že nám dílo po těžkých zkouškách pomohla dokončit.

Když jsme válec pevně uložili na továrním dvoře na dva trámce, musel mistr slevač olova vlít do válce, obedněného s obou stran prkny, 300 liber olova. Ten olověný blok jsme připevnili ke dvěma železným držadlům a ke dvěma řetězům, za každý táhlo šest silných a svižných chlapíků. Potom jsme nalili do válce olej a nasypali smírek, a pohybujece olověným blokem sem a tam i zároveň jím točice, brousili jsme tak dlouho, až byl povrch válce hladký. Tak jsme pracovali s velkým úsilím a houževnatostí, dokud nebyl válec tak pravidelný, že se největší průměr lišil od nejmenšího jen o tloušťku mého malíčku. Měli jsme se proč radovat, dosáhli jsme největšího úspěchu, o jakém jsme kdy slyšeli.“ Jsou známy stesky Jamese Watta, že u válce o průměru asi 460 mm byly rozdíly v okrouhlosti až 10 mm. Když prý inženýr Smeaton viděl ten výrobek, prohlásil zcela malomyslně, že „nejsou ani nástroje, ani řemeslníci, kteří by mohli vyrobit stroj tak složitý se žádoucí přesností. Sám se pak pokusil o výrobu vyvrtávacího stroje, ovšem bez valného úspěchu. To čekalo teprve na Wilkinsona a celou velkou revoluci v tomto oboru, která se v Anglii odehrála v létech 1800-1840

Použitím obráběcích strojů přešlo strojírenství v Anglii do konce 18. stol. na tovární bázi a konstituovalo se jako průmyslové odvětví. Dodávalo stroje nejen pro textilky, ale postupně stále více i pro doly, hutě a další průmyslová odvětví. Zvýšená výroba začala klást zvýšené nároky na dopravu, což vede k budování železnic a rozvoji paroplavby. První pracovní stroje se začaly zavádět i v zemědělství.

Vznik strojírenství v Anglii

Velká proměna, kterou je nástup strojírenství je spojena s poměrně nemnoha postavami. Vše začíná asi tím, že se koncem 60. let 18. století usadil v Londýně mladý truhlář Josef Bramah, který si záhy získal proslulost nejen jako řemeslník, ale i jako vynálezce. Mezi jeho vynálezy patří i dodnes používaný a oblíbený splachovací záchod. Kolem roku 1784 vynalezl patentní zámek, umožňující dva miliony kombinací. Bezpečností tohoto zámku si byl jist tak, že vyvěsil za okny tento nápis: „Kdokoliv dokáže tento zámek

otevřít, dostane 200 guineí“. Mnoho lidí se o to neúspěšně pokoušelo, ale až teprve po šedesáti letech se to jednomu Američanovi po šestnáctidenní námaze podařilo. Zámek takových kvalit ovšem krom důmyslu vyžadoval i pečlivé zpracování svých součástí. Na to si Bramah sám netroufal, a najal na to osobu, která podle doporučení jediná byla schopna takový úkol zvládnout. Byl to Henry Maudslay. V té době byl zaměstnán ve woolwichském arsenálu, kde nastoupil jako „prachová opice“, tzn. plnil patrony střelným prachem. Bramah ho pozval na poradu, ale když ho viděl, bylo mu trapno o věci mluvit. Maudslay byl totiž tehdy osmnáctiletý mladík, který nebyl ani řádně vyučen. Svým neopakovatelným technickým důvtipem rozptýlil však všechny pochybnosti a stal se u Bramaha v 19 letech vrchním mistrem a pracoval u něj pak 8 let. Poté si zařídil vlastní dílnu a právě v ní pomáhal zhotovovat strojní zařízení pro první seriovou výrobu. Prvním sériově vyráběným výrobkem byla kladkostrojová pouzdra pro anglické královské námořnictvo. Stroje navrhl mladý inženýr M.I. Brunel, kdysi poručík ve francouzském královském loďstvu. Pro své royalistické smýšlení uprchl z Francie do Spojených států, ale tam byl získán generálním inspektorem britské admirality S. Benthamem, též znamenitým technikem a vynálezcem. Britské loďstvo spotřebovalo tehdy na 100 000 kladkostrojů ročně a jejich výrobou bylo zaměstnáno šest loděnic. Brunelovo zařízení bylo tak racionální, že vyrobilo ročně 130 000 kladkostrojů s pouhopouhou jedenáctinou toliko zaučených dělníků.

O Maudslayově dílu zásluhy svědčí slova, která pronesl Maudslayův znamenitý žák Nasmyth: *"Každý kus svědčil o tom, že jej měl v práci Maudslay, a to jak dokonale provedení všech součástek, tak jejich účelnost ukazují jeho ruku ve všem všudy"*.

Velkým Maudslayovým dílem je především zdokonalený soustruh. Ten se teprve Maudslayovou zásluhou stal strojem k přesnému obrábění rotačních ploch. Dosáhl toho tím, že zkombinoval suport s vodící šroubovou tyčí a výměnnými převody. Nejde ani zde snad o to, že by Maudslay tyto části zcela vynalezl. Dokázal je však zdokonalit a účelně zkombinovat. Tak například suport se objevoval již na starých dřevěných soustruzích, ale byl pevně přišroubován k dřevěnému loži. Teprve na přesném kovovém loži, umožňujícím přesný posun, bylo možno užít vodící šroubové tyče a koordinovaným posunem suportu s otáčením vřetene a obrobku bylo možno řezat přesné závity. Tím mohl především skončit závitový chaos, kdy závity byly jiné v každé vesnici, a při rozdělování jakéhokoliv stroje musely být všechny šrouby přesně označeny, protože se žádný nehodil jinam než tam, odkud pocházel (tento stav ovšem pouze v poněkud menší míře trval až do normalizace). Stojí zato připomenout zde čtyři technologické a konstrukční maximy tohoto muže, které neztratily nic na své platnosti:

Především si jasně představte, co chcete udělat, a jistě se vám to podaří
Prohlédněte si pořádně materiál, se kterým pracujete
Zbavte se každé zbytečné libry materiálu
Dělejte všechno co nejjednoduší

V Maudslayově díle dále pokračovali jeho tři nejlepší žáci: Clement, Nasmyth a Whitworth. Joseph Clement vystřídal několik řemesel, než se věnoval strojírenství. Nejprve začal s výrobou šroubů pomocí vlastnoručně vyrobených závitnic. Nějakou dobu potom pracoval u Bramaha a poté přešel k Maudslayovi. Zdokonalil Maudslayův šroubořez, ale nejvíce se proslavil velmi dokonalým hoblovacím strojem na kovy.

James Nasmyth se vyznačoval uměleckou povahou, zděděnou po otci. Ten byl znamenitým skotským malířem krajiny. Milejší než malířství mu však od mládí bylo všechno, co souviselo se strojírenstvím. Už jako chlapec dokázal kreslit a zhotovovat modely strojů. Jeho splněným snem bylo „pracovat v dílně slavného mistra Maudslaye“. Dopracoval se dokonce

na Maudsloyova asistenta a pod jeho vedením zdokonalil různé stroje. Později si zařídil vlastní závod a tam se zrodil jeho velký vynález – parní buchar. I ten měl již své předchůdce jak v Jamesi Wattovi, tak v geniálním Leonardu da Vinci. Skutečný parní buchar sestrojil r. 1806 Deverell a r. 1836 byl patentován jistému Cavému. Nasmyth byl k této staronové úloze vyzván stavitelem parníku „The Great Britain“, který potřeboval hřídel pro lopatková kola. Nasmyth nato vzal blok a asi za půl hodiny měl ve skice celý mechanismus, stalo se to 24. listopadu 1839. Lodní společnost se však mezitím rozhodla místo lopatkových kol použít šroub, takže parní buchar zůstal zatím na papíře. Asi za rok nato navštívil Nasmythovu strojírnu majitel železáren v Creuzotu ve Francii, Schneider, se závodním inženýrem Bourdonem. Nasmyth nebyl zrovna přítomen a jeho zástupce jim ukázal náčrtek kladiva. Ten si dva Francouzi pečlivě obkreslili... Asi za dvě léta Nasmyth návštěvu oplatil a všiml si znamenitě vykované klikové hřídele lodního stroje. Zeptal se závodního inženýra, čím tento výrobek vykovali. „Vaším parním bucharem!“ odpověděl na to on. Nasmyth patrně nenesl tuto krádež duchovního vlastnictví nijak těžce, protože patřil patrně ke generaci, které ještě na technice a jejím rozvoji záleželo víc než na nějakém duchovním vlastnictví.

Joseph Whitworth dovršil slávu maudslayovské školy i anglické obráběcí strojírenské techniky. Stanovil dvě základní pravidla stavby strojů:

***přesná rovina
přesné měření***

Joseph Whitworth byl považován až za fanatika přesnosti, což se vztahovalo jak k rovinám, tak k měření. Měřidla zdokonalil tak, že dokázal měřit s přesností na čtyřicetitisícinu milimetru. Svou činnost korunoval zavedením jednotné stupnice šroubových závitů. Ta byla v Anglii přijata r. 1860 a odtud se rozšířila dále do světa. Whitworthem ovšem končí doba, kdy se nové stránky strojírenství píší v Anglii. Štafeta pokroku se v tomto oboru od poloviny 19. století stěhuje do USA. Tam dochází také k rozhodujícímu zlomu, který spočívá ve vyměnitelnosti součástek. Avšak popořádku.

Thomas Jefferson, vyslanec Spojených států ve Francii se v rámci svého diplomatického poslání zajímal o všechno, co by mohlo mít význam pro Spojené státy. Do této kategorie informací bezesporu patřilo zjištění, že výrobce mušket Le Blanc vyrábí muškety do té doby nevídaným způsobem. Puškaři nevyrábějí muškety po jedné od začátku do konce, nýbrž vyrábějí jednotlivé součástky, které jsou vyrobeny tak přesně, že je z kterýchkoliv z nich možno konečný výrobek sestavit. To bylo v roce 1785. Píše že usiloval o to, aby tohoto muže získal pro Spojené státy, ale ten se mu někde ztratil. Le Blancova myšlenka však nebyla tak originální, aby se nezrodila i v hlavách dvou Američanů. První z nich, **Eli Whitney**, nar. 1765 se měl původně stát farmářem, jak bylo v rodině a v kraji zvykem. Technické nadání ho však nasměrovalo jinam – otevřel si kovodělný závod, a když vydělal dost peněz, dal se zapsat na univerzitu. Po absolvování se měl stát domácím učitelem kdesi na jihu Unie, avšak na daném místě už učitele měli. V celkem překerní situaci se na něj na statku vdovy po generálovi usmálo štěstí zvláštním způsobem. Uslyšel tam totiž, že by mohl úžasně zbohatnout člověk, který by vynalezl stroj na vyzrňování bavlny. Byla to velice neproduktivní ruční práce, která podvazovala netušené možnosti bavlnářské produkce Ameriky. Eli Whitney se rozhodl, že tuto výzvu přijme a roku 1793 se mu to podařilo. Šlechtná hostitelka však o vyzrňovače mluvila kudy chodila, což způsobilo, že se začala napodobovat a pokoutně vyrábět, takže si Eli mohl pouze s velikými nesnáze zajistit patent alespoň v některých státech Unie. Jeho továrna na výrobu vyzrňovačky mu shořela, kongres mu odmítl prodloužit patent a Eli byl opět na holičkách. Tu se na něj usmálo štěstí ještě podruhé, když dostal 1798 státní zakázku na výrobu 15 000 pušek, které vyráběl jako Francouz Le Blanc – seriově z vyměnitelných součástek. Podobně poskytla vojenská správa dobrý obchod Simonu Northovi, kdy smlouva

na dodání 20.000 pistolí obsahuje tuto klauzuli: „Součásti pistolí musí souhlasit tak, aby se kterékoliv část nebo součástka jedné pistole hodila do kterékoliv jiné pistole z celé 20.000 dodávky“. Pokračovatelem v díle Whitneyově a Northově byl Samuel Colt. Narodil se 1814 a původně se vyučil lodníkem. Jednou na cestě do Indie přišel na myšlenku revolveru, kterou si dal r. 1836 patentovat. Zřídil si továrnu na výrobu revolverů, a to opět na bázi seriovosti a zaměnitelnosti součástí. Ještě větší důraz než jeho předchůdci kladl na přesnost opracování a normalizaci. V tom je pak jeho hlavní přínos pro strojírenství.

Výroba obráběcích strojů ve Spojených státech byla orientována na tamní specifické podmínky. Mezi přistěhovalým obyvatelstvem nebylo mnoho lidí, kteří by měli řemeslnickou nebo vůbec kovodělnou kvalifikaci. Obráběcí stroje byly proto koncipovány tak, aby je mohl obsluhovat i naprosto nekvalifikovaný pracovník. Je to především revolverový soustruh, ale i další stroje, mající vykonávat práce, které se v Evropě konaly ručně. Americká automatizace je tedy z nouze ctnost.

Počátky českého strojírenství

I v českých zemích začala průmyslová revoluce v textilním průmyslu, avšak asi o 30 let později než v Anglii. První významná strojní přádelna byla založena 1797 Johannem Josefem Leitenbergerem ve Verneřicích na liberecku, stroje anglické konstrukce postavil dánský mechanik Rige, který měl anglické školení. Na brněnsku, které bylo největším střediskem vlnářské výroby v RU, vznikla 1796 společnost pro obstarání spřádacích strojů. Když se minula cílem snaha vychovat domácí mechaniky, rozhodli se opatřit stroje přímo v Anglii. To se podařilo 1801 mladému hraběti Hugo Salmovi a podnikateli Vincenci Petkemmu, kteří podloupně vyvezli z Anglie výkresy spřádacích strojů a podle nich byly vyrobeny spřádací stroje pro první strojní přádelny. V počátcích výroby textilních strojů se objevují mechanici ve službách textilních podnikatelů ale i mechanici samostatně podnikající. Mezi nimi převažují cizinci: Němci, Holanďané, Britové a Belgičané. Šlo o malé dílny, případně o manufaktury. První skutečnou strojírnou založil 1811 hrabě Salm v Doubravici nad Svitavou pod názvem "SAG". Tato strojírna zaměstnávala 30 zručných mechaniků, byla však založena předčasně a do 2 let byla zrušena pro nedostatek zakázek. Teprve potřeba vyrábět parní stroje vedla k vzniku prvních strojírenských továren v českých zemích. K tomu došlo ve 20. letech 19. stol., tedy 30-40 let po Anglii a 10 let po Německu. První parní stroj byl zaveden 1817 v Offermanově továrně v Brně. Byl dovezen z Anglie a měl výkon 10 HP. V Čechách byl první parní stroj instalován v Kittlově přádelně bavlny v Markvarticích na liberecku. Měl výkon 6 HP, byl dovezen z Německa a instaloval jej anglický mechanik Edward Thomas. Přejít od řemeslné výroby k továrně lze doložit na vývoji mechanické dílny přádelny ve Šlapanicích u Brna. Byla založena 1814 pro výrobu a údržbu spřádacích strojů mateřské továrny a ve strojírenskou továrnu ji kolem 1822, kdy začala vyrábět své první parní stroje, přeměnil Heinrich Alexander Luz. Během dvacátých let se v menší strojírně začala měnit dílna holandského mechanika Petra Huberta Comotha v Brně, která byla založena 1816.

Vedle výroby strojů pro textilní průmysl bylo druhým kořenem strojírenství železářství, kde majitelé textilních podniků objednávali strojní součásti. Na výrobu strojní litiny se během první pol. 19. stol. zařídila většina železáren v českých zemích a řada z nich si vybudovala mechanické dílny. V nich se vyráběly strojní součásti a příležitostně stavěly i celé stroje. Z několika těchto dílen vznikly skutečné strojírenské továrny. První a nejvýznamnější z nich byla strojírna salmovských železáren v Blansku, založena 1825. navázala na výrobu strojní litiny v blanenských železárnách i na Salmův pokus se strojírnou SAG. Na Moravě existovaly

na konci 20. let 3 strojírny, které lze označit za továrny. všechny byly výsledkem domácího vývoje výroby strojů.

Organizační změny v průmyslu

Technická normalizace

Racionalizace strojírenské výroby probíhající od sklonku 19. stol. měla dvě navzájem se podmiňující a doplňující složky - vědeckou organizaci práce a technickou normalizaci.

Technickou normalizací rozumíme tvůrčí proces, jehož výsledkem má být dosažení toho, aby se stejná opakující se úloha ve výrobě řešila stejným způsobem, a to technicky i ekonomicky nejvýhodnějším.

Počátky normalizace navazují na zkušenosti a tradice výroby munice pro palné zbraně, u nichž vyměnitelnost byla základní podmínkou použitelnosti. V dějinách by bylo ovšem možno jít ještě dále - jsou to i samy míry a váhy, představující určitou normalizaci a standardizaci jednotek, ale vůbec výrobu pro vojsko, od luků, vozů, kopí, rozchodu kol, uniforem atd. Jistý druh normalizace představuje i písmo. V 18. stol. se přikročilo v omezené míře k vyměnitelnosti součástí palných zbraní, (ve Francii, USA a Rusku), v USA došlo v první pol. 19. stol. k výraznému prosazení technické normalizace v sériové výrobě palných zbraní, a to u Whitneyových ručnic, Northových a Coltových revolverů. V Českých zemích se vyměnitelnost poprvé objevuje 1868 při výrobě zemědělských strojů. V kusové výrobě se součásti přizpůsobovaly individuálně jedna druhé, v sériové se ujal měření kalibry, vynalezenými fanatikem přesnosti Josephem Whitworthem. Kalibry měly své předchůdce v šablonách a měrkách, které si pořizovaly strojírny, když získaly na nějaký výrobek větší zakázku. Normální kalibry nahrazovaly protikus, a dělník lícoval součásti na základě citu. Od 90. let 19. stol. se rozmáhá používání mezních kalibrů, kde je jakákoliv subjektivita vyloučena. používání mezních kalibrů se ovšem šířilo pro jejich nákladnost (dvakrát dražší než normální) velmi pomalu. Předpokládala také existenci lícovací soustavy. Zvláštním případem byla normalizace závitů, která se v Anglii zásluhou Whitworthovou prosadila nedlouho po předložení 1841.

Lícovací soustava u nás vydána 1931, odborník ze Škodových závodů profesor N.N. Savin, který provedl revizi německé normy DIN – byla tak zajištěna vyměnitelnost součástí, vyrobených v různých podnicích. Mezinárodní normy ISA začaly být uplatňovány v roce 1935.

Obráběcí stroje	
1568	Francouzský inženýr a matematik Jacques Besson vynalézá soustruh na řezání závitů
Kolem 1760	Angličan John Smeaton vynalezl vodou hnaný stroj na vyvrtávání válců parního stroje
1776	Britský inženýr John Wilkinson zdokonalil Smeatonův stroj do podoby přesné vyvrtávačky
1794-1800	Anglický mechanik Henry Maudslay přivedl dosavadní nedokonalý soustruh k dokonalosti - lože, pohyblivý suport, pohyb nože kolmo i rovnoběžně s osou.
1795	Anglický inženýr a technik Joseph Bramah postavil první hydraulický lis
1818	Američan Eli Whitney sestrojil jednoduchou frézku s otáčejícím se nástrojem
1836	Skot James Nasmyth vynalezl hoblovku
1839	Skotský inženýr Nasmyth načrtl konstrukci parního bucharu
Kolem 1842	V americké továrně Pratt und Whitney vyvinut revolverový soustruh s několika nástroji v otáčivé hlavě
1862	Joseph R. Brown zdokonalil frézku do podoby univerzální frézky
1900	Americký inženýr Frederick. W. Taylor vyvinul rychlořeznou ocel
1914	Němečtí metalurgové vyvinuli slinutý karbid, dosahující tvrdosti diamantu
1926	Ve firmě Krup v Essenu použit slinutý karbid v nástrojích
Od 1950	V USA začíná vývoj počítačově řízených obráběcích strojů

Několik lehkých kontrolních otázek:

1. České slovo „mašina“ pochází
 - a) z řečtiny
 - b) z ruštiny
 - c) z angličtiny
2. Který finální výrobek znamenal největší přínos pro vzrůst přesnosti výroby ?
 - a) výroba mečů a brnění
 - b) výroba zemědělského nářadí
 - c) výroba mechanických hodin
3. Který obor byl první, který vyžadoval seriovou výrobu strojů?
 - a) textilní výroba
 - b) zbrojní výroba
 - c) výroba kočárů
4. Který výrobek byl předmětem první velkoseriové výroby?
 - a) lodní lanové kladky
 - b) kapesní hodinky
 - c) Coltovy revolvery