

Interreg



Rakousko-Česká republika

Evropský fond pro regionální rozvoj



STROJÍRENSTVÍ

Strojní inženýrství 1



EVROPSKÁ UNIE

OBSAH

1. Technologické postupy.....	2
1.1. Požadavky na technologický postup	3
1.2. Členění technologického postupu	5
1.3. Technologická dokumentace.....	6
2. Tepelné zpracování.....	16
2.1. Žihání.....	17
2.2. Kalení a popouštění	18
2.3. Chemicko-tepelné zpracování.....	19
2.4. Cementování.....	20
2.5. Nitridování.....	20
2.6. Tepelně-mechanické zpracování.....	22
3. Technologické postupy s podporou počítače.....	23
3.1. Souvislost mezi jednotlivými oblastmi CA technologií.....	24
3.2. Druhy CAD systémů	26
3.3. Rozhraní mezi počítačem a člověkem	27
4. Tváření za studena.....	30
4.1. Postupy tváření.....	30
4.2. Tváření za studena	31
4.3. Pěchování za studena.....	33
4.4. Válcování.....	34
4.5. Tažení drátů a profilů	35
4.6. Protlačování	36
4.7. Ražení.....	36
4.8. Kalibrování.....	36
4.9. Volné kování.....	37
4.10. Zápustkové kování	38
4.11. Plošné tvárnění	39
4.12. Stříhání.....	39
4.13. Ohýbání.....	40
4.14. Tažení	41
4.15. Tlačení	41

1. TECHNOLOGICKÉ POSTUPY

Vyhotovení součástí a jejich montování do celků probíhá určitými činnostmi. Tyto činnosti nazýváme výrobní proces. Výrobní proces je nutné organizovat, plánovat, řídit, realizovat a kontrolovat. Výrobní proces má tři fáze: přípravnou, realizační a kontrolní. Ve výrobním procesu je nutné účelně stanovit pořadí jednotlivých činností.

Stanovení jednotlivých činností pro výrobu a montáž součástí nazýváme výrobní postup. Jestli je ve výrobním procesu zahrnutá činnost pracovníka v průběhu výrobního procesu, nazýváme tento předpis pracovním postupem.

Pro vypracování technologických i pracovních postupů musí mít technolog následující podklady (Janáč, A. a kol., 1994):

- výrobní výkresy součástí, výkresy sestav, podsestav a celých strojů,
- údaje o počte obráběných kusů výrobků, včetně náhradních dílů,
- údaje o základních fondech dílny,
- údaje o výrobním nářadí dílny,
- údaje o celkové organizaci dílny, provozu, podniku,
- údaje o možnostech kooperačních vztahů s jinými dílnami, závody, podniky,
- normy a normativy (ISO, STN, ČSN, EN, oborové, podnikové) a technickými podmínkami výrobku,
- specifické požadavky objednatele.

Výrobní postup, jako základní předpis pro výrobní proces, musí splňovat tyto požadavky (Janáč, A. a kol., 1994):

- Určit výchozí materiál nebo polovýrobek co do jeho rozměrů a vlastností s ohledem na hospodárnost.
- Určit jednotlivé operace a jejich správný sled.
- Určit technologické základní ustanovení výrobku.
- Určit a předepsat operace technické kontroly před důležitými technologickými operacemi i konečnou operaci.
- Určit univerzální, speciální i jednoúčelové stroje. Jednoúčelové stroje se v ředstihu musí nechat konstruovat a vyrobit.
- Určit speciální i komunální nástroje a měřidla.
- Určit speciální i jednoúčelové přípravky. Speciální přípravky musí v předstihu obstarat, jednoúčelové přípravky se musí v předstihu zkonstruovat a vyrobit.
- Stanovit optimální technologické podmínky, údaje o tepelném zpracování, povrchových úpravách.
- Určit a předepsat pomocné operace.
- Neporušit technologický a pracovní postup BOZP.

- Dbát, aby výrobní postup nebyl v rozporu s ekologickým aspektem.
- Dát podklady pro technicko-ekonomické ukazovatele.

I.I. Požadavky na technologický postup

- Splnění funkčních požadavek daných specifikací, technickým výkresem a normami
- Výroba součástky s minimální pracností a minimálními náklady na výrobu
- Maximálně využití kapacity navrhovaného výrobního zařízení
- Dodržení bezpečnosti práce technologickým a pracovním postupem
- Respektování ekologických aspektů

Přístupy návrhu TD

Vyhotovení technologické dokumentace:

- Člověkem – technologem bez využití PC techniky
- Počítačovou podporou
- PC podpora návrhu TD:
- Princip skupinové technologie (variantní přístup)

Editace už vyhotoveného technologického postupu pro součástku s podobnými vlastnostmi

- Exaktní princip (generativní přístup)

Matematické modelování a generování vždy nového techn. postupu bez ohledu na podobnost

Podle použitého druhu výroby dělíme technologické postupy na:

- rámcový (i pracovní) technologický postup (malosériová a kusová výroba) – obsahuje jen seznam operací bez dalšího členění
- podrobný (nebo pracovní) technologický postup (sériová a hromadná výroba) – obsahuje všech 12 náležitostí uvedených výše. Postup musí být podrobný, protože to vyrábějí pracovníci s nejnižším platovým zařazením.

Manuální přístup návrhu TD

Využití katalogů nástrojů, přípravků, měřidel, různých tabulek, diagramů, nomogramů na určení řezných podmínek

Technolog zpracovává:

- Informace o součástce
- Informace o strojním zařízení a pomocném vybavení
- Informace o výrobních možnostech (technologické metody, tepelné zpracování, upínání)
- Na základě poznatků, znalostí a zkušeností technologa
- Techn. postupy pro podobnou součástku se mohou odlišovat pořadím operací, použitými výrobními zařízeními, ale i řeznými parametry
- Malé firmy s malým sortimentem vyráběných součástek.

PC podpora návrhu TD

Optimalizace činností

- Urychlení návrhového procesu
- Objektivizovat a flexibilním způsobem reagovat na měnící se požadavky zákazníka a na měnící se podmínky ve výrobě
- CAPP (Computer Aided Process Planning)
- PC podpora následovných oblastí:
- Součástkové rozborů – analýza výrobního profilu
- Technická příprava výroby výrobních pomůcek
- Zpracování databáze v předvýrobních etapách
- Archivaci digitalizované technologické dokumentace
- Zastavování, editace a modifikování textů v technologických postupech
- Výpočet řezných parametrů

Výhody:

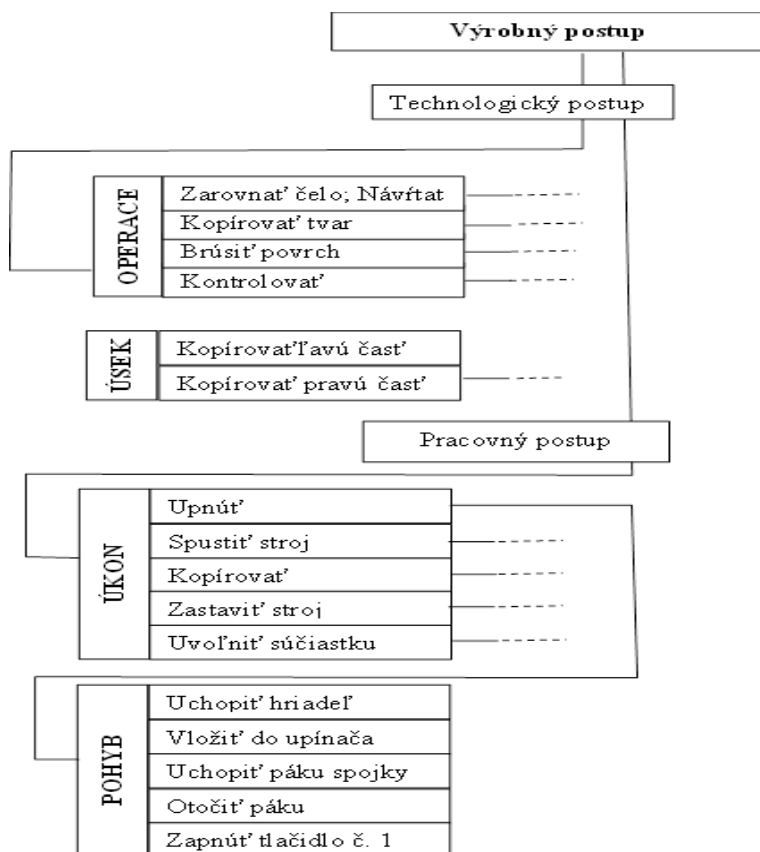
- Vyšší produktivita technologů
- Racionalizace návrhu TD
- Větší srozumitelnost TD
- Standardizace TD
- Objektivizace technologického postupu
- Optimalizace TD
- Zkrácení průběžných časů na návrh TD
- Redukce zaváděcího času
- Integrace s aplikačními programy a systémy
- Větší flexibilita na změnu vyráběného sortimentu
- Větší flexibilita na změnu požadavek zákazníka

Ekonomické výhody:

- Zvýšení využití kapacity existujících strojních zařízení,
- Redukce nástrojů, přípravků a pomůcek

- Redukce špatných výrobků
- Redukce dílenských nákladů
- Redukce pracnosti
- Lepší využívání materiálu

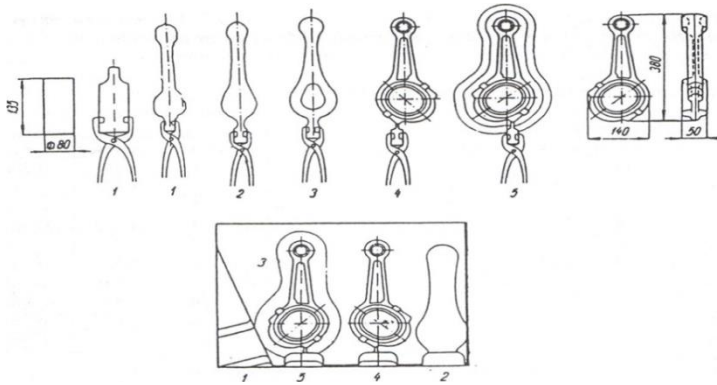
1.2. Členění technologického postupu



Technologické postupy pro zápusťkové kování

Pro výrobu výkovku technologický postup zohledňuje ekonomicky a technicky nejlepší postup výroby. Tento postup zohledňuje postup základních prací, operací, úseků, úkonů a pohybů potřebných na výrobu výkovku. Dále musíme zohlednit další údaje pro normování a výrobu. Jedná se o údaje týkající se materiálu, polotovaru, strojů, nástrojů, přípravků, náradí atd.

Obrázkový technologický postup kování ojnice na bucharu

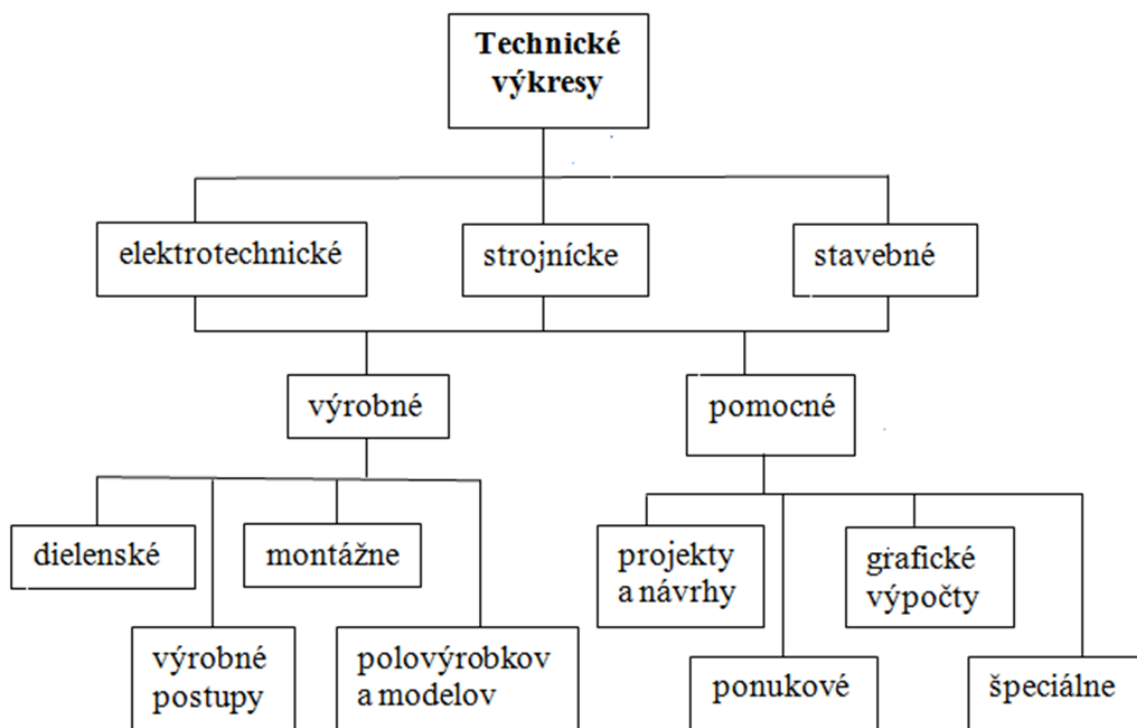


1.3. Technologická dokumentace

Technický výkres:

- Základní složka grafické dokumentace
- Vyhotovení podle platných techn. norem
- Použití v elektrotechnice, strojírenství, stavebnictví

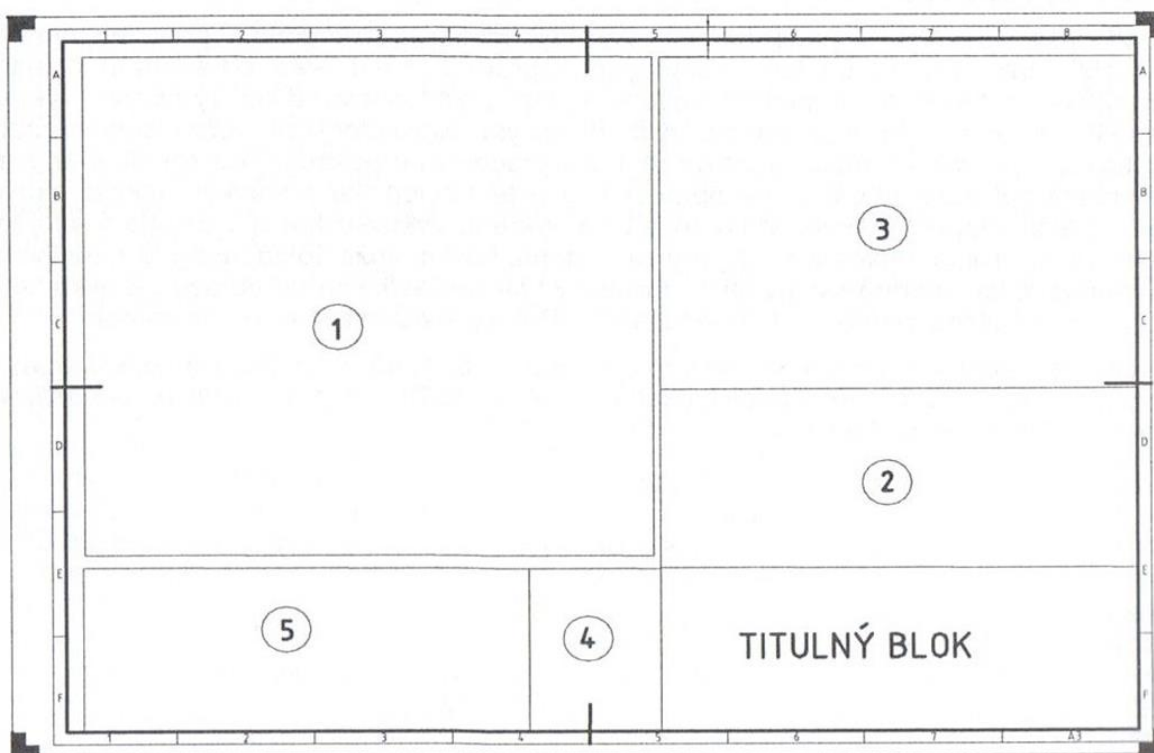
Rozdělení technických výkresů



Formáty výkresů:

Označení formátu hlavné	Formát výkresu (orezaná kópia)	Orezaný originál (matrica, rematrica)	Výkresový list (nejmenší dovolený rozměr)
A0	841 x 1189	851 x 1199	857 x 1205
A1	594 x 841	604 x 851	610 x 857
A2	420 x 594	430 x 604	436 x 610
A3	297 x 420	307 x 430	313 x 436
A4	210 x 297	220 x 307	226 x 313

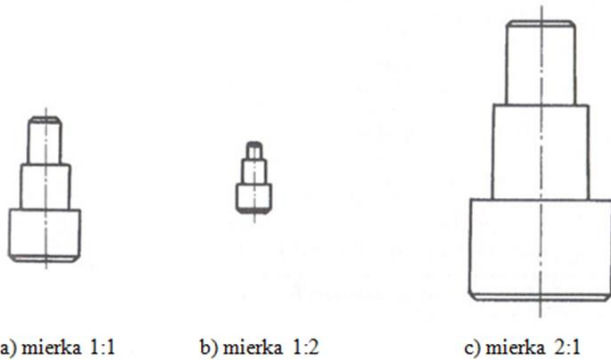
Uspořádání plochy výkresového listu



Měřítko:

Určené poměrem délkového prvku předmětu zobrazeného na výkresu ke skutečnému délkovému rozměru toho samého prvku předmětu







1. měřítko pro skutečnou velikost - 1:1
2. měřítko pro zvětšení - 2:1
3. měřítko pro zmenšení - 1:2



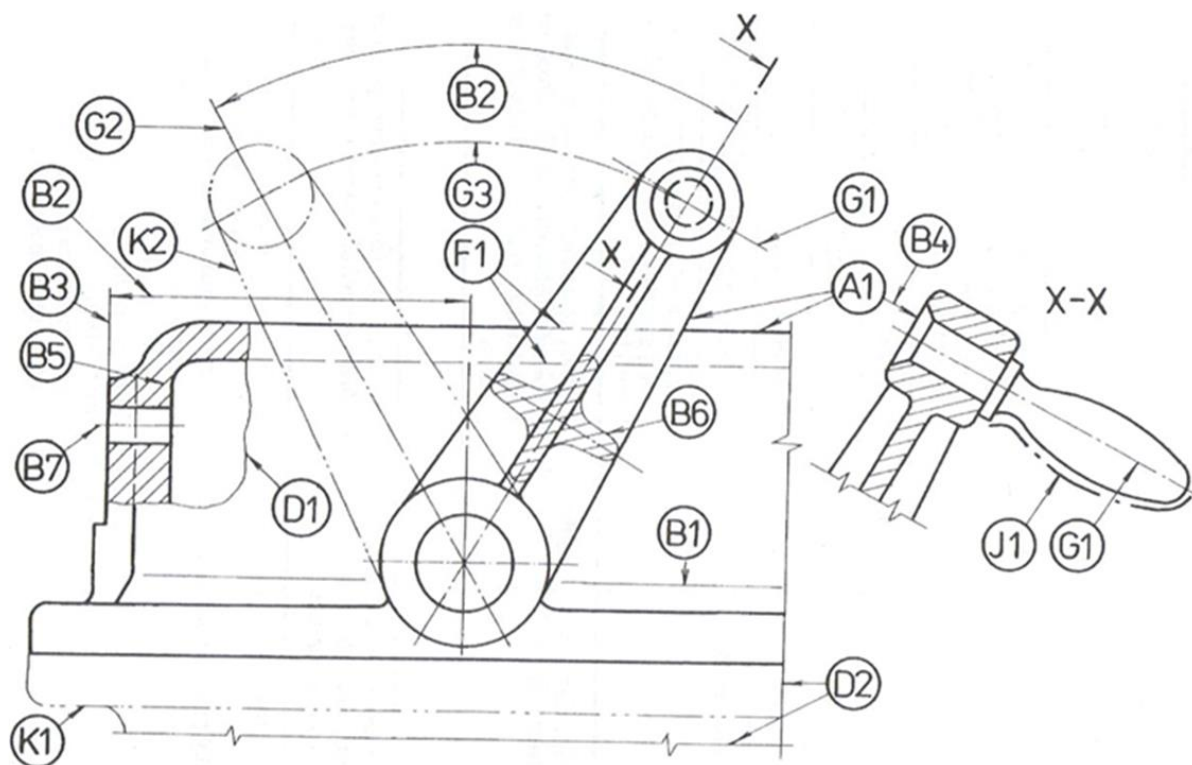
Mierka strojníckych výkresov			
Skutočná veľkosť	Mierka zväčšenia	Mierka zmenšenia	
1 : 1	2 : 1	1 : 2	1 : 200
	5 : 1	1 : 5	1 : 500
	10 : 1	1 : 10	1 : 1000
	20 : 1	1 : 50	1 : 5000
	50 : 1	1 : 100	1 : 10000

Typy čár na technických výkresoch:

číslo	zobrazenie	popis
01.1	Súvislá tenká čiara 	Používa sa na kreslenie: -pomocných kótovacích čiar, kótovacích čiar -odkazových čiar, šrafovaní -ohraničenia podrobností -čiar sietí
	Súvislá tenká čiara kreslená od ruky 	Používa sa na: -prednostne na ručné zobrazenie ohraničenia prerušovaných alebo čiastočných pohľadov -na zobrazenie rezov a prierezov, ak to nie je os súmernosti
	Súvislá tenká čiara so zalomením 	Používa sa na: -zobrazenie ohraničenia čiastočných alebo prerušovaných pohľadov -zobrazenie rezov a prierezov, ak ohraňčením nie je os súmernosti

01.2	Súvislá hrubá čiara 	Používa sa na kreslenie: -viditeľné obrysy a hrany, -čiar chrbtov závitov s plnou hrúbkou profilu -zobrazenie grafov, diagramov -zobrazenia osových dĺžok priečkovej konštrukcie
02.1	Čiarkovaná tenká čiara 	Používa sa na: -zakrytie hrán a obrysov
02.2	Čiarkovaná hrubá čiara 	Používa sa na: -označenie úpravy povrchu
04.1	Čiara tenká s dlhou čiarou a bodkou 	Používa sa na: -osi, čiary na označenie súmernosti -rozstupová čiara ozubení -rozstupová čiara dier
04.2	Čiara hrubá s dlhou čiarou a bodkou 	Používa sa na: -označenie rovín rezu -deliacich rovín v obrazoch rezov
05.1	Tenká čiara s dlhou čiarkou a dvoma bodkami 	Používa sa na kreslenie: -označenie susediacich súčiastok -ťažiskové osi -posunuté tolerančné pole

Praktické příklady použití:



Základné typy čiar	Hrúbka čiary	Používanie a označenie čiary
01 súvislá	hrubá	viditeľné obrysy a hrany A1
	tenká	neurčené hrany B1, pomocné a kótovacie čiary B2 až B4, vyznačenie materiálu súčiastky v reze B5, obrysy vykreslených prierezov B6, krátka os B7
01 súvislá od ruky	tenká	prerušenie obrazu D1
01 súvislá zo zalomením	tenká	prerušenie obrazu D2
02 čiarkovaná	tenká/hrubá	zakryté obrazy a hrany F1
04, 08, 10 čiara s dlhou čiarkou a bodkou	hrubá	vyznačenie vynášaných častí alebo plôch J1
	tenká	os rotácie G1, os súmernosti a stopy rovín súmernosti G2, trajektórie G3 a stopy rovín rezov
05, 09, 12 čiara s dlhou čiarkou a dvoma bodkami	tenká	obrysy susedných predmetov K1, krajné polohy pohyblivých častí K2, ťažnice, východzie alebo konečné obrysy

Požadavky na výrobní výkres:

- Výroba co nejmenšího počtu
- Uspořádání – hlavní sestava, sestavy, podsestavy, výkresy součástek
- Titulní blok (popisové pole)
- Soupis položek (kusovník)

Titulní blok:

POL.	NÁZOV	ČAP	Č.VÝKRESU	Č. NORMY	MATERIÁL	J.	MNOŽ.	HMOTN(kg)
VYPRACOVAL:		PUKANCOVÁ	SYMBOL	ZMENA			DÁTUM	PODPIS
KONTROLOVAL:		BENCZY						
MATERIÁL	DÁTUM VYHOTOVENIA							
11 600		15.3.2010	STREDNÁ ODBORNÁ ŠKOLA AUTOMOBILOVÁ COBURGOVA 7859/39, 917 02 TRNAVA					
ROZMER, POLOTOVAR, NORMA			KR 55x70					
HODNOTENIE STAVU POVRCHU		VŠEOB.TOLERANCIE	NÁZOV ČAP					
METÓDA ZOBRAZOVANIA		MIERKA	ČÍSLO VÝKRESU					LIST CISLO:
		1:1	10-01					
								1

Soupis položek:

185							8,5
POZ.	NÁZOV - ROZMERY	VÝKRES - NORMA	MATER.	J.	MN.	kg	

Výkresy součástek:

- Samostatný výkres pro každou součástku
- Vhodné zobrazení a tvar součástky
- Kótování součástky
- Drsnost a úprava povrchu
- Tepelné zpracování
- Tolerance rozměrů a geometrických tvarů
- Technické požadavky v popisovém poli
- Tabulka údajů u výkresů ozubených koles
- Popisové pole včetně rozměrů polotovaru, druhu materiálu, údaje pro kontrolu, výrobu a zkoušení materiálu

Výkresy polotovarů:

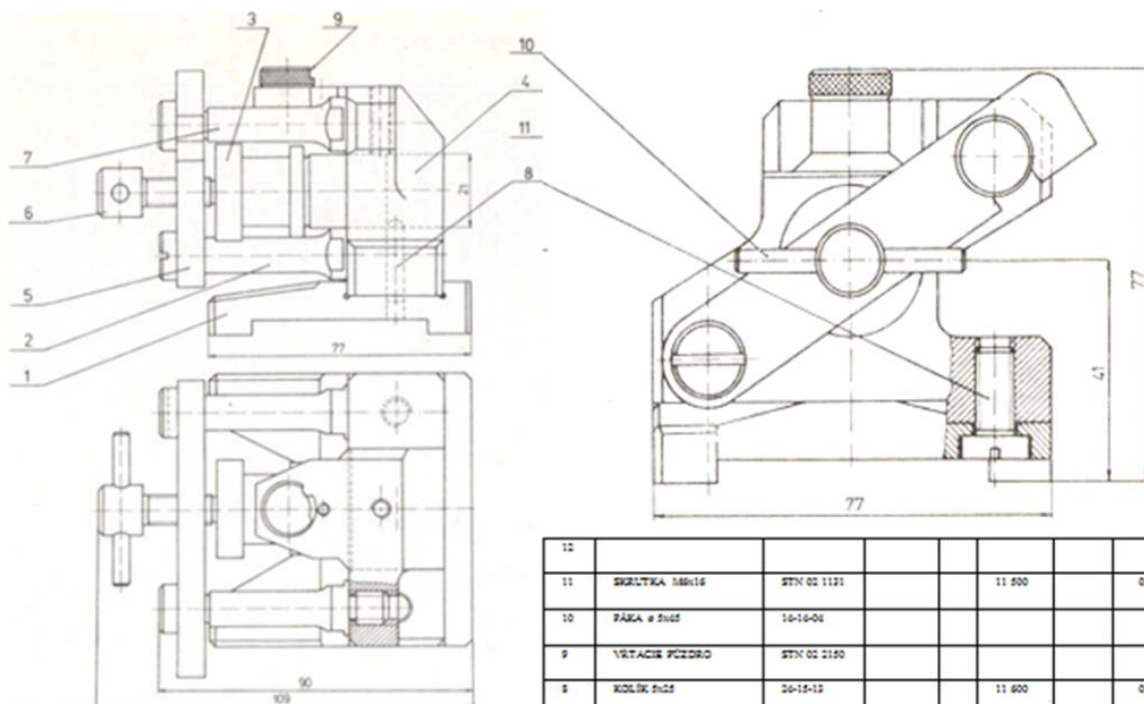
- Druh materiálu
- Vlastnosti a jakost materiálu
- Prvotní stav materiálu – ve formě polotovaru
- Číslo příslušné normy

Výkresy odlitek:

- Údaje pro vyhotovení postupového výkresu modelu a pro práci v modelárně a slévárně
- Technologická správnost při odlévání
- Správně navržený materiál
- Jednoduchá kontrolovatelnost rozměrů a jednoduchá obrobiteľnosť
- Požadovaný stupeň přesnosti (nad popisovým polem)
- Konstrukční a technologické zaoblení
- Připojení stěn, díry v odlitcích

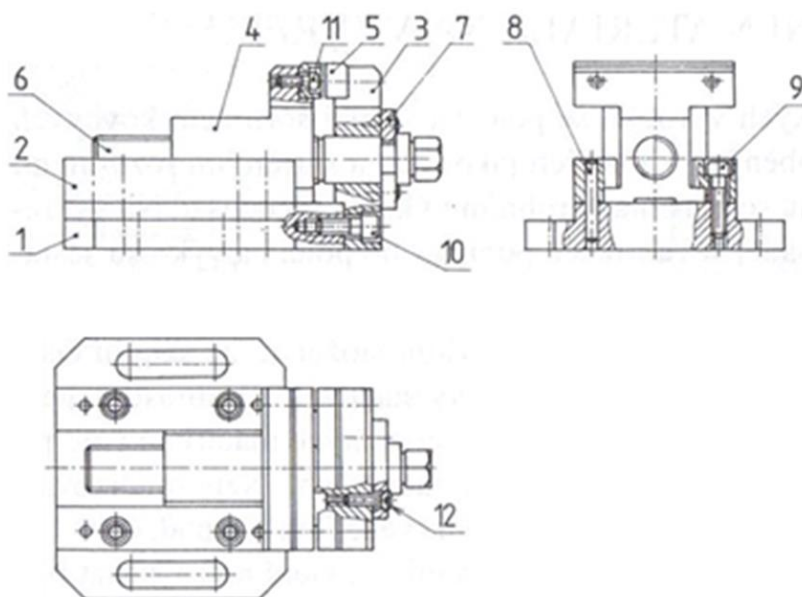
Výkresy sestav:

- Zobrazení montážní jednotky ve smontovaném stavu
- Kótování hlavních rozměrů
- Pozice součástek montážní jednotky
- Údaje o lepených, pájkovaných a jiných spojích



12							
11	SKRUTKA M8x16	STN 02 1121			11 600		0,28
10	PÁKA s špič	16-16-06					
9	VSTACÍ PÍZDRO	STN 02 2150					
8	KOLEK s špič	26-15-13			11 600		0,09
7	SKRUTKA M10x6S	28-22-16					
6	POHYBOVÁ SKRUTKA	12-08-08					
5	DOŠKA 9x15	16-05-06					
4	TEKESO	11-02-87					
3	VSTAVNO	17-20-60					
2	SKRUTKA M10x2	12-12-15					
1	ZÁKL. PLOŠTĚKOVNO	11-17-06				1	
Pop	NAZOV-ROZMĚR	C. VÝK- Č. NDR	MATER	Z	MATER	SKT	SKROT

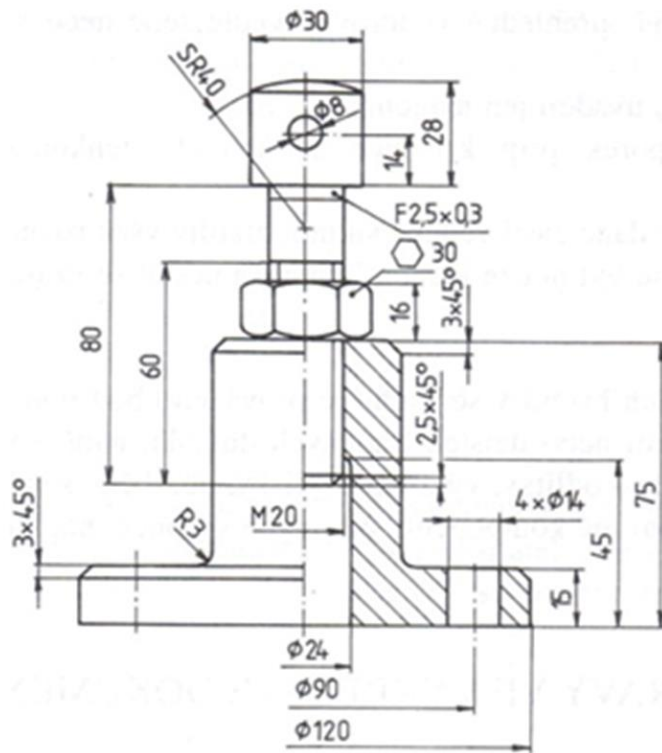
Popisové pole



Poz	NAZOV-ROZMER	POLOTOVAR	POZNAMKA	MNOŽ JEDN
	Č.VÝK-Č.NORMY	MATER		
1	ZAKLADNÁ DOSKA A4-TK-09.02-01-1.C	STN 45 6522 13 373.0		
2	VODIACA LIŠTA A4-TK-09.02-02-1.C	STN 45 5520 11 500.0		
3	PRITLAČNÁ DOSKA A4-TK-09.02-03-1.C	STN 42 5520 11 343.0		
4	POSUNOVAC A4-TK-09.02-04-1.C	STN 42 5522 11 343.0		
5	UPÍNACIA ČELUST A4-TK-09.02-05-1.C	STN 42 5510 11 500.0		
6	VRETENO A4-TK-09.02-06-1.C	STN 42 5522 11 343.0		
7	ZAMOK VRETENA A4-TK-09.02-07-1.C	STN 42 5520 11 343.0		
8	VALCOVÝ KOLIK ISO 2338- A4-m6x28 A4-TK-09.02-08-1.C	STN EN 22 338		
9	SKRUTKA A M5x20 A4-TK-09.02-09-1.C	STN 11 043		
10	SKRUTKA A M6x20 A4-TK-09.02-10-1.C	STN 11 043		
11	SKRUTKA A M6x10 A4-TK-09.02-11-1.C	STN 11 043		
12	SKRUTKA M4x12 A4-TK-09.02-12-1.C	STN EN ISO 2010		

Popisové pole

Zverák (súpis položiek)

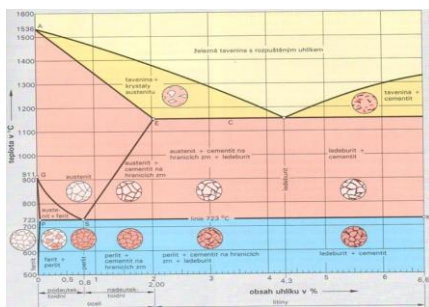


2. TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ

Technologické postupy tepelného zpracování kovů, používané v technické praxi můžeme rozdělit do čtyř základních skupin:

- Postupy, při kterých získáváme v porovnání s výchozím stavem rovnovážnější struktury. Používají se s různými konkrétními cíli při všech kovových materiálech. Tyto postupy označujeme souhrnným názvem žíhání.
- Postupy, při kterých vytváříme struktury o určitém stupni nerovnováhy. Co se týče ocelí, tyto postupy se skládají z kalení a popouštění. U hliníkových litin (příp. dalších slitinách neželezných kovů) se používá postup nazývaný vytvrzování.
- Postupy, při kterých dochází kromě strukturálních změn i k změnám chemického složení povrchových vrstev materiálu t. j. chemicko – tepelné zpracování.
- Postupy, při kterých se dosahuje požadovaná změna vlastností kombinací intenzivního tvárnění a tepelného zpracování, t. j. termomechanické zpracování. (Skočovský, P. a kol., 2006)

Diagram slitin železa s uhlíkem a oblasti struktur materiálu s různým obsahem C



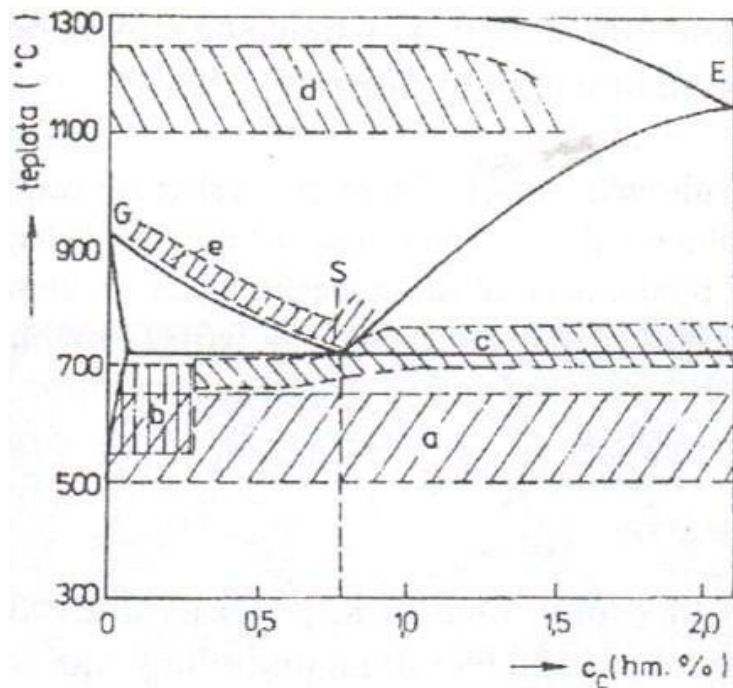
2.1. Žihání

Žihání je způsob tepelného zpracování. Tímto způsobem chceme u součástky dosáhnout zpravidla rovnovážného stavu. Podstatou žihání je rovnoměrný ohřev součástky na žihací teplotu, výdrž (setrvání) na této teplotě po určitou dobu a následně nastupuje zpravidla pomalé ochlazování.

Přehled způsobů žihání ocelí

	Způsob žihání	Žihací teplota[°C]	Označení první doplňkovou číslici za značkou ocele
Bez prekrytali- zace	-naměkko	680 – 720°C	1X XXX.3
	-rekrytalizační	550 - 700°C	-
	-proti vločkové	650 – 700°C	-
	- Na odstranění křehkosti	200 – 300°C	-
	- Na odstranění vnitřních napětí	500 – 650°C	-
S prekrytali- zací	-normalizační	750 – 900°C	1X XXX.1
	-homogenizační	1000 – 1200°C	-
	-izotermické	600 – 750°C	-

Oblasti žíhacích teplot v rovnovážném diagramu

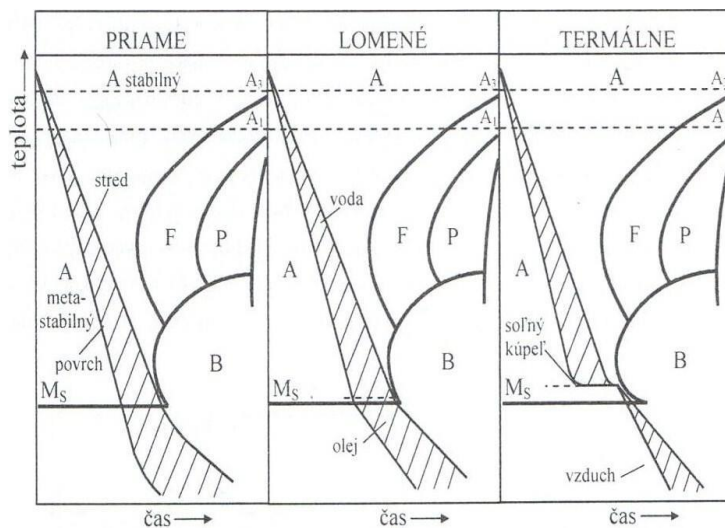


2.2. Kalení a popouštění

Kalitelnost je schopnost ocele dosáhnout vyšší tvrdost. Kalení je ohřev oceli na překrytlační teplotu, výdrž na této teplotě a následné ochlazení rychlostí vyšší než je nejnižší kritická rychlost ochlazování. Nejvyužívanější a ekonomicky nejvýhodnější kalicí prostředí je vzduch.

Cílem kalení je dosáhnout jiný stav než je rovnovážný stav.

Druhy kalení



- Přímé kalení – ochlazujeme z teploty austenitizace. Při uhlíkových ocelích zpravidla ve vodě, při drobných součástkách v oceli.
- Lomené kalení – austenitizované součástky, které se normálně kalí do vody, jsou ochlazované v dvou prostředích.
- Termální kalení - součástka se ochlazuje větší rychlostí jako je kritická v prostředí s teplotou nad M_s příslušné oceli, při které setrvávají po čas potřebný na vyrovnání teplot v celém průřezu.
- Popouštění je ohřev zakalené ocele s martenzitickou strukturou na teploty A_1 za účelem vytvoření struktur bližších se k rovnovážným. Z technologického hlediska rozdělujeme popouštění na popouštění při nízkých teplotách (do 300°C) a při vysokých teplotách (nad 400°C).

2.3. Chemicko-tepelné zpracování

Postupy difúzního nasycování povrchu součástek některými prvky zahrnuje chemicko-tepelné zpracování. Cílem chemicko-tepelného zpracování je vyvolat změny mechanických, chemických a fyzikálních vlastností prvků. Rozumíme tímto zpracováním způsoby difúzního syčení povrchu ocelí různými prvky jako Al, B, C, N, C+N, Si a jiné. Jedná se i o kovy i o nekovy.

Podle toho, kdy vyvoláváme žádané vlastnosti, způsoby zpracování rozdělujeme na:

- nitridování (v průběhu vzniku difúzní vrstvy),
- cementování, nitrocementování (až po tepelném zpracování nasyceného povrchu).

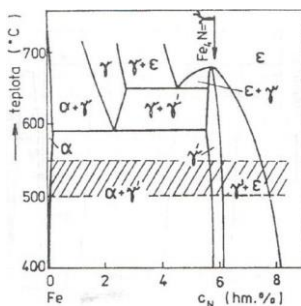
2.4. Cementování

Povrch uhlíkových, nízkolegovaných a vyš legovaných ocelí s nízkolegovaným obsahem uhlíku (do 0,25% C) se sítí uhlíkem na eutektoidní, popř. nadeutektoidní koncentraci 0,8 – 1% hmotn. uhlíku).

Po cementaci třeba součástky kalit. Používáme několik způsobů kalení:

- přímé kalení cementační teploty,
- přímé kalení s podchlazením – po cementování se vsázka v peci ochladí na 840 – 850°C) a z této teploty se zakalí,
- jednoduché kalení po ohřevu – se používá vychladnutí součástky na teplotu místnosti, potom je nový ohřev na teplotu mezi AC1 a AC3 (840 - 850°C), jádro součástky se kalí a strukturu bude tvořit ferit a martenzit,
- dvojitě kalení po ohřevu – první kalení z austenitizační teploty jádra (nad AC3 – 880 – 900°C) a druhé kalení z kalící teploty vrstvy (nad AC1 – 780 – 820°C).

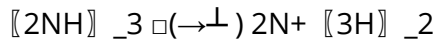
2.5. Nitridování



Základní představu o struktuře nitridování můžeme získat z rovnovážného diagramu Fe-N

Nitridujeme v plynném nebo v kapalném prostředí.

V plynném prostředí je zdrojem dusíku čpavek. Tento se v styku s povrchem součástky rozkládá. Můžeme to vyjádřit rovnicí:



Nitridování trvá zpravidla 12 – 60 hodin. Rychlost nitridování se zvyšuje narůstáním teploty.

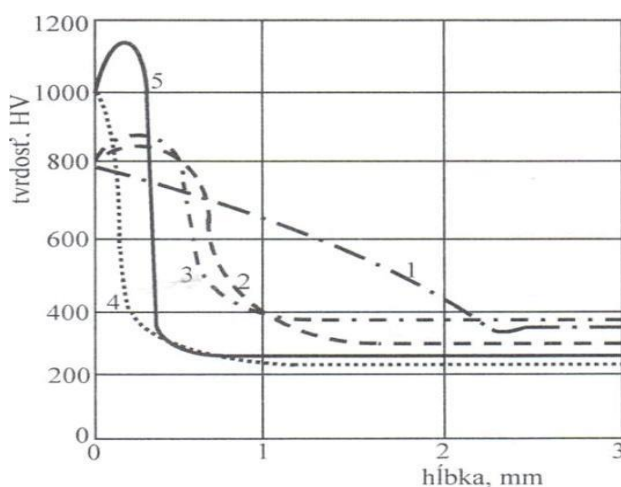
Kapalném prostředí je vytvořené při nitridování v solné lázni. Ta se skládá ze směsi kyanidu sodného (NaCN) a kyanatanu draselného (KCNO). V solné koupeli je čas nitridování kratší než v plynu (0,5 – 4).

Další způsoby chemicko-tepelného zpracování

- Nitro-cementování – nasycování povrchu uhlíkem a dusíkem v teplotách kolem AC3,
- Karbonitridování - nasycování povrchu uhlíkem a dusíkem v teplotách kolem 650-750°C,
- Sulfonitridování - nasycování povrchu sírou a dusíkem v plynném nebo kapalném prostředí (sloní koupel – 95% kyanidu sodného a 5% siřičitanu sodného),
- sulfonizování - nasycování povrchu součástek sírou. Je to podobný proces jako sulfonitridování,
- difúzní pokovování - nasycování povrchu součástek chromem (difúzní chromování), křemíkem, hliníkem (alitování, aluemetování) – žáruvzdorné a odolné vůči korozi, bór zvyšuje tvrdost povrchové vrstvy a odolnost vůči opotřebení.

Průběh tvrdosti v různých vrstvách

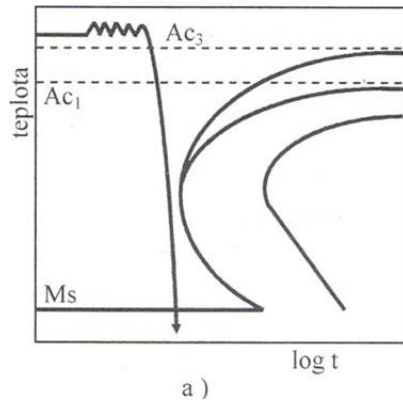
1-povrchové kalení, 2- cementování, 3- nitro-cementování, 4- karbo-nitridování, 5- nitridování



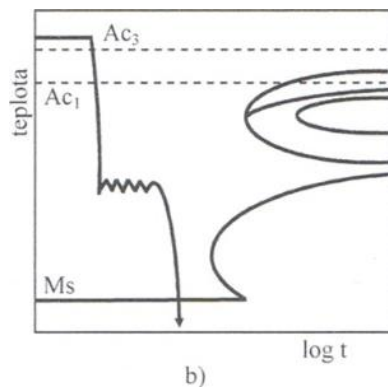
2.6. Tepelně-mechanické zpracování

Způsoby tepelně-mechanického zpracování se nejčastěji rozdělují podle teploty tváření:

Nízkoteplotní termomechanické zpracování



Vysokoteplotní termomechanické zpracování



Další způsoby tepelně-mechanického zpracování

- **isoforming** – rychlým ochlazením z austenizační teploty do perlitické oblasti,
- **dynamické deformační stárnutí martenzitu** – deformace následuje až po kalení, aplikuje se při teplotě (150-200°C).

3. TECHNOLOGICKÉ POSTUPY S PODPOROU POČÍTAČE

Neustálý tlak konkurence nutí konstruktéry a technology pracovat na nových řešeních a potýkat se s novými problémy. Zkrácení výrobních časů, zlepšení kvality, rychlá změna výrobního programu a jiné nutné změny, to jsou jen některé aspekty, které se musí řešit. Východiskem pro řešení složitých situací, které se velmi často v praxi objevují, je použití integrované výroby počítačem

CAD systémy (Computer Aided Design) jsou programové nástroje určené pro použití v úvodních etapách výrobního procesu, ve vývoji, konstrukci a technologické přípravě výroby. Oblast CAD je jen jednou součástí nasazení výpočetní techniky v průmyslu. Souhrnně je toto nasazení označeno CA technologie.

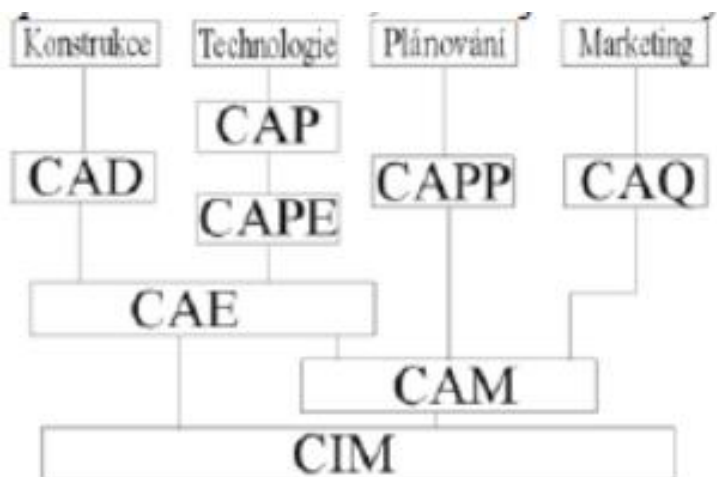
Zkratka CAx znamená Computer Aided – počítačová podpora. CAx technologie znamenají účelné a maximální využití nasazení prostředků výpočetní techniky (technického i programového vybavení), které podporuje tvůrčí přístup uživatele (konstruktéra, technologa, výpočtáře a dalších profesí) při řešení úloh souvisejících s výrobním procesem.

CAx technologií lze rozdělit do oblastí:

- CIM – Computer Integrated Manufacturing
- CAM – Computer Aided manufacturing
- CAE – Computer Aided Engineering
- CAD – Computer Aided Design
- CAPE – Computer Aided Production Engineering
- CAP – Computer Aided Programming
- CAPP – Computer Aided Process Planning
- CAQ – Computer Aided Quality
- CMR - Customer Management Relationship - systém řízení vztahů se zákazníky
- PDM - Product Data Management - správa dat o produktu
- PLM - Product Lifecycle Management - správa životního cyklu výrobku - informační platforma, která v sobě zahrnuje technické, výrobní i marketingové údaje o daném

výrobku. Výrobní podnik potřebuje mít systém řízení výroby, systém řízení vztahů s dodavateli, systém řízení vztahů se zákazníky, systém řízení kvality a systém pro plánový technický rozvoj a inovace. PLM tyto systémy sjednocuje a vytváří konsolidovaný soubor informací o daném výrobku.

3.1. Souvislost mezi jednotlivými oblastmi CA technologií



Obr. 1 Zařazení CAD do oblasti CA technologií

Samotnou oblast CAD technologií lze dále rozdělit na jednotlivé oblasti, například takto:

- CADD – Computer Aided Design and Drafting
- CAPD – Computer Aided Pipe Design
- FEM – Finite Element Method (v tomto případě je častěji používána zkratka CAE – Computer Aided Engineering)
- GIS – Geographical Information System
- CAM- Computer Aided Manufacturing

Všechny CAD systémy jsou nástroje. Z toho důvodu je k nim nutné i přistupovat. Samotná znalost libovolného CAD systému v žádném případě nezaručí, že ten, kdo bude se systémem pracovat, bude dobrým konstruktérem. Nasazení CAD technologií přineslo kvalitativní posun v metodice konstruování. CAD systémy prošly několika vývojovými etapami

Všechny etapy byly dány vývojem výpočetní techniky:

- sálové počítače dovolovaly vytvářet dvourozměrnou výkresovou dokumentaci
- pracovní stanice dokázaly vykreslit na vektorové obrazovce trojrozměrné objekty, jejichž tvary byly zadány souřadnicemi z klávesnice
- nástupem PC se zpřístupnila možnost vytváření výkresové dokumentace
- zvýšením výkonu PC bylo umožněno trojrozměrné modelování, převod modelů do výkresové dokumentace
- vizualizace a animace, připojení na internet

V procesu konstruování se plně využívá CAD systémů, což poskytuje tyto výhody:

- snadná spolupráce mezi zainteresovanými pracovníky
- snadná tvorba velkého počtu variant a modifikací návrhu
- využití optimalizačních metod
- dokonalý informační systém

Činnosti, které musí konstrukce zajišťovat v procesu konstruování:

- zadání technického úkolu a zpracování technických podmínek
- předběžné výpočty s vypracováním projektu
- normalizační a technicko ekonomické zhodnocení návrhu
- zhotovení výkresů sestav a výrobních výkresů, schémat zapojení
- zhotovení kusovníků, kontrolních sestav a montážních výkresů
- účast při výrobě prototypu nebo přímo při zahájení výroby, opravy výkresové dokumentace
- návrhy na externí objednávky, podklady pro balení a dopravu výrobku
- návody na obsluhu a užívání výrobku, vytvoření prospektů

Proces konstruování lze rozdělit do těchto kroků:

- prozkoumání požadavku
- definice problému
- syntéza
- analýza a optimalizace
- vyhodnocení
- provedení projektu

Moduly CAD je možné rozdělit do čtyřech kategorií:

- geometrické modelování
- inženýrská analýza
- posouzení konstrukce
- vypracování a vyhotovení výkresové dokumentace

3.2. Druhy CAD systémů

CAD systémy je možné rozdělit do tří kategorií:

- nižší
- střední
- vyšší
- velké

Pro určení, do které kategorie spadá, se používají následující kritéria:

- dostupné kreslicí a modelovací nástroje
- pořizovací cena
- podpora ze strany výrobce software a podpora ze strany prodejců

K zástupcům CAD systémů nižší třídy CAD systémů je možné zařadit takové systémy jako AutoCAD LT, TurboCAD Delux. Jedná o systémy, které podporují tvorbu dvourozměrných objektů (modelů) a umožňují generování výkresové dokumentace. Některé systémy poskytují možnost vytvoření jednoduché trojrozměrné konstrukce pomocí drátového modeláře.

CAD systémy střední třídy mohou být zastoupeny programy AutoCAD, Microstation, TurboCAD Professional, KeyCreator (CADKEY). Všechny tyto systémy obsahují trojrozměrné modelovací nástroje včetně nástrojů vizualizačních. Jsou vhodné jak pro tvorbu výkresové dokumentace, tak pro vytváření podkladů pro marketingové oddělení v podobě trojrozměrných zobrazení hotového výrobku. Výhodou těchto systémů je jejich otevřenost, což umožňuje vytvářet speciální programy – nadstavby, podle požadavků konstruktérů.

Velké CAD systémy jsou plně trojrozměrné systémy, které pro vytvoření výkresové dokumentace vyžadují nejprve vytvořit trojrozměrný model. Z modelu se následně vytvářejí sestavy nebo výkresová dokumentace. Jednou z výhod CAD systémů vyšší třídy je, že mají parametrické modeláře. Pro uživatele to znamená to, že je neustále provázán model s výkresem a případné změny provedené v libovolné části se projeví jak ve výkrese, tak v modelu. Také tyto systémy jsou otevřené a umožňují vytváření nadstaveb podle požadavků uživatele.

3.3. Rozhraní mezi počítačem a člověkem

- DOS – textový režim
- MS Windows – grafické pracovní prostředí
- Virtuální realita – nadstavba nad operačním systémem
- Virtuální realita (VR) je zatím posledním stupněm, vývoje komunikačního rozhraní mezi člověkem a počítačem.

Vývoj komunikačního rozhraní prodělal přibližně tyto vývojové etapy:

- děrná páska a tisknutý výstup – minulost
- klávesnice a monitor – současnost. Pro srozumitelnou komunikaci bylo vytvořeno grafické komunikační prostředí – GUI – Graphics User Interface (ikonová menu, rozdělení GUI do libovolného počtu panelů – oken)
- Virtuální realita – blížká budoucnost

VR může zahrnovat tyto oblasti lidské činnosti:

- Modelování
- komunikace
- řízení
- zábava

V současnosti se rozlišují tři stupně VR:

- Pasívní
- Aktivní
- Interaktivní

Pasívní VR – se vyznačuje tím ,že můžeme pozorovat, poslouchat, hmatem vnímat, ale není možné řídit pohyby.

Aktivní VR – poskytuje možnost zkoumat prostředí, možnost pohybu ve virtuálním prostředí (létání, chůze, plavání...). Na tomto stupni se realizují procházky budovami nebo zprostředkování prohlížení virtuálních uměleckých děl.

Interaktivní VR – dovoluje se seznámit s prostředím, prozkoumat ho a měnit podle našich představ (uchopit knihu a listovat v ní).

Virtuální svět vnímáme třemi cestami:

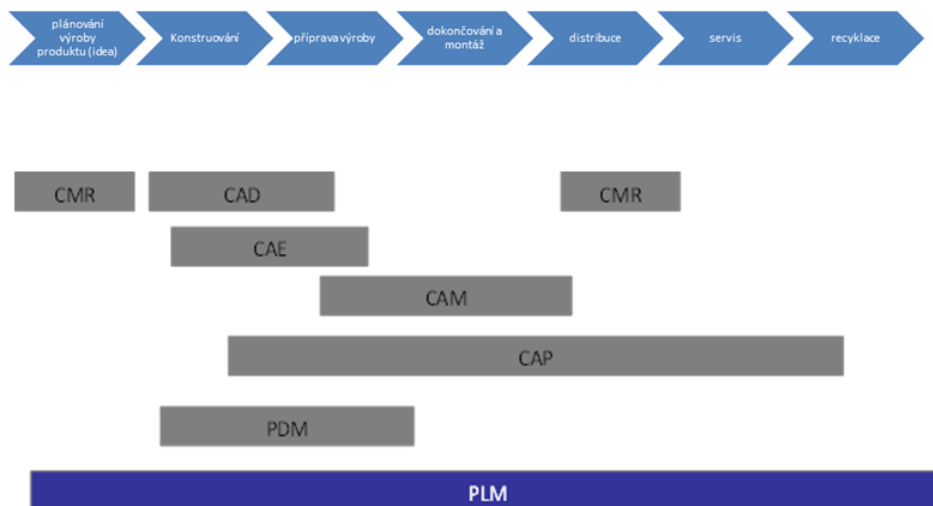
- viděním
- slyšením
- hmatem

Vidění – systém VR respektuje základní zákonitosti zobrazování, tj. perspektivu a osvětlování (zobrazování bylo první metodou vstupu do VR).

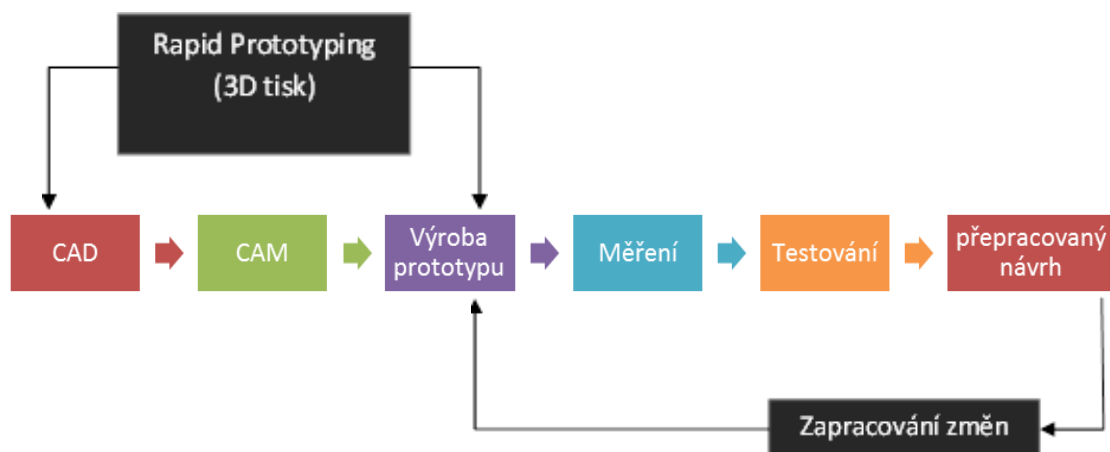
Slyšení – zvukové vjemy pomáhají při chápání VR – dnes je běžný zvuk „surround“

Dotyky – velmi důležitá možnost pro pochopení skutečností ve VR.

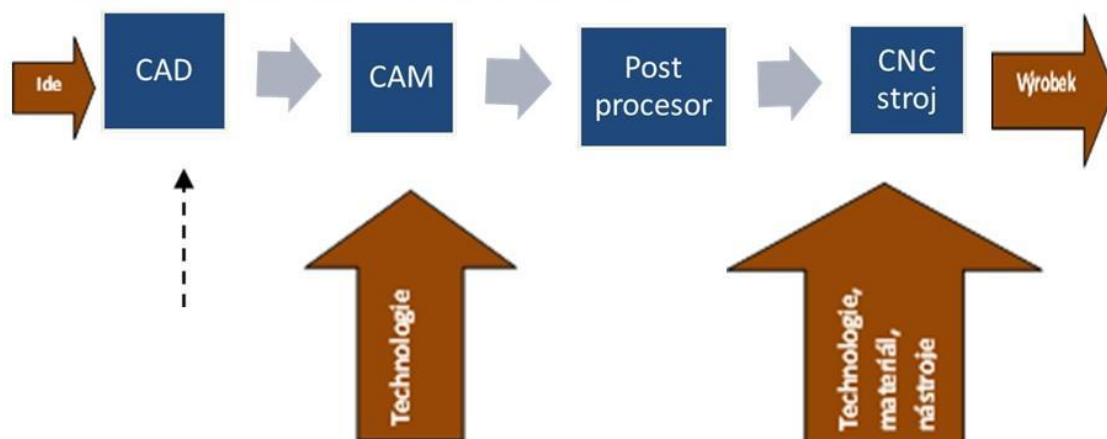
Proces řízení výrobní firmy s použitím systému PLM a integrací CAD/CAM:



Proces vývoje výrobku při použití systému CAD/CAM:

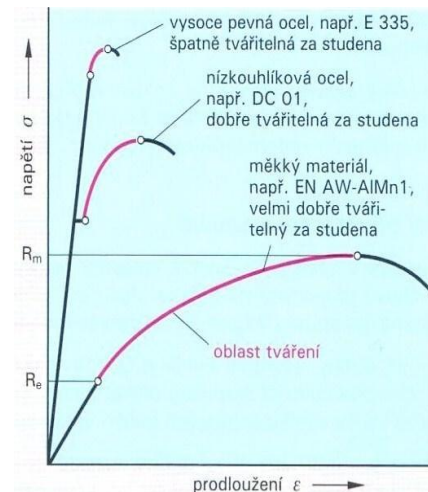
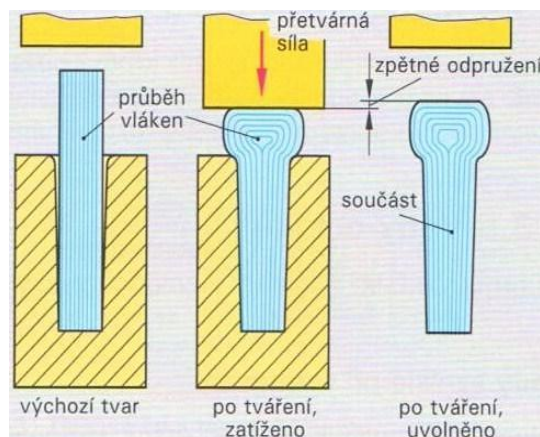


Proces výroby součásti s využitím CAD/CAM systémů:

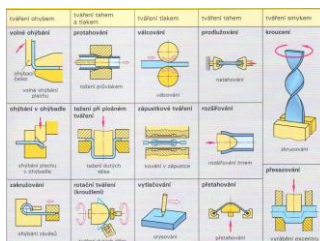


4. TVÁŘENÍ ZA STUDENA

Tváření je část strojírenské technologie, kde měníme vlastnosti, rozměry a tvar působením vnějších sil. Změna tvaru nastává přemístěním částic kovu na základě plasticity. Je to nejdůležitější vlastnost kovů krom pevnosti a pružnosti. Struktura materiálu zůstává zachovaná a zlepšuje se pevnost.



4.I. Postupy tváření



Tvářecí procesy můžeme rozdělit podle:

- teploty
- tváření za studena (proces probíhá při teplotě nižší jako $T \leq 0,3T_1$)
 - T – tvárnici teplota v K
 - T_1 – teplota tavení kovu v K
- tváření za tepla (proces probíhá při teplotách při kterých rekrytalizace probíhá v tvárnění tak rychle, že zpevnění získané tvárněním se trátí už v průběhu tvárnění, (teploty jsou vyšší než $T \leq 0,7 T_1$))

- tepelného efektu – není naplno využita teplota na tvárnění, tvárnici proces probíhá s účinností $\eta = A_d/E$,
- A_d – deformační práce využitá na deformační proces
- E – energie stroje v okamžiku začátku tvárnění.

Tvářecí procesy můžeme rozdělit na:

- izotermické – vyvinuté teplo je odváděné do okolí, teplota kovu je konstantní, deformace kovu je vratná nebo nevratná
- adiabatické - vyvinuté teplo zůstává v kovu, spotřebuje se na zvýšení teploty
- polytropické -vyvinuté teplo je částečně odváděné do okolí, část zůstává v kovu, neprobíhá rekrytalizace, protože rychlost deformačního procesu je vyšší než rychlost rekrytalizace.
- stupně dosažené deformace – nejvyšší stupeň deformace určuje velikost změny tvaru a rozměrů tvárněného výrobku.

Zákony tvárnění

- zákon stálosti (konstantnosti) objemu
- zákon zůstatkových a doplňkových napětí
- zákon nejmenšího odporu
- zákon stálosti (konstantnosti) potenciální energie změny tvaru
- zákon podobnosti
- zákon neodlučitelnosti elastických napětí (deformací)
- zákon zpevnění
- zákon tření

4.2. Tváření za studena

Tváření za studena je technologické zpracování materiálu. Při tomto zpracování materiálu teplota leží pod teplotou rekrytalizace. Rekrytalizační teplota T_r je různá a závislá od materiálu a proto se zpravidla uvádí od teploty tavení T_t . Při většině kovů platí vztah:

$$T_r = 0,4 T_t \quad [K]$$

Lisovací technikou podle ČSN 226201 rozumíme zpracování kovových a jiných polotovarů a materiálů stříháním nebo tvarováním. Můžeme použít oba způsoby pro zhotovení součástky nebo polotovaru potřebného rozměru a tvaru. V lisovací technice hovoříme o těchto základních parcích:

- stříhání (dělení materiálu) – postupné nebo současné oddělování materiálu stříhacími nástroji
- tvarování (přemístování materiálu) – je mechanické zpracování přemístováním jeho části tahem a tlakem

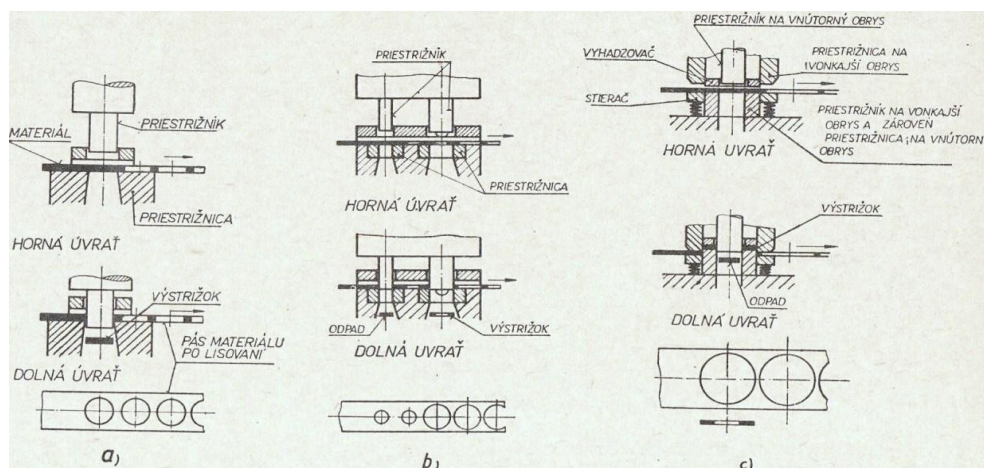
Lisovací nástroje dělíme podle úkonů na jeden zdvih takto:

jednoduché – jeden pracovní zdvih na jeden úkon (obr. 6. 13a),

postupové – dva pracovní úkony nebo víc – vykonávané jedním nástrojem za sebou (obr. 6. 13b),

sdužené – nástroje, které sdružují nebo kombinují jednoduché nebo postupové nástroje tak, že vykonávají několik pracovních úkonů různého druhu (obr. 6. 13c, např. ohýbání a děrování)

Lisovací nástroje



a-jednoduché, b-postupové, c-združené

Objemové tváření za studena

- Objemové tváření za studena je proces tváření polotovaru, který je připraven stříháním nebo řezáním z tyčového materiálu.
- Proces probíhá pod teplotou rekrystalizace tvářeného materiálu.
- Deformační zpevnění materiálu je průvodním znakem objemového tváření za studena.
- Je to důsledek zvyšování tvrdosti a pevnosti materiálu.

4.3. Pěchování za studena

- **Pěchování** – materiál stláčením se přemísťuje tak, že se zvětšuje průřez polotovaru na úkor délky nebo výšky.
- **Nabíjení** je v podstatě proces pěchování. Vytváří se ním proces zvětšení průřezu buď na konci nebo na jiném místě průřezů.
- **Tření** na kontaktních plochách je také příčinou nerovnoměrného rozložení tvárnícího tlaku na těchto plochách a vzniku tzv. soudkovitého tvaru při volném ubíjení

Schéma napětí a přetvoření při pěchování a rozdělení tlaku na stykových plochách

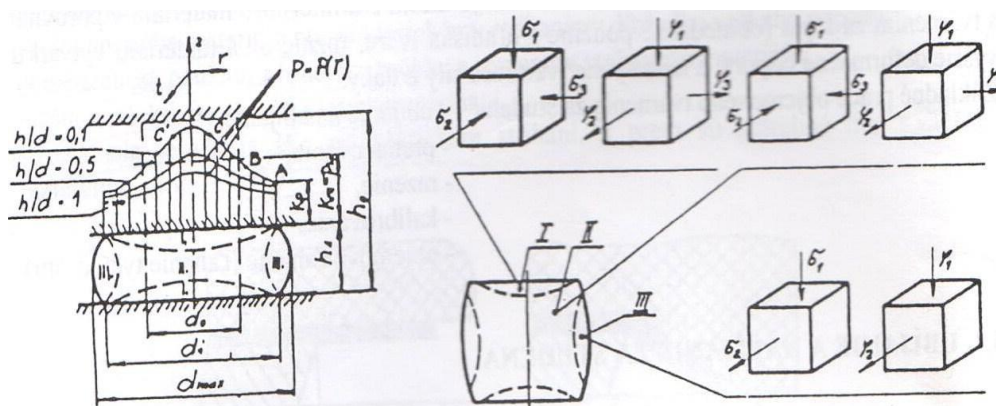
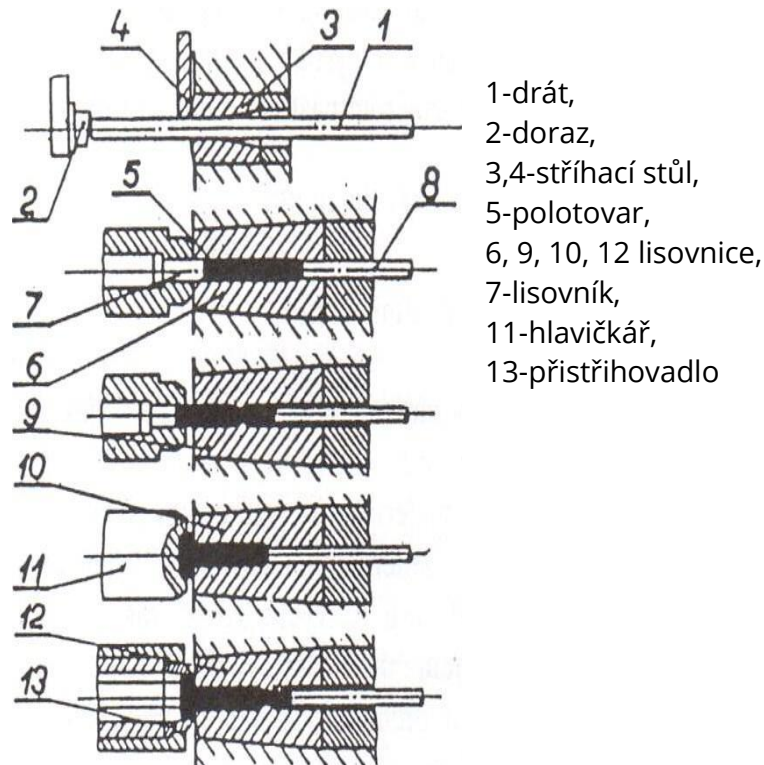


Schéma pracovního cyklu čtyř operačního postupového automatu

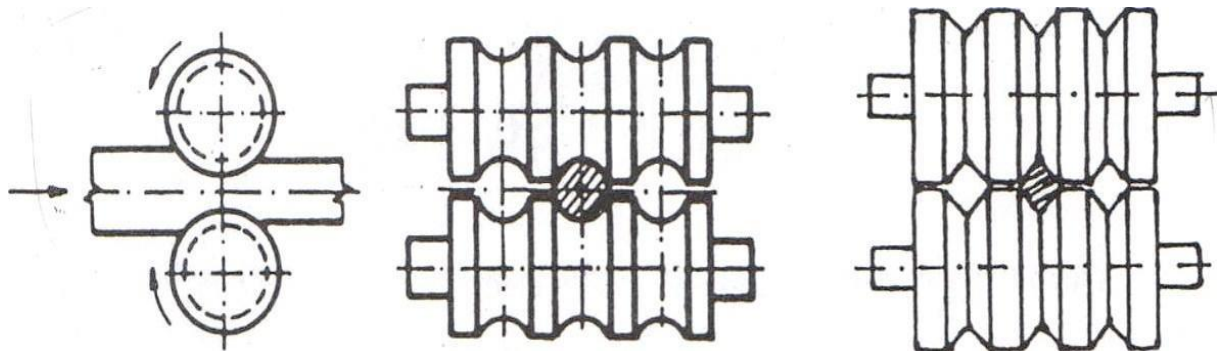


4.4. Válcování

Válcováním rozumíme kontinuální proces, při kterém se tvářený materiál deformuje mezi otáčejícími se pracovními válci za podmínek převažujícího všestranného tlaku. Válcovaný materiál se mezi válci deformuje. Válcování se dělá převážně za tepla, ale i za studena. Výsledkem procesu je vývalek.

Operace válcování dělíme:

- podélné válcování – osy válců jsou rovnoběžné, dochází ke vtahování polotovaru mezi válce - válce se otáčejí „proti sobě“,
- Podélně tvarové válcování :
- plynulé (obr. 6. 19)- tvarem kalibru je určený příčný průřez vývalku,
- přerušované- tvárnění probíhá v kalibru, vytvořeném na části obvodu válce,
- periodické – tvarem kalibru je opakující se tvar výrobku
- Schéma podélného tvarového válcování plynulého



a- válcování tyče kruhového průřezu, b- válcování tyče čtvercového průřezu

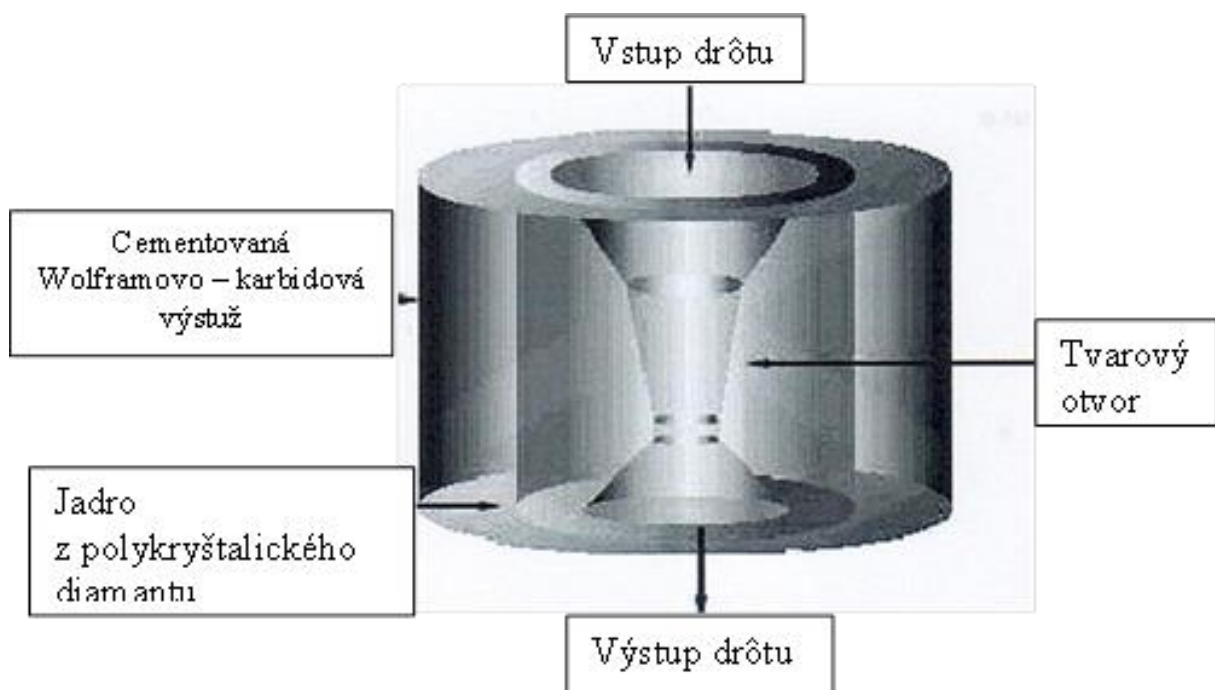
- příčné válcování - osy válců i polotovarů jsou rovnoběžné. Směr otáčení válců je shodný. Polotovar se otáčí mezi válci kolem své osy. Mění se průměr válcovaného polotovaru.
- kosé válcování- osy válců nejsou rovnoběžné, svírají úhel asi 5°. Polotovar se otáčí kolem osy a zároveň postupuje dopředu. Vplyvem tahových napětí uvnitř polotovaru vzniká dutina. Dělí se na:
 - děrování kosým válcováním – dutina se vytváří použitím trnu
 - kosé periodické válcování- tvar vývalku je daný šroubovým kalibrem na obvodu válců.
- rozválcování – vyděrovaný polotovar ve tvaru kroužku se rozválcovává přítláčením válcem na požadovaný tvar
- vroubkování- je založené na vytváření rýh na povrchu rotačního polotovaru

- válcování závitů – závitové válce vytvářejí na polotovaru závit. Válcování závitů je v sériové a hromadné výrobě.

4.5. Tažení drátů a profilů

Tažení je protahování polotovaru otvorem průvlaku, při kterém se zmenšuje příčný průřez a zvětšuje délka. Současně se mění mechanické vlastnosti (zvyšuje se mez skluzu a mez pevnosti). Zlepšuje se jakost povrchu a dosahujeme přesných tvarů a rozměrů.

Schéma průvlaků



Tažení trubek a profilů

Přetahování bezešvých trubek a profilů, se používá přerušovaný proces.

Základní způsoby tažení trubek:

- průvlečné tažení
- tažení na uchyceném trnu,
- tažení na volném trnu,
- tažení na tyči,
- profily nepravidelných tvarů

4.6. Protlačování

Přetlačování je proces tvárnění. Při tomto procesu se materiál přetlačí přes zúžený průřez protlačovadla (protlačovací nástroj). Tímto procesem se vyrábějí zpravidla menší výrobky prakticky na hotovo z barevných kovů, měkkých ocelí a v posledním období i oceli z vyšších pevností a nástrojové oceli.

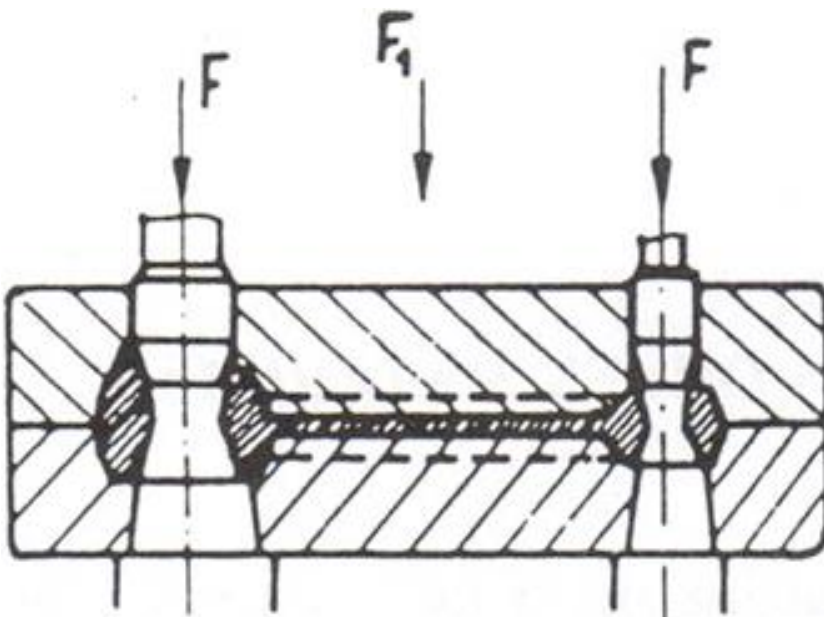
4.7. Ražení

Při technologickém procesu ražení se mění tloušťka polotovaru. Přetvářený materiál vyplňuje prostor mezi raznicí a tvarovým razníkem. Tvarová a rozměrová přesnost je závislá od velikosti výrobku a druhu raženého materiálu. Pohybuje se v rozmezí $\pm 0,05 - 0,1$ mm.

4.8. Kalibrování

Kalibrování ploch se používá na zpřesnění rozměrů protilehlých a rovnoběžných ploch výtvarku při tvárnění např. vahadel, ojnic, pák, atd. Objemová kalibrace za studena se používá k zpřesnění geometrického tvaru a rozměrů všech ploch součástek. Spolu s touto technologií se může vykonávat i kalibrování otvorů kalibračními trny.

Kalibrování ojnice se současným kalibrováním otvorů



Kalibrování můžeme rozdělit na tyto operace:

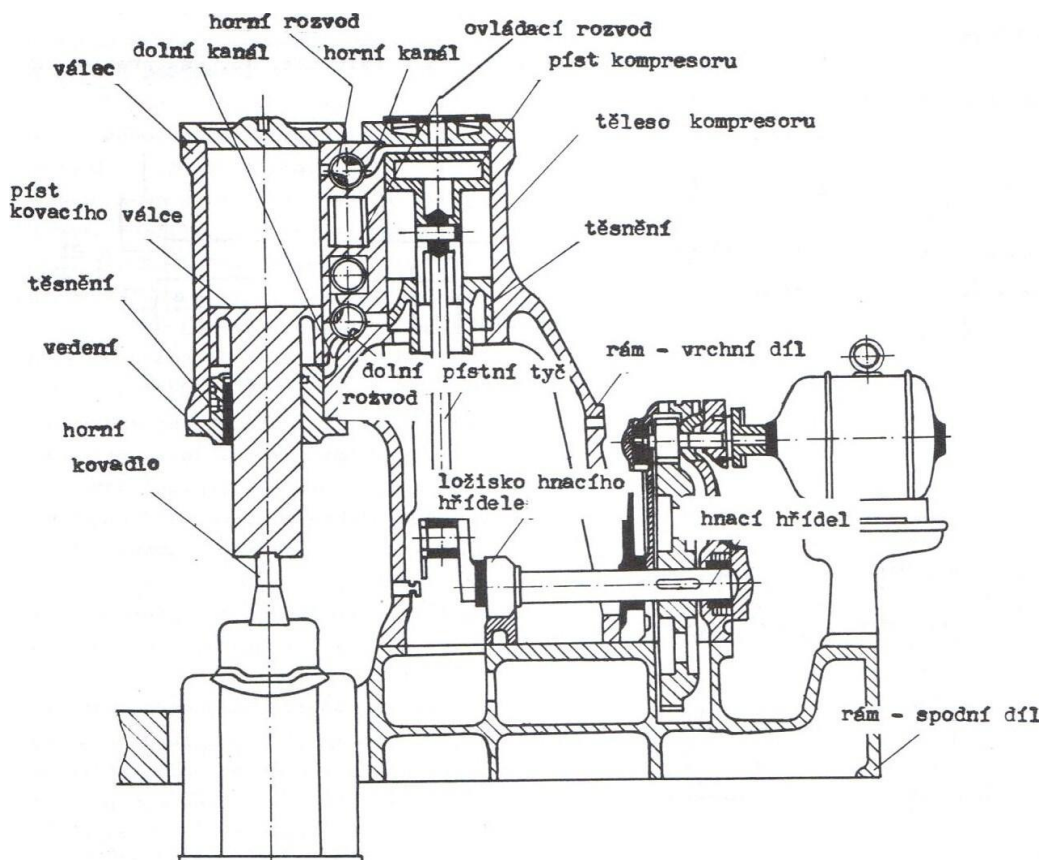
- kalibrování hleděním (tlačení)
- rovinné kalibrování
- kalibrování po tažení – plošném, objemovém
- kalibrování po ohýbání
- kalibrování otvorů
- tvarové kalibrování

4.9. Volné kování

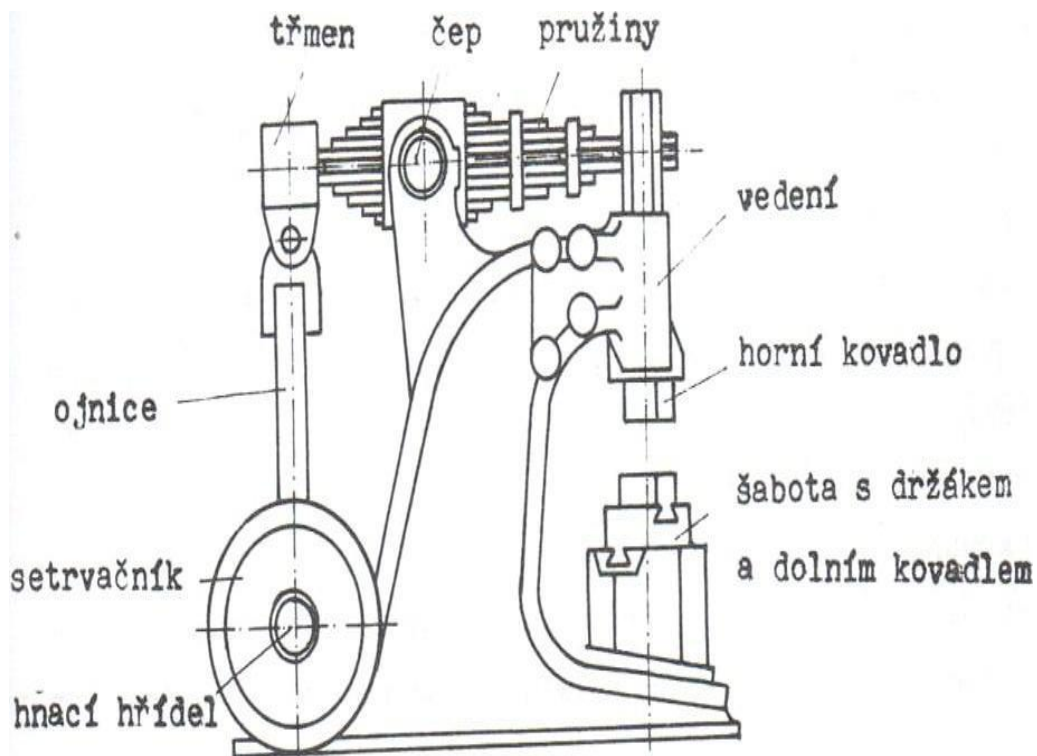
Volné kování je možné dělat strojně nebo ručně. Při volném strojním kování se jako polotovar používá předvalek nebo ingot.

K základním operacím volného kování řadíme sekání, prodlužování, pěchování, osazování, předsazování, ohýbání a děrování.

Kompresorový buchar



Pružinový předkovací buchar



4.10. Zápustkové kování

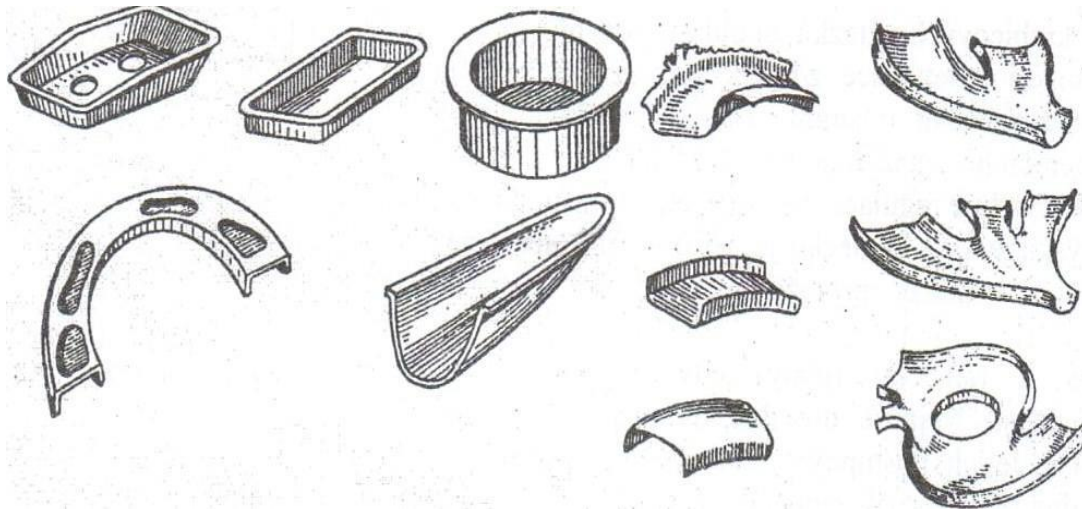
Zápustkové kování můžeme rozdělit na:

- kování v otevřených zápustkách (jde vlastně o kování s výronkem),
- kování v uzavřených zápustkách (jde o kování bez výronku).

Podle druhu použitého kovacího stroje můžeme zápustkové kování rozdělit na (Bača, J., Bílik, J., 2000):

- kování na bucharech,
- kování na lisech
 - kování na svislých kovacích strojích,
 - kování na vodorovných kovacích strojích,
- kování na kovacích válcích.

Tvary a díly vyráběných na bucharech



4.II. Plošné tvárnění

Plošné tvárnění je proces, při kterém vzniká tvarová změna. Polotovary z plechu se přetváří na požadovaný díl. Pro operaci plošného tváření nástroje dělíme podle základních operací nebo počtu kroků nebo rád na jednoduché (pro jednu operaci), postupové (více operací) a vícenásobné.

4.I2. Stříhání

Stříhání je nejvíc používaná operace při tvárnění. Stříhání se používá v kovárnách a lisovnách na:

- vystřihování součástek,
- dělení základních polotovarů.
- dokončovací operace,
- pomocné operace.

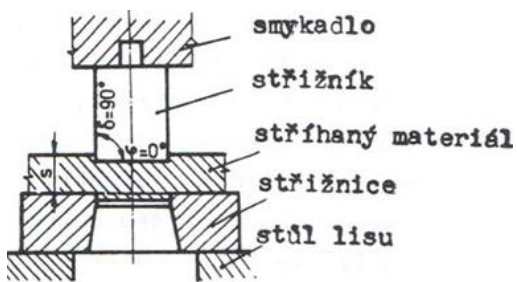
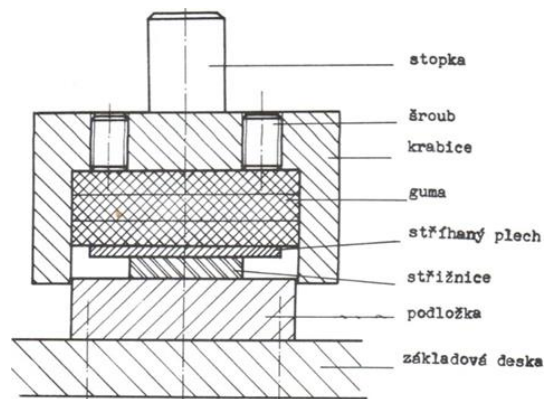


Schéma stříhání stříhadlem so střižnicí

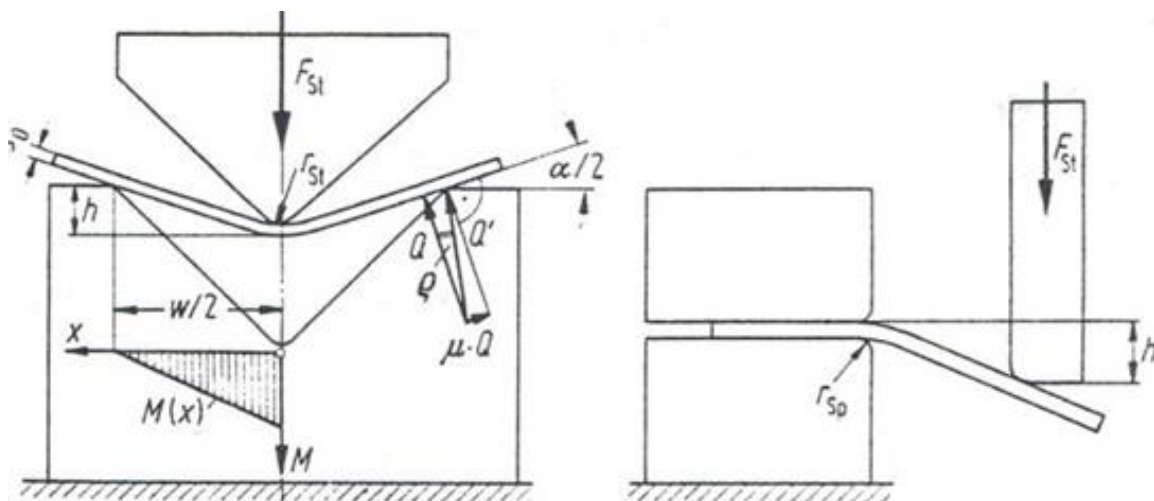


Stříhání v nepevném nástroji

4.13. Ohýbání

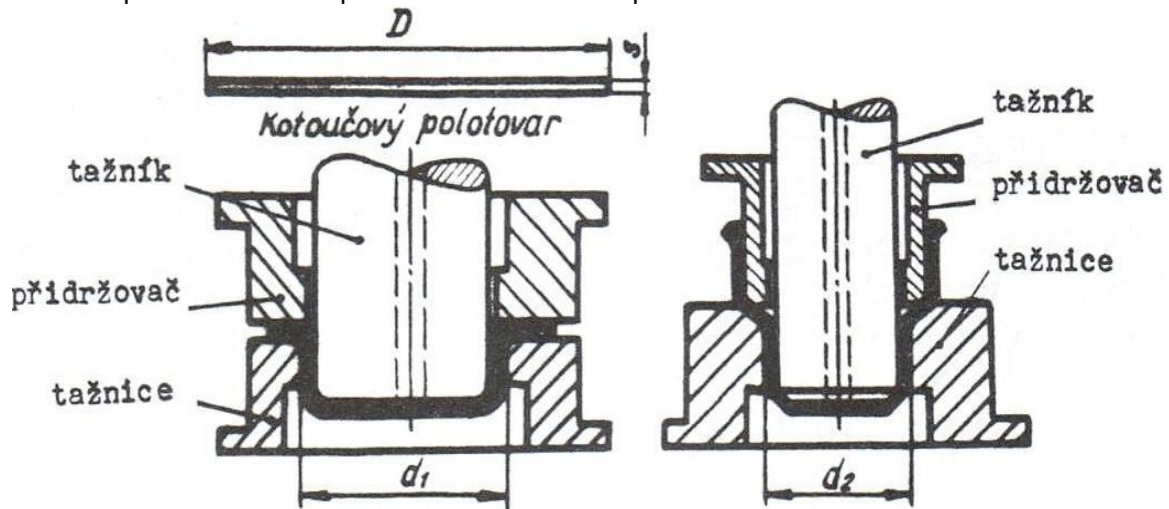
Ohýbání je pružně-plastická deformace. Tuto deformaci způsobují momenty vnějších sil. Je to vytváření ostrých anebo oblých hrán. Touto operací je možné narovnat nevhodně zformovaný plech.

Volné ohýbání



4.14. Tažení

Tažení s přidržovačem v první a druhé tažné operaci



4.15. Tlačení

Tlačení dutých těles

