

# POLOTOVARY

## Význam polotovarů a jejich začlenění do výrobního procesu

Výrobou výchozího materiálu v hutích výrobní proces nekončí, vyrobený surový materiál je nutno ještě přeměnit na polotovar a ten dále na výrobek. Výrobky jsou nejen většinou složité, ale také velmi rozmanité jak svoji funkcí, tak i množstvím. Výroba je proto velmi složitá a různorodá. Je tím složitější, čím je složitější sám výrobek. Podle výrobních fází se dělí takto:

1. výroba polotovarů (zpracování výchozích materiálů),
2. výroba součástí (zpracování polotovarů),
3. spojování součástí – montáž i s konečnými úpravami a zkouškami.

Některé výrobní pochody probíhají přímo v hutích, a proto se začleňují do hutní technologie (např. válcování – výroba tyčí, plechů aj.). Tato výroba se nazývá **hutní druhovýroba**, na rozdíl od **hutní prvovýroby** (výroba surového železa, oceli apod.).

Při výrobě polotovarů se zpracovává výchozí materiál (dodaný ve tvaru housek, ingotů, prášků aj.) buď odléváním a tvářením, nebo slinováním – získají se tak polotovary, které svým tvarem a rozměry jsou stejné nebo více či méně podobné tvarům a rozměrům součástí.

Při výrobě součástí se zpracovávají polotovary ještě dalším tvářením nebo dělením, nejčastěji však postupným odebíráním třísek (obráběním). Někdy se záměrně mění (a to dost podstatně) vlastnosti materiálu tepelným zpracováním nebo povrchovou úpravou.

Při montáži se součásti spojují pevně nebo pohyblivě v hotové dílce, podskupiny, skupiny a ty v hotové výrobky. Někdy se ještě ručně, popř. strojně výrobky různě upravují. Závěr této výrobní fáze patří ověření funkce výrobku ve zkušebnách nebo přímo u spotřebitele za zkušebního provozu.

Uplatňuje se u některých výrobků i další fáze – **servisní služba**. Snahou výrobce je poskytnout spotřebiteli dobrou službu záručními i pozáručními opravami a dále výrobce zpětně získává dobré informace o kvalitách svého výrobku.

Všechny fáze výrobního procesu jsou navzájem spojeny technologií a ekonomii výroby, tj. výrobními a hospodářskými podmínkami.

## Druhy polotovarů a obecné zásady technologičnosti

Neustálý pokrok ve strojírenství přináší stále nové, přesnější, výkonnější a hospodárnější způsoby výroby polotovarů. Objem obráběných polotovarů se neustále zmenšuje a obrábění není vzhledem k přesnosti výroby polotovarů někdy ani nutné.

Jednotlivé způsoby výroby odlitků, výkovků, vylisků a dalších polotovarů strojních součástí mohou však být i při zaručeně stejné přesnosti konstrukčních tvarů a rozměrů v daném rozsahu výroby různě hospodárné. Proto při konstrukci polotovaru je nutno dodržovat technologické zásady, aby byl zajištěn soulad mezi tvarem polotovaru a způsobem výroby.

Pokud tvar součásti, předepsaný druh materiálu i jeho celkové zpracování je při daném počtu kusů nejhospodárnější, lze považovat takovou konstrukci za technologickou. Na technologičnost konstrukce má vliv:

1. volba výchozího materiálu a jeho velikost,
2. volba materiálu součásti,
3. počet vyráběných kusů,
4. volba tvaru, přesnosti rozměrů, jakosti povrchu obráběných ploch a pracnost montážních prací,
5. organizační prvky (organizace, typizace apod.),
6. celkové konstrukční pojetí výrobku nebo součásti.

## Rozdělení polotovarů

Polotovary se rozdělují do dvou skupin na **normalizované a nenormalizované**: mezi **normalizované polotovary** (podle průřezu) patří:

- |                                    |                         |
|------------------------------------|-------------------------|
| 1. předvalky (bloky, sochory aj.), | 5. trubky,              |
| 2. tyče (kruhové, čtvercové aj.),  | 6. dráty,               |
| 3. plechy,                         | 7. profily tenkostěnné. |
| 4. pásy,                           |                         |

mezi **nenormalizované polotovary** patří:

- |             |                        |
|-------------|------------------------|
| 1. odlitky, | 5. výpalky a odřezky,  |
| 2. výkovky, | 6. pájené polotovary,  |
| 3. výlisky, | 7. lepené polotovary,  |
| 4. svarky,  | 8. slinuté polotovary. |

Podle druhu materiálu se rozdělují takto:

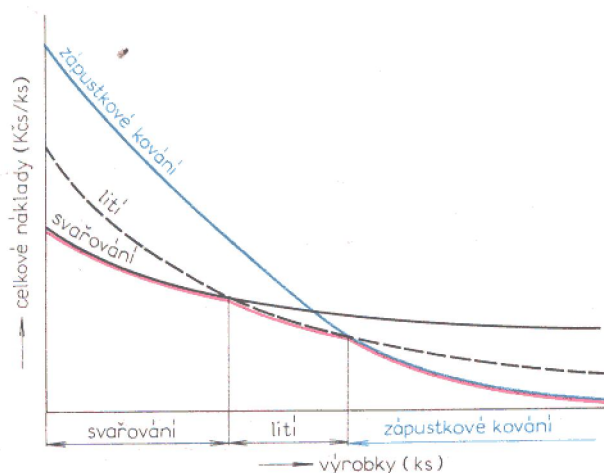
1. polotovary z kovových materiálů (železných i neželezných),
2. polotovary z nekovových materiálů (plastů apod.).

## Volba druhu polotovaru

Hlavní způsoby výroby polotovarů pro strojní součásti jsou: **tváření** (válcování, tažení, kování, lisování), **odlévání**, **svařování**, **pájení**, **lepení**, **řezání**, **slinování**. Každý z těchto způsobů má velký počet obměn a možnost kombinovat jednotlivé metody. Tím se stává správná volba polotovaru stále složitějším technickoekonomickým úkolem.

V zásadě platí pravidlo, že pro menší počet součástí (kusová a malosériová výroba) navrhujeme polotovary s většími přídávky na obrábění – **polotovary hrubé**, a pro velký počet součástí (sériová výroba) polotovary s malými přídávky na obrábění – **polotovary přesné**. Na počtu vyráběných kusů je závislá i cena polotovaru. Proto jsou normalizované polotovary (tyče plechy apod.) levnější než nenormalizované, vyráběné na zakázku. Určitou nevýhodou normalizovaných polotovarů je, že se vyrábějí jen v určitých, normalizovaných, velikostech, tzn., že jsou určeny rozměrovou normou a technickými dodacími předpisy.

Kromě materiálu má na volbu druhu polotovaru často velký vliv i druh výroby a z něj vyplývající pracnost výroby a náklady na výrobu. Proto se provádí před konečným rozhodnutím o druhu a způsobu výroby technickohospodářský rozbor s ohledem na náklady na polovar, výrobu atd. Výpočtem vlastních nákladů na výrobu součásti pro různé počty kusů a různé výrobní metody dostaneme křivky, které se zakreslí do diagramu. Body, ve kterých se křivky protínají, vyznačují mezní body hospodárnosti – silná čára pak **křivku hospodárnosti**. Na obrázku je diagram umožňující porovnat mezi sebou tři druhy výroby polotovaru.



Technickohospodářský rozbor volby polotovaru

## Volba materiálu

Při volbě materiálu polotovarů se musí uvažovat hlediska:

1. **konstrukční** (funkční) – materiál musí vyhovovat podmínkám pevnosti, tuhosti, malé hmotnosti, prostředí, ve kterém bude součást pracovat, aj.,
2. **technologické** – materiál musí vyhovovat technologickým podmínkám, např. slévateľnosti, tvárnosti, obrobiteľnosti, svařitelnosti aj.,
3. **hospodárnosti** – musí se přihlížet k ceně materiálu, k nahrazování deficitních materiálů, k životnosti součásti, k měrné spotřebě materiálu (na jednotku výkonu) aj.

Zásadně se volí nejlevnější druh materiálu, který jinak svými vlastnostmi vyhovuje všem hlediskům. Neznamená to však, že by musel být vždy nejvhodnější, přihlédneme-li např. k jeho hmotnosti, dostupnosti apod.

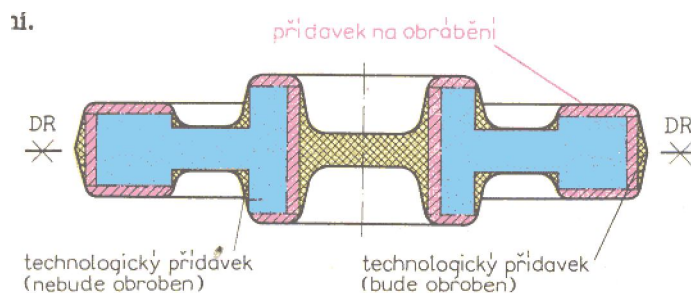
## Přidavky

Z technologického hlediska musí být polotovar zvolen tak, aby jeho obrobení bylo co nejlevnější. Proto se má tvar polotovaru co nejvíce podobat hotové součásti. To však zase závisí na velikosti přidavků a na počtu ploch, které se budou na polotovaru obrábět. Součást má mít proto co nejméně ploch, které se budou na polotovaru obrábět a mají být co nejmenší. Pro současnou výrobu by mělo platit, že se budou obrábět pouze plochy funkční. Také geometrický tvar obráběných ploch polotovaru má být co nejjednodušší (mají se volit plochy válcové, rovinné; nejméně vhodné jsou plochy nepravidelné), protože se dá vytvořit jednoduchými pohyby obráběcího stroje a nástroje – **velikost přidavku má přímý vliv na výrobní náklady a na produktivitu práce.**

U polotovaru rozeznáváme:

1. přidavky technologické – umožňují snadnou výrobu polotovaru.
2. přidavky na obrábění.

**Technologické přidavky** umožňují snadnou výrobu polotovaru (snadné vyjímání výkovku ze zápusťky, atd.). Mohou být samostatné (zůstanou na součásti a neobrábějí se), nebo jsou součástí přidavku na obrábění.

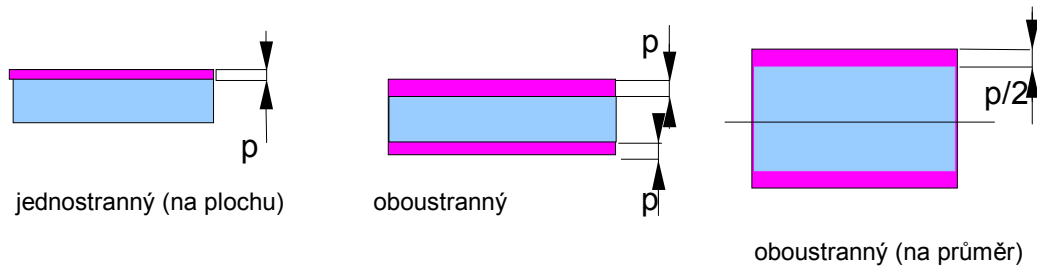


Polotovar – druhy přidavků

**Přidavky na obrábění** musí být tak velké, aby bylo možno z polotovaru vyrobit součást předepsaných geometrických tvarů a rozměrů v žádaných tolerancích a s jakostí obrobených ploch v předepsaných stupních drsnosti povrchu.

Je to tedy vrstva materiálu, která se při obrábění z polotovaru odebere, aby se dostala součást předepsaná výrobním výkresem.

Přidavky na obrábění mohou být buď **jednostranné** (na plochu), nebo **oboustranné** (na průměr). Přidavky se měří kolmo na obrobenou plochu nebo průměr součásti.



**Celkový přídavek** je vrstva materiálu potřebná k provedení všech operací, tj. k celkovému obrábění určitého povrchu od polotovaru až po hotovou součást.

**Celkový přídavek na obrábění**  $p_C$  pro tyčový, válcovaný polotovar se určí ze vzorce:

$$p_C = 0.05d_S + 2$$

kde  $d_S$  je jmenovitá tloušťka nebo průměr součásti (mm).

Celkový přídavek na obrábění se určí také jako součet všech dílčích přídaveků, tj. přídavek na hrubování  $p_H$ , přídavek na čisto  $p_{Cj}$ , popř. přídavek na dokončení  $p_{DO}$ , nebo se určí z tabulek.

## Hutní polotovary

Jedním z nejpoužívanějších druhů polotovarů ve strojírenství jsou polotovary vyráběné tvářením. Protože se tyto polotovary vyrábějí přímo v hutích, nazývají se hutní polotovary. Jsou to normalizované polotovary různých profilů o různé rozměrové a geometrické přesnosti. Dělí se na:

1. **válcované polotovary** – předvalky, vývalky, jako konečné produkty válcoven (tyče, kolejnice, plechy, pásy, trubky, profily, dráty),
2. **tažené polotovary** – výchozí polotovar (tyč, drát apod.) se protahuje **průvlakem** (kalibrem) z kalené oceli, slinutého karbidu nebo diamantu; získáme polotovary typu profily, dráty,
3. **vytlačované polotovary** – princip metody je vytlačování materiálu otvorem menšího rozměru, než je rozměr výchozího materiálu – vyrábějí se tak tyče, trubky a různé profily převážně z neželezným kovů, dále z uhlíkových a slitinových ocelí.

## Válcované polotovary

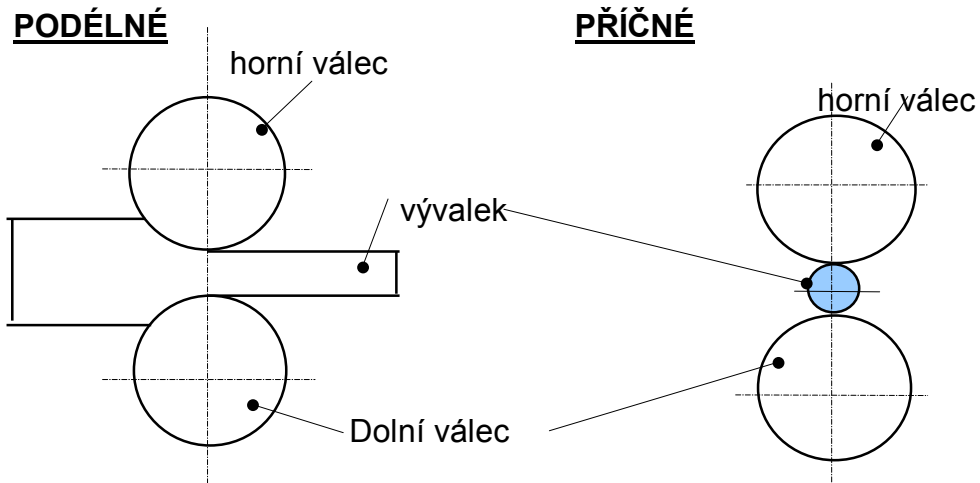
**Válcování** je tvářením kovů rotujícími válci. Materiál je mezi ně vtahován a zároveň stlačován a prodlužován. Podle teploty tvářením je válcování za studena a za tepla.

Podle uložení os válců vzhledem k válcovanému materiálu a podle průběhu deformace rozeznáváme válcování:

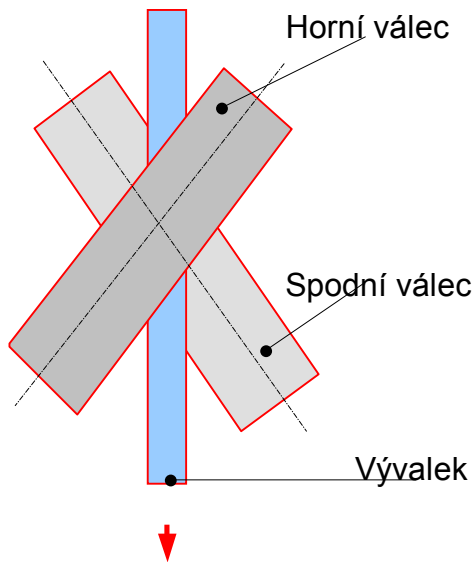
**podélné** - materiál se tváří ve směru podélném (tyče, kolejnice),

**příčné** - mater. kruhového průřezu se tváří ve směru radiálním,

**kosé** - mat. kruh. průřezu je tvářen mezi dvěma válci s mimoběžnými osami.



### KOSÉ



Při kosém válcování jsou osy válců mimoběžné. Smysl otáčení válců je shodný s otáčením u příčného válcování. V důsledku mimoběžnosti os válců dochází kromě rotace vývalku i k jeho osovému posuvu. To umožňuje válcovat i vývalky delší než je délka pracovních válců.

Válce jsou uloženy ve stojanech a s příslušenstvím tvoří **válcovací stolici**. Ty vedle sebe nebo za sebou tvoří **válcovací trať**. Podle počtu válců a způsobu práce jsou válcovací stolice **dvouválcové, trojválcové, univerzální**.

#### Válcování profilů

Válcují se na profilových válcovacích stolicích. Válcovaný materiál prochází postupně kalibry, které se zmenšují, aniž se válce k sobě přibližují. Poslední kalibr má tvar požadovaného profilu.

#### Válcování plechů

Plech se válcuje ve válcovacích stolicích s hladkými válci z plochých předválců (ploštín). Nejprve se válcuje napříč, aby se dosáhlo potřebné šířky plechu. Potom se plech otočí o 90° a válcuje se na délku. Tím se dosáhne stejnoměrné tloušťky a rovnoměrnějších vlastností materiálu v podélném i příčném směru válcování. Vyrábějí se **plechy tlusté** (nad 4mm) a **tenké** (pod 3.5mm). Mohou být pocínované, pozinkované, poolověné nebo lakované.

Plechý s hladkým povrchem, velkou přesností a dobrými mechanickými vlastnostmi, se dokončují válcováním za studena. Výchozím polotovarem jsou pásy válcované za tepla.

### Válcování drátů

Drát do  $\varnothing$  5 mm se válcuje (pod 5 mm se vyrábí tažením) na speciálních válcovacích stolicích za tepla. Válcovací tratě jsou kontinuální.

### TAŽENÉ POLOTOVARY

Výchozí polotovar (tyč, drát ap.) se protahuje (kalibruje) **průvlakem** (kalibrem) z kalené oceli, slinutého karbidu nebo diamantu.

### Tažení profilů

Tažené profily (tyče kruhové, šestihranné, čtyřhranné ap.) jsou velmi přesné (h9, h11), takže nepotřebují další obrábění. Táhnou se nepřetržitě na **tažných stolicích**. Tažené profily se používají hlavně v sériové a hromadné výrobě při výrobě součástí na revolverových soustruzích a automatech.

### Tažení drátů

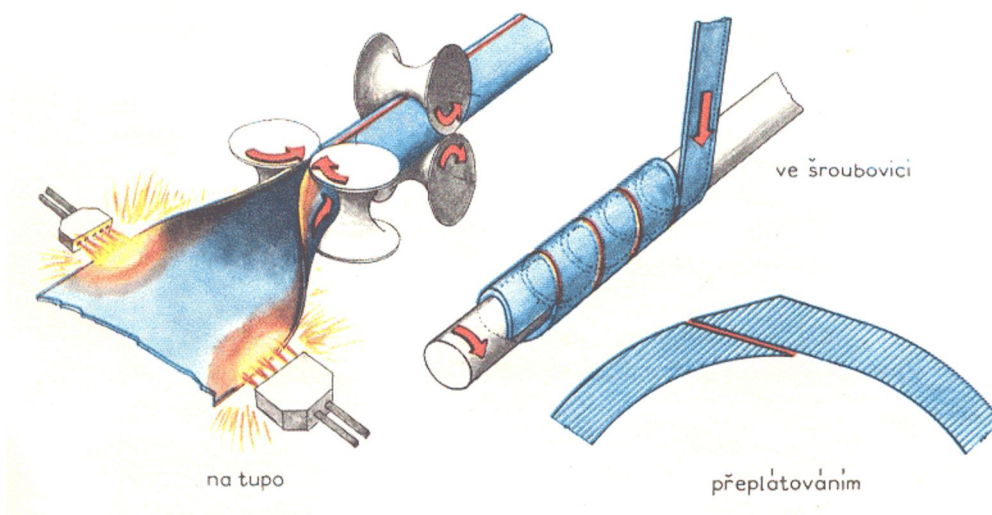
Dráty (pod  $\varnothing$  5 mm) se táhnou nepřetržitě na bubnových tažných stolicích - - **drátotazích**. Drát se postupně protahuje stále menšími kalibry. Několikerým tažením drát ztvrdne a zkřehne a nelze jej dále táhnout. Musí se proto asi po 3 tazích normalizačně žíhat (patentovat).

## VÝROBA TRUBEK

Ocelové trubky jsou buď **svařované (švové)** nebo **bezešvé**.

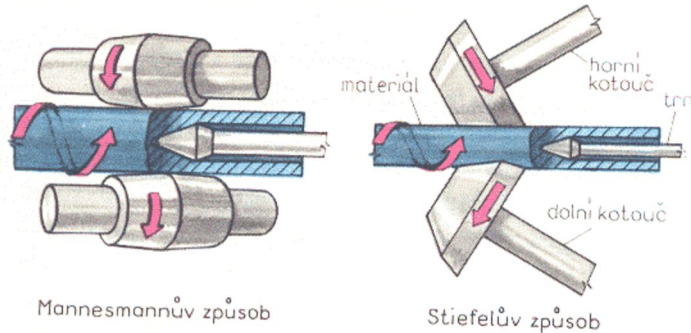
### Trubky svařované

Vyrábí se z pásové oceli. Okraje se svaří na tupo, přeplátováním nebo ve šroubovici.



## Trubky bezešvé

Vyrábí se válcováním způsobem **Mannesmann** nebo **Stiefel**.

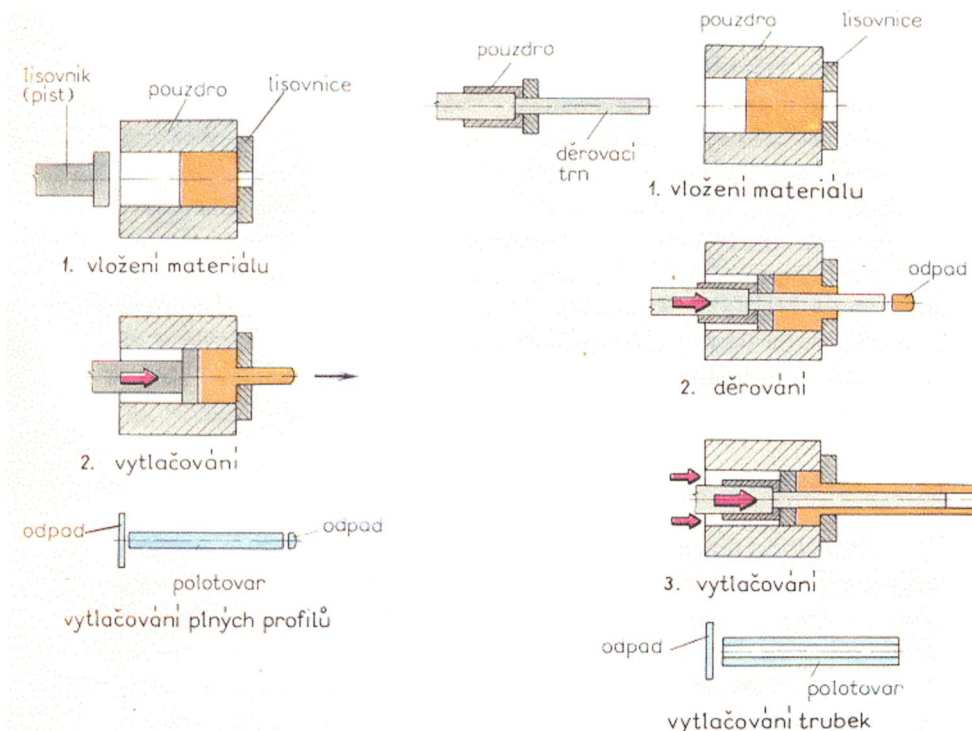


**Mannesmannův způsob** spočívá v tom, že válcováním vývalku mezi dvěma válci s mimoběžnými osami a téhož směru otáčení nastává kromě otáčení ještě šroubovitý posuv. Tím, že na vývalek působí jednosměrné stlačení materiálu, vzniká v jeho středu velké tahové napětí, které porušuje materiál a vytváří tak ve vývalku dutinu. Pokud se chce dosáhnout hladké dutiny, lze použít trnu.

**Stiefelův způsob** je založen na stejném principu jako Mannesmannův. Pracovní válce mají tvar kotoučů. Jen pro výrobu trubek menších průměrů (v Kunčicích od  $\varnothing 20$  do 140mm rychlostí 1000 m trubek za hodinu).

## VYTLAČOVANÉ POLOTOVARY

Principem této metody je vytlačování materiálu otvorem menšího rozměru, než je rozměr výchozího materiálu. Vyrábějí se tak tyče, trubky a různé profily převážně z neželezných kovů, ale také i z uhlíkových a slitinových ocelí, způsobem dopředného protlačování. Vytlačování je produktivnější způsob tváření než válcování a tažení. Žádaného profilu se dosáhne jedinou redukcí.



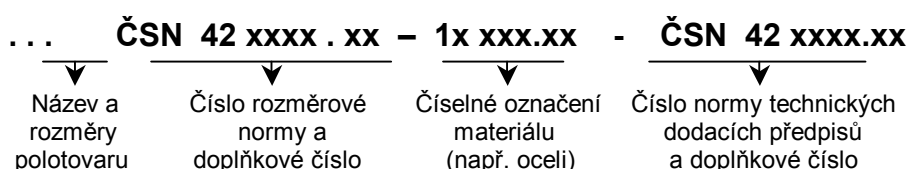
## Volba a použití hutních polotovarů

Hutní polotovary jsou normalizované a patří k nejlevnějším. Proto je snahou používat je při konstrukci co nejvíce.

Normalizované polotovary, které se zpracovávají na obráběcích strojích, tvoří hlavně válcovaný nebo tažený tyčový materiál. Normalizované rozměry jsou odstupňovány v řadě velikostí, takže při volbě rozměru polotovaru se musí volit rozměr nejbližší vyšší než je rozměr součásti zvětšený o přídavek na obrábění. To vede mnohdy k značnému odpadu (nevýhoda u legovaných materiálů). Proto je-li to možné s ohledem na požadovanou přesnost rozměrů a jakost povrchu, se volí tažené polotovary, nemusí mít přídavek na obrábění. V sériové výrobě bude mnohdy výhodnější volit polotovar jako zápusťkový výkovek.

## Značení polotovarů

Každý normalizovaný polotovar má své označení, které lze schematicky znázornit podle následujícího vzoru:



Význam doplňkového čísla u rozměrové normy lépe a přesněji charakterizuje daný polotovar. Doplňkové číslo se skládá ze dvou doplňkových číslic, od ČSN je odděleno tečkou. Význam těchto doplňkových číslic je různý, podle druhu polotovaru, např.:

### Tyče válcované za tepla

**ČSN 42 55xx . xx**

Účel, pro který jsou výrobky určeny	Stupeň přímosti
0 – použití ve stavu válcovaném	0 – tyče nerovnané
1 – k obrábění	1 – tyče rovnané
2 – k tváření	2 – tyče zvlášť rovnané
4 – k tváření a lepší jakosti povrchu	9 – tyče rovnané dle dohody

### Tyče tažené za studena

**ČSN 42 65xx . xx**

Jakost (úprava) povrchu	Stupeň rovinnosti
1 – povrch lesklý	2 – normálně rovnané
3 – povrch loupaný	3 – přesně rovnané
5 – povrch broušený	4 – zvlášť přesně rovnané
6 – povrch leštěný	



## Výběr ocelových polotovarů a výtahy z příslušných norem ČSN

Polotovar	Zpracování	Materiál (třída oceli)	ČSN		Poznámka	
			rozměrová	technické dodací předpisy		
Tyče	válcované za tepla	10 a 11	42 5510	42 0138	povrch pouze okujený	
		12 až 16 a 19	42 5515	42 0220 42 0222	obvyklé provedení	
		12 až 17 a 19	42 5516	42 0220 4 0221 42 0222	přesné provedení	
	tažené za studena	10 až 16	42 6510 42 6511	42 0134	mezni úchytky h11 mezni úchytky h9	
	čtvercové	válcované za tepla	10 a 11	42 5520	42 0138	povrch pouze okujený
			12 až 17 a 19	42 5519	42 0220 42 0221 42 0222	A – provedení obvyklé B – provedení přesné
		tažené za studena	10 až 16	42 6520	42 0134	mezni úchytky h 11
	ploché	válcované za tepla	10 a 11	42 5522	42 0138	
			12 až 17 a 19	42 5523	42 0220 42 0221 42 0222	A – provedení obvyklé B – provedení přesné
	široká ocel		10 a 11	425524	42 0138	široká ocel
	ploché	tažené za studena	10 až 16	42 6522	42 0134	
	šestihranné	válcované za tepla	12 až 17 a 19	45 5530	42 0220 42 0221 42 0222	A – provedení obvyklé B – provedení přesné
	šestihranné	tažené za studena	10 až 16	42 6530	42 0134	mezni úchytky h11
	průřezu rovnoramenného L	válcované za tepla	10 a 11	42 5541	42 0135	
průřezu nerovnoramenného L	42 5545					
průřezu IE	42 5551					
průřezu UE	425571			E - ekonomický		
Plech	tenké	10 a 11	42 5301	42 0118	plechy tenké	
	tenké hlubokotažné	11 a 12	42 5302	42 0128	plechy tenké hlubokotažné	
	tenké	12 až 16	42 5303	42 0228	plechy tenké	
	tlusté	10 až 16	42 5310	42 0109 42 0209	plechy tlusté	
	plechy	17	42 5315	42 0210		
		19	42 5316	42 0211	oceli 19 8xx jen ČSN 42 5316.2	
	pocínované	žíhané na měkko, lehce 3x převálcované za studena	11 320	42 5330	42 0130	
	poolověné			42 5331	42 0131	
	pozinkované			42 5332	42 0132	
žebrované	válcované za tepla	10 000.0	42 5390	42 0209	bez přejímání	

Polotovary		Zpracování	Materiál (třída oceli)	ČSN		Poznámka	
				rozměrová	technické dodací předpis		
Pásy	pásy a pruhy	válcované za tepla	10 a 11	42 5340	42 0145	dodávají se ve svitcích nebo pružích	
	pásy		12 až 16 a 19	42 5342			
		válcované za studena	10 až 16	42 5350	42 0107	kle stahování beden a balíků	
			10 004.20 11 373.25	42 5356			
Trubky	trubky	bezešvé, závitové	10 004 11 353	42 5710	42 0250	pro domácí instalaci (plyn, voda, apod.)	
		bezešvé válcované nebo tažené za tepla	10 až 16	42 5715	42 0250 42 0251	na zvláštní přání dodávají se trubky s různými ochrannými povlaky podle ČSN 13 0054	
				42 5716			malé mezní úchytky
		tavně svařované	17	42 5718	42 0253	viz příslušná norma	
		svařované obyčejné	11	42 5719	42 0142		
		bezešvé přesné válcované nebo tažené za tepla	17	42 5750	42 0252	povrch okujený nebo mořený	
		bezešvé přesné válcované nebo tažené za studena		42 6750		povrch mořený	
		bezešvé přesné, tažené za studena	11 až 15	42 6710	42 0250	běžné mezní úchytky	
			11 a 12	42 6711		malé mezní úchytky	
			11	42 6712		velmi malé úchytky	
Profily	čtvercové	tenkostěnné profily svařované	11 321.0	42 6935	42 0121	povrch lesklý	
	obdélníkové		11 321.2			povrch okujený	
			11 320.0	42 6935		povrch lesklý	
			11 320.2			povrch okujený	
	průřezu rovnoramenného L	tenkostěnné profily tažené	10 000.0	42 6949	matný nebo lesklý povrch		
průřezu nerovnoramenného L	10 004.0		42 6950				
	11 320.0 11 343.0						
průřezu U			42 6963				
Dráty	drát	tažený	11 300 11 320 11 343 11 373	42 6410		pro všeobecné účely	
			tažený patentovaný	12	42 6450		na pružiny
			tažený žíhaný	14 260	42 6480		

## Určení velikosti tyčového hutního polotovaru pro strojní součást

Hutě dodávají tyčový materiál v různých délkách (viz rozměr.norma ČSN). K obrábění do mechanických dílen se dodává rozdělený na přířezy nebo v tyčích (pro revolverové soustruhy nebo automaty). Dělení se provádí stříháním, rozřezáváním pilami, upichováním nebo pálením. Někdy se musí materiál, zejména tyčový, před obráběním rovnat, protože nerovnost by mohla činit potíže při posouvání a upínání. Tyto práce se provádějí v přípravně materiálu, která je součástí skladu materiálu.

Správná volba polotovaru má vliv nejen na pracnost výroby, ale i na **spotřebu materiálu**, která má zase vliv na zvyšování produktivity práce. Proto se v podnicích vypracovávají **normy spotřeby materiálu**.

Normy spotřeby materiálu mají zajistit:

- nezbytné množství materiálu k zajištění výroby
- dobré hospodaření s materiálem - nevytváření nadnormativních zásob

Při výrobě součásti vzniká odpad (ztráty)  $z_m$ :

- upichováním -  $z_U$
- koncovým odpadem -  $z_K$
- vlastním obráběním -  $z_O$

**Celkové ztráty materiálu** u jedné součásti:

$$z_m = z_U + z_K/n + z_O \quad (\text{kg})$$

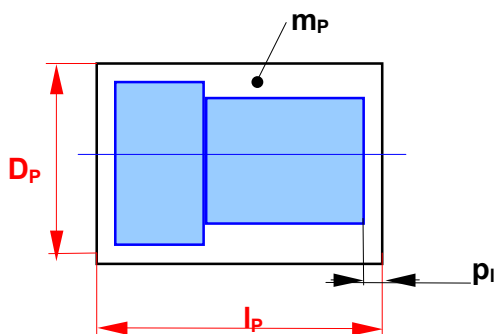
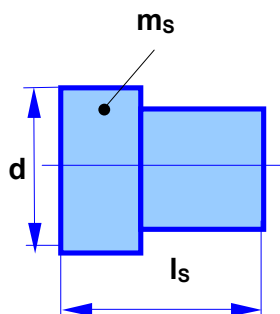
**Norma spotřeby materiálu** (hmotnost polotovaru  $m_P$ ) na jednu součást:

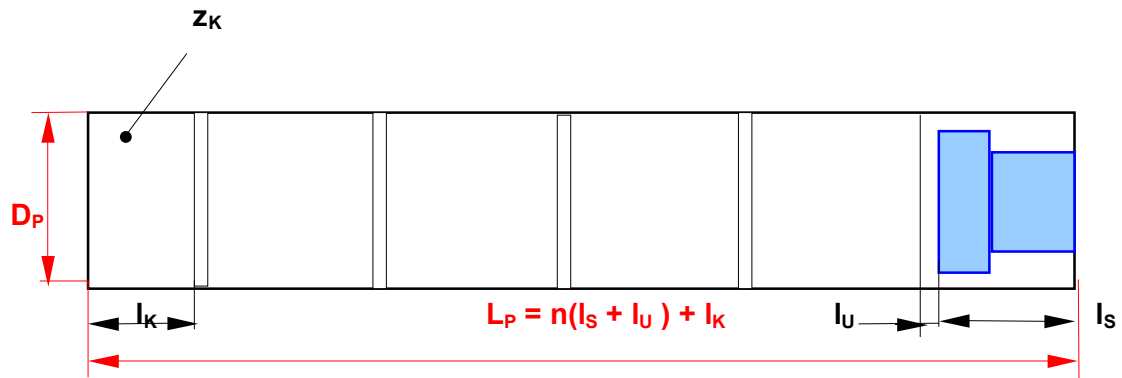
$$N_m = m_S + z_m \quad (\text{kg})$$

**Součinitel využití materiálu**  $k_m$  vypočítáme z hmotnosti součásti  $m_S$  a normy spotřeby materiálu  $N_m$ :

$$k_m = m_S / N_m$$

$$k_m = 0,6 \div 0,8$$





### Přídavky na obrábění tyčového materiálu

1. Přídavky na průměr  $p_d = 0,05 d_s + 2$
2. Přídavky na délku  $p_l$

#### Přídavky na délku:

- a) přídavky na dělení (rozpich) materiálu
- b) přídavek na zarovnání stran (čel) 1 - 1,5 na jednu plochu
- c) Přídavek na středící důlek
- d) přídavek na upichování a zarovnávání čelních ploch a přídavek na upnutí
- e) přídavek k ochraně části obrobku před cementováním