

**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

**Ing. ZEMČÍK Oskar,CSc.**

**TECHNOLOGICKÉ PROCESY**  
část obrábění

UČEBNÍ TEXTY KOMBINOVANÉHO BAKALÁŘSKÉHO STUDIA

# UČEBNÍ OSNOVA

Předmět: TECHNOLOGICKÉ PROCESY (část obrábění )

Studijní obor : 23 – 07 – 7 Strojírenská technologie.  
kombinované bakalářské studium

Ročník/semestr : 3.roč./zimní

Počet výuk.hodin: 22 hodin ( 11 hodin odbor 3311, 11 hodin odbor 3313 )

Charakteristika předmětu : Metodika technologické přípravy výroby strojírenských součástí se zaměřením na jejich výrobu obráběním. Navrhování výrobních postupů a analýza příslušných souvislostí.

**Cíl předmětu:** Zvládnutí metodiky navrhování výrobních postupů obráběných typických strojírenských součástí z hlediska vazeb na jednotlivé výrobní procesy.

Literatura:

Zemčík. O. : Technologická příprava výroby. Skriptum FSI VUT v Brně, 2002

Zemčík. O. : Technologická příprava výroby. Přílohy- CD knihovna FSI, internet  
[kfst2.fme.vutbr.cz/obrabeni/publikace/data/tgvp.zip](http://kfst2.fme.vutbr.cz/obrabeni/publikace/data/tgvp.zip)

Zemčík. O. : Technologické procesy. Sylaby FSI VUT v Brně 2002 (CD) (v přípravě )

Zemčík, O.: Projektování výrobních procesů I. Skriptum FSI VUT v Brně, 1990

Vigner, M. a kol.: Metodika projektování výrobních procesů. SNTL Praha, 1984

Humár, A.: Slinuté karbidy a řezná keramika pro obrábění. CCB Brno, 1998

Kocman, K.-Němeček, P.: Aktuální příručka pro technický úsek. Verlag Dashöfer Praha, 1998

Normativy. Normy ČSN,DIN. Katalogy strojů,nástrojů,měřidel,pomůcek. Strojírenské tabulky.

Videokazety. Příručky obrábění. (COROMANT) apod.

Garant předmětu: Ing. Oskar ZEMČÍK, CSc.

Téma: Osnova konzultací : Hodin :

- |    |  |   |
|----|--|---|
| 1. | Technologická příprava výroby jako integrovaná součást výrobního procesu.<br>Strojírenský výrobní proces a jeho členění. Technologická příprava výroby<br>Systém, náplň, časové a obsahové návaznosti. Automatizace technologické<br>přípravy výroby.  | 1 |
| 2. | Metodika navrhování výrobních postupů.<br>Podklady pro zpracování výrobních postupů. Členění výrobních postupů.<br>Počet a pořadí operací, číslování operací, popis práce v operaci. Volba<br>Polotovarů. Přídavky na obrábění. Volba obráběcích strojů, požadavky,<br>označení ve VP. Vybavenost nářadím. | 3 |
| 3. | Technologické základny.<br>Definice, podmínky volby technologických základen. Lineární rozměrové<br>systémy.   | 1 |

4.	Technologičnost konstrukce. Kritéria, analýza vybraných kritérií.	1
5.	Třídění spotřeby času ve strojírenství. Z hlediska pracovníka a výrobního zařízení. Označování ve výrobních Podkladech. Normativy času.	2
6.	Racionalizace práce – vícestrojová obsluha. Rozbor časového využití. Součinitel zaměstnanosti. Základní varianty vícestrojové obsluhy.	1
7.	Výběr optimální varianty obráběcích strojů.	2

## 1. TÉMA

### TECHNOLOGICKÁ PŘÍPRAVA VÝROBY JAKO INTEGROVANÁ SOUČÁST VÝROBNÍHO PROCESU

Technologické projektování je jedna ze základních činností v podniku, která zajišťuje vlastní výrobní činnost. Celou problematiku této činnosti je potřeba brát ve všech fázích systémově a komplexně. Základem je hledání **optimální konstrukce výrobku, optimální technologické metody, optimální úrovně výrobních zařízení, vybavení a jejich automatizace, struktury a úrovně celého výrobního systému a to při různých výrobních podmínkách**, z nichž nejzávažnější je výrobní množství. Celá oblast technické přípravy výroby ( TPV ) musí být výsledkem systematické **spolupráce** konstruktéra a technologa.

Každá ze základních technologií – **slévání, tváření, svařování, obrábění a montáž** má řadu technologických metod z nichž technolog po analýze výrobního programu a součástkové základny volí tu, která je **za daných výrobních podmínek optimální** a po určení vhodného optimálního výrobního zařízení a vybavení, zpracuje konkrétní výrobní postup. Při tom musí respektovat návaznost jednotlivých technologických metod ve všech fázích výrobního procesu, tj. od výroby polotovaru až po konečnou montáž, tak aby bylo dosaženo **optimálního ekonomického průběhu celého výrobního procesu**.

Technologické projektování strojírenských výrobních procesů a systémů je v podstatě velmi rozsáhlá, náročná tvůrčí činnost, která vyžaduje vzájemnou součinnost řady profesionálně specializovaných pracovníků. Proto řešení projektových úkolů vyžaduje systémový a komplexní přístup k řešení daných úkolů. Zejména jde o logické rozdělení celého problému na jednotlivé úlohy s respektováním vzájemných vztahů ve výrobním procesu jak ve vnitřních, tak i vnějších vztazích.

## Členění strojírenského výrobního procesu

Výrobní proces strojírenského podniku je souhrn pracovních, technologických a přírodních procesů, jejichž účelem je měnit tvar, složení, jakost a spojení pracovních předmětů za účelem získání užité hodnoty – **strojírenského výrobku**. Strojírenský výrobní proces můžeme dělit z hlediska : - Charakteru složek výrobního procesu,

- vztahu k výrobku,
- vztahu k výrobnímu programu,
- vztahu k časovému průběhu výrobního procesu.

### *Podle charakteru složek dělíme výrobní proces na :*

**Technologický proces** – což je souhrn činností ( tváření, obrábění, montáž, apod. ) uspořádaných v časovém sledu na sebe navazujících operací, které záměrně a postupně mění tvar, rozměry, fyzikální vlastnosti, jakost a probíhá nezávisle na pracovním procesu.

**Pracovní proces** – což je souhrn činností, které vykonává ve výrobním procesu pracovní síla pomocí pracovních prostředků ( manipulace, kontrola, apod. ).

Technologická a pracovní činnost v celku charakterizují strukturu výrobního procesu, která závisí především na druhu a množství výrobků, typu organizace, atd. Struktura technologických a pracovních činností ovlivňuje celkovou pracnost strojírenské výroby. Hlavní zdroj zvýšení produktivity práce, efektivnosti výrobního procesu spočívá zejména ve stanovení optimální struktury jednotlivých technologických a pracovních činností, na zvýšení podílu používání progresivních technologií a zařízení, mechanizaci a automatizaci výrobního procesu.

### *Ve vztahu k výrobku členíme výrobní proces na :*

**Hlavní výrobní proces**, který tvoří souhrn hlavních technologických činností , které mění tvar, složení, jakost, atd. pracovních předmětů ( surovin, materiálu, apod. ), které jsou určeny k expedici mimo závod.

**Pomocný výrobní proces**, který mění rovněž tvar, jakost, atd., pracovních předmětů, které však materiálně nepřechází do hotových výrobků určených k expedici ( výroba nástrojů, přípravků, zápustek, apod. ).

**Vedlejší ( obslužný ) výrobní proces** zajišťuje pro podnik např. všechny druhy energií, ( elektrická, tepelná, tlaková, apod. ), manipulace s materiálem, skladování, expedice, apod.

### *Ve vztahu k výrobnímu programu se člení výrobní proces na :*

**Hlavní výrobu**, kterou tvoří základní výrobní program, který je rozhodující pro specializaci podniku, určuje jeho profil a je směrodatný pro určování kapacity podniku.

**Doplňkovou výrobu**, která umožňuje lepší kapacitní využití výrobních ploch, zařízení a materiálu.

**Přidruženou výrobu**, která se zavádí např. z důvodu lepšího využití odpadu.

### *Ve vztahu k časovému průběhu dělíme výrobní proces na etapy :*

**Předvýrobní** – zahrnuje veškerou činnost nevýrobních útvarů s celou problematikou výzkumu a vývoje, projekce, konstrukce, technologické přípravy výroby včetně zabezpečení materiálu, nástrojů, měřidel, přípravků, výrobních zařízení, atd., až po okamžik zahájení vlastní výroby.

**Výrobní** – zahrnuje úsek od zahájení vlastní výroby až po převzetí výrobku útvarem řízení jakosti ( ORJ,ÚRJ,OTK ) a předáním na sklad.

**Povýrobní** – zahrnuje skladování výrobku, konzervaci, balení, expedici, uvedení výrobku do provozu u uživatele.

Součástí předvýrobní etapy je i technická příprava výroby, která zahrnuje *konstrukční, technologickou a projekční* přípravu výroby.

### **Technická příprava výroby ( TPV )**

Tuto lze chápat jako souhrn činností a opatření *technicko – organizačního* charakteru, zaměřených na zpracování konstrukční technologické, projektové dokumentace a materiálně technického vybavení výrobního procesu. Ze zkušenosti vyplývá, že konstrukční a technologická příprava výroby tvoří hlavní články TPV a svou úrovní podstatně ovlivňují úroveň výrobku a výrobních systémů a tím i výrobní proces.

### **Konstrukční příprava výroby ( KPV )**

Je zaměřena na konstruování nových výrobků nebo modernizaci stávajících výrobků. Snahou je, dosáhnout funkčně co nejdokonalejší a provozně co nejehospodárnější, konstrukčně jednoduchý a vzhledově co nejideálnější výrobek. Náklady na výrobu daného výrobku jsou již rozhodující měrou ovlivněny při konstrukci daného výrobku. Konstrukce také podstatně ovlivní výsledky práce technologie a projekce.

### **Technologická příprava výroby ( TgPV )**

Je souhrn technicko – organizačních činností a opatření zaměřených na zpracování výrobní dokumentace a podkladů pro materiální vybavení výrobního procesu. Výrobní dokumentace obsahuje soubor závazných technicko-organizačních a ekonomických údajů potřebných pro zajištění racionální výroby z hlediska navrhované technologie výroby, manipulace, kontroly, organizace a ekonomiky práce. Časová obsahová návaznost základních činností v TgPV je uvedena na obr. 1.

### **Projektová příprava výroby ( PPV ) ( technologická část )**

Řeší otázky časové a prostorové z hlediska požadovaných cílů technologického projektu. Rozsáhlá činnost v PPV vyžaduje spolupráci různých specialistů.

### **Automatizace technologické přípravy výroby**

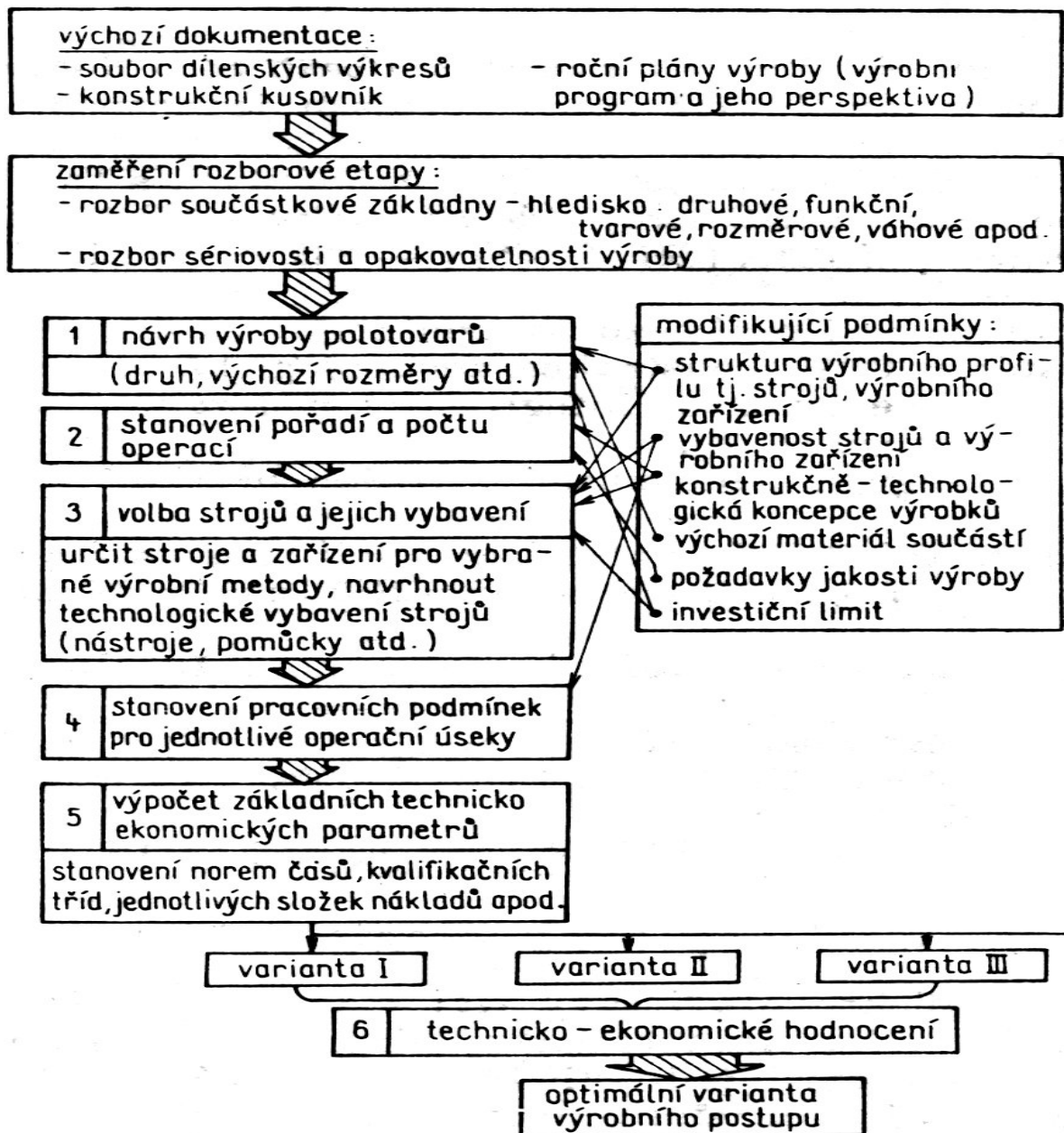
Automatizace prací v TPV vyplývá z charakteru jednotlivých činností v KTV, TgPV, PPV. Z rozboru činností v TPV vyplývá, že z celkového rozsahu činnosti připadá 1 až 5 % na intuitivní činnost, 25 až 50 % intuitivní a formálně logickou činnost, 45 až 75 % na rutinní činnost. Tzn., že značná část činností v TPV je algoritmizovatelná, tedy že ji lze popsat a realizovat na počítači formou logických a aritmetických operací. Použití výpočetní techniky v oblasti TgPV se zaměřuje především :

Na zpracování optimalizačních úloh technologického charakteru ( optimalizační nástřihové plány, řezné podmínky, mezioperační přídavky, atd. ).

Na zpracování výrobních a montážních postupů, operačních technologií a řídicích programů pro NC stroje.

Na zpracování dat technicko ekonomického charakteru ( výpočet normy času, spotřeby materiálu, atd. ).

Automatizace ve strojírenské výrobě se nejčastěji používá integrovaný systém automatizace CAD/CAM. Tento systém má tři základní podsystémy, které se dále rozvíjejí a člení.



Obr. 1. Rámcové schéma časové a obsahové návaznosti základních činností technologické Přípravy výroby.

*Konstrukce výrobků a jejich částí - CAD ( Computer Aided Design ),*

*Technologická příprava výroby – CAP ( Computer Aided Proces Planing ),*

*Automatizace řízení výrobního procesu – CAM ( Computer Aided Manufacturing ).*

Systém CAD/CAM je řešen systémově od přípravy materiálu, přes technickou kontrolu, obsluhu, manipulaci, výrobu, montáž až po expedici.

## 2. TÉMA

### METODIKA NAVRHOVÁNÍ VÝROBNÍCH POSTUPŮ

Předpis *účelného* pořadí a počtu jednotlivých operací, které mají být vykonány na pracovním předmětu v časové posloupnosti nazýváme **výrobní postup**. (u montáže pak montážní). Výrobní postup se skládá z *technologické* části, která obsahuje pouze nutný sled technologie pro míněné změny na pracovním předmětu, což je **technologický postup** a části, která obsahuje činnost pracovníka, což nazýváme **pracovní postup**. Přeměna výchozího polotovaru v hotový výrobek probíhá ve **výrobním procesu**. Souhrn výrobních procesů nazýváme strojírenskou technologií, kterou dělíme do tří základních skupin :

- výroba polotovarů součástí,
- výroba hotových součástí,
- montáž ve stroje a zařízení.

Dle rozdělení strojírenské technologie dělíme výrobní postupy na :

- výrobní postupy pro přípravu polotovarů,
- výrobní postupy pro zpracování součástí,
- výrobní postupy pro montáž strojů a zařízení.

Výrobním postupem musíme zabezpečit *předepsanou jakost výrobku, nejkratší průběžnou dobu výroby a nejnižší výrobní náklady* na zhotovení výrobku. Vypracování pokrokového, racionálního výrobního postupu je základem pro dosažení nejoptimálnější technické a ekonomické stránky výrobního procesu.

Z metodického hlediska spočívá vypracování *výrobního postupu* v řešení následujících úloh :

1. Stanovení **optimálních** rozměrů, tvaru a hmotnosti materiálu pro výrobu polotovarů.
2. Určení sledu, druhu a počtu operací **nezbytných** pro výrobu.
3. Navržení **technicky** vhodného a **ekonomicky** účelného výrobního zařízení.
4. Určení **vhodné** technologické základny, **vhodného** ustavení a **účelného** upnutí obrobku v dané operaci.
5. Přepočítání rozměrů, pokud se neshoduje technologická s konstrukční základnou.
6. Rozvržení celkového přídávku na jednotlivé operace a stanovení mezioperačních rozměrů a tolerancí.
7. Návrh **nejvhodnějšího** náradí ( nástrojů, měřidel, přípravků, pomůcek ).
8. Stanovení **optimálních** řezných podmínek včetně prostředí.
9. Předepsání normy času a výše mzdy.
10. Vypracování technologické dokumentace ( forma je odvislá od vybavení pracoviště ).
11. Provádět prověrky efektivnosti výroby a uplatňovat nové pokrokové technologie.

## Podklady pro navrhování výrobních postupů

Při navrhování výrobních postupů je potřeba celá řada informací, které jsou čerpány z následujících podkladů :

1. *Konstrukční dokumentace*
  - výrobní výkresy součástí,
  - výkresy sestav a podsestav,
  - konstrukční kusovníky,
  - výkresy polotovarů,
  - technické přejímací podmínky.
2. *Plánovací dokumentace*
  - výrobní program,
  - plán výroby.
3. *Normativní dokumentace*
  - katalogy strojů, náradí a pomůcek,
  - strojní karty, pasporty strojů,
  - normativy řezných podmínek, časů, spotřeby materiálu, technicko hospodářské normy, tarifně kvalifikační katalog, třídník strojů a zařízení v kovoprůmyslu, atd.
4. *Organizační údaje*
  - kooperační vztahy,
  - údaje o organizaci dílny, cechu, závodu, podniku, apod.

Kromě uvedených technicko-organizačních dokumentů a údajů, které obsahují základní vstupní informace, má technolog k dispozici různé metodické pokyny jako např. vzorové postupy výroby, třídníky součástí, programy, apod. Na kvalitě a kompletnosti vstupních údajů bude záležet nejen kvalita zpracování výrobní dokumentace, ale i výsledek výroby a montáže. Forma a způsob zpracování výsledné dokumentace je odvislá od vybavení pracoviště technologické kanceláře.

## ČLENĚNÍ VÝROBNÍHO POSTUPU

Výrobní postu členíme podle použité *technologie* nebo *pracovní* činnosti na jednotlivé operace ( ruční, strojní, kontrolní, dopravní, manipulační, montážní, apod. ).

**Operací** rozumíme část výrobního postupu, která se vykonává zpravidla jedním nebo několika pracovníky na jednom *technologickém* nebo *pracovním* místě, na jedné nebo několika součástech *současně a nepřetržitě*. Je charakterizována stejným *pracovním* nebo *technologickým* místem a stejným *předmětem práce*. Operace je základní jednotkou pro organizaci a řízení práce, normování práce, plánování a evidenci výroby.

Operace se dále člení na : ( viz obr. 2 )

**Ustavení** - je část operace prováděná na jedno upnutí obrobku při jedné poloze obrobku vůči nstroji.

**Úsek** - je část operace prováděná na jedné ploše nebo skupině ploch obrobku, jedním nebo skupinou nástrojů za stejných pracovních podmínek.

**Záběr** - je část úseku, zpravidla se při něm odebírá část celkového přídavku.

**Úkon** - je část úseku netechnologického charakteru, je však nezbytný k tomu, aby proběhl proces řezání.

**Pohyb** - je elementární část úkonu, používaná pro podrobnou analýzu výrobního procesu. Používá se především v hromadné a velkosériové výrobě.

V kusové a malosériové výrobě se výrobní postup dělí na operace, pouze u velmi složitých výrobků a náročných operací na úkony.





Propracování výrobních postupů je závislé na *tvaru, složitosti* výrobku nebo montážního celku, *sériovosti a opakovatelnosti výroby*, možném stupni mechanizace a automatizace výrobního procesu.

### **Stanovení počtu a pořadí operací**

Výrobní postup je závazný předpis postupu výroby od polotovaru po hotový výrobek, proto musí obsahovat veškeré informace potřebné k řízení a zabezpečení racionální výroby samotné.

**Stanovení počtu operací** při obrábění je dán :

1. Počtem a druhem obráběných ploch.
2. Požadavkem, tvarové, rozměrové přesnosti a drsnosti obráběných ploch (operace technologické a kontrolní ).
3. Sériovostí a opakovatelností výroby.
4. Jakostí obráběného materiálu a druhem polotovaru ( operace tepelného zpracování a přípravy pro obrobny ).

**Určení pořadí operací**, se stanoví tak, aby byla plně zajištěna nejen kvalita výrobku, ale i nejmenší spotřeba práce, materiálu, energie, nejkratší průběžná doba, atd. Pořadí operací nebo úseků je dáno :

1. *Tvarovou složitostí* - tj. počtem obráběných ploch, zejména jejich *funkční a technologickou vazbou*.
2. *Materiálovou náročností* - z hlediska tepelného zpracování, povrchových úprav, apod.
3. *Požadavky montáže* - na funkční vazby několika součástí z hlediska polohy, uložení, apod.

Z uvedeného vyplývají určité technicky podmíněné návaznosti, které slouží pro stanovení typového sledu výroby ( viz tab. 1. ). Z tohoto typového sledu operací je zřejmé, že můžeme výrobní postup rozdělit na :

**Základní operace** ( nebo operační úseky ), které se vztahují k obrábění základních ploch (funkčních).

**Druhořadé operace**, nutné k výrobě vedlejších nebo pomocných ploch, které mají funkční význam a vyskytují se nepravidelně.

U základních operací musíme dodržet vzájemné pořadí určené funkční nebo technologickou vazbou. Druhořadé operace převážně vyžadují dodržení technologické vazby a nekladou požadavky funkčních vazeb a proto dovolují určitou volnost v pořadí mezi základními operacemi.

Při obrábění je možno sled operací ve výrobním postupu určovat dle dvou základních pravidel :

1. Dle objemu odebíraného materiálu  $V_{\max} \rightarrow V_{\min}$
2. Dle přesnosti obráběných ploch  $IT_{\max} \rightarrow IT_{\min}$

Dle těchto pravidel můžeme rozdělit operace na :

1. *Obrábění na hrubo* – odstraňování přebytečného materiálu, narušené vrstvy, atd.
2. *Obrábění na čisto* - zabezpečení tvaru, přesnosti, polohy ploch obráběných rozměrů.
3. *Obrábění dokončovací* – zabezpečení požadované drsnosti povrchu, určitého fyzikálního stavu na mezní vrstvě obráběné plochy.

Důvody pro takovéto členění výrobních operací vyplývají z vlastního procesu řezání a z průvodních jevů, které vznikají jako důsledky.

**Popis práce v operaci**, musí být *jednoznačný, technicky stručný a příkazový*, musí být *srozumitelný a zcela vystihovat obsah předepsané práce v operaci*.

Mimo popisu nebo operačního náčrtu musí návodka operace obsahovat : název a označení výrobního zařízení, třídící číslo pracoviště, nástroje, přípravky, měřidla, pomůcky, prostředí, technologické podmínky, jednotkový čas strojní, placený, dávkový, TKK, počet upnutých kusů, počet obsluhovaných strojů, Kč/ks, atd.

Číslo typového sledu	Obsah technologické etapy	Poznámka
1	příprava polotovarů pro mechanické provozy	dělení a rovnání tyčového materiálu, úprava výkovků a odlitků
2	tepelné zpracování — úprava polotovarů	odstranění pnutí
3	vstupní kontrola materiálu do mechanických provozů	kontrola jakosti materiálu, rozměrů, tvarů apod.
4	výroba technologických základů	soustružení, frézování, broušení, vrtání apod.
5	hrubovací operace — obrábění základních ploch	soustružení, frézování, vrtání apod.
6	tepelné zpracování	odstranění pnutí, zlepšení obrobitelnosti
7	obrábění načisto základních ploch	soustružení, frézování, broušení, vyvrtávání, atd.
8	obrábění druhořadých ploch — plošky, díry $\perp$ na osu rotace, apod.	frézování, vrtání
9	obrábění tvarových ploch — ozubení, závity, drážky	frézování, obrážení, soustružení, válcování atd.
10	přípravné operace pro tepelné zpracování	např. cementace
11*	obrábění ploch, které nebudou dále tepelně zpracovány	např. odstranění cementační vrstvy
12	tepelné zpracování pro zvýšení tvrdosti povrch. vrstev	kalení apod.
13	povrchové úpravy	např. galvanické pokovování, fosfátování, smaltování atd.
14	dokončovací operace funkčních ploch	broušení, vyvrtávání
15	dokončovací operace tvarových ploch	broušení, brusné ševingování
16	dokončování velmi přesných funkčních ploch	jemné broušení, lapování, superfinišování, honování, válečkování apod.
17	konečná kontrola	úplnosti, funkce, spolehlivosti atd.

**\*) Mezioperační kontrolu zařadíme do typového sledu podle druhu a složitosti konkrétních součástí.**

Tabulka 1. Rámcové schéma typového sledu technologických etap výroby strojních součástí.

V sériové a hromadné výrobě a u složitých součástí je popis v operaci doplněn operačním náčrtem s operačními rozměry a vyznačením obráběných ploch.

Složitější je popis práce u montážních operací, kde kromě popisu vlastní práce je nutno zachytit rovněž pořadí součástí vstupujících do montážního celku. Často popis v montážní operaci předepisuje uložení součástí a nářadí na montážním pracovišti.

## Číslování operací ve výrobním postupu

Ve strojírenské výrobě se používá dvojí základní číslování :

**Postupné** - 1,2,3,4,.....,n kde poslední číslo udává také počet operací celkem.

Při vkládání a vyjímání operací během výroby při požadovaných změnách pak vkládáme např. Mezi operací 2 a 3 operaci označenou 2a, pak nejvyšší číslo již neudává celkový počet operací, pak používáme

**Obkročné** - 10, 20, 30, 40,.....100 při přidávání další operace pak vložíme následující číslo např. mezi operaci 20 a 30 vložíme operaci 21, atd.

Výhodnější je používat však číslování operací

**Postupné/orientační** - 1/1,2/2,3/3,.....,n/n při vkládání operace pak např. mezi op.2/2 a 3/3 vložíme novou operaci 2a/n+1, potom orientační číslo vždy udává celkový počet operací a postupné číslo udává posloupnost operací.

## Volba polotovarů

Polotovar je výchozí surovina, která je vhodně připravena pro výrobu dané součásti. Při výběru polotovaru hledíme především na ekonomické hledisko. Polotovar se má tvarem a rozměry co nejvíce přiblížit hotové součásti. Při hodnocení polotovaru musí jeho provedení splňovat následující podmínky :

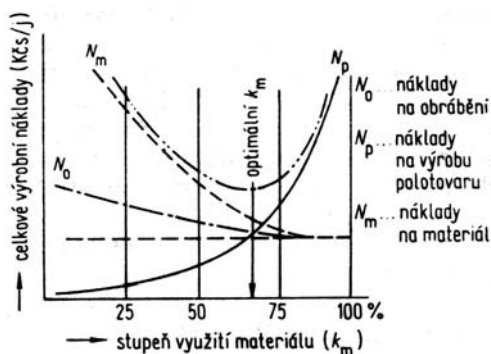
- **Přídavky na obrábění musí být optimální.**
- **Spotřeba materiálu má být minimální.**
- **Vynaložená práce na výrobu má být minimální.**

Tyto podmínky se vztahují na všechny etapy výroby. Při výběru polotovaru jsou rozhodující celkové výrobní náklady, které jsou závislé na :

- *materiálové náročnosti a stupni využití materiálu polotovaru*

$$k_m = \frac{Q_s}{N_m} \quad \text{kde } Q_s \text{ je čistá hmotnost součásti [kg], } N_m \text{ je norma spotřeby materiálu [kg], } k_m \text{ je koeficient využití materiálu.}$$

- *velikosti vynaložených nákladů na zhotovení polotovaru z hlediska velikosti, složitosti tvarů a sériovosti výroby.*
- *velikosti nákladů vynaložených na obrábění, které úzce souvisí s přesností tvarů a rozměrů polotovarů.*



Obr. 3. Závislost nákladů na koeficientu využití materiálu.

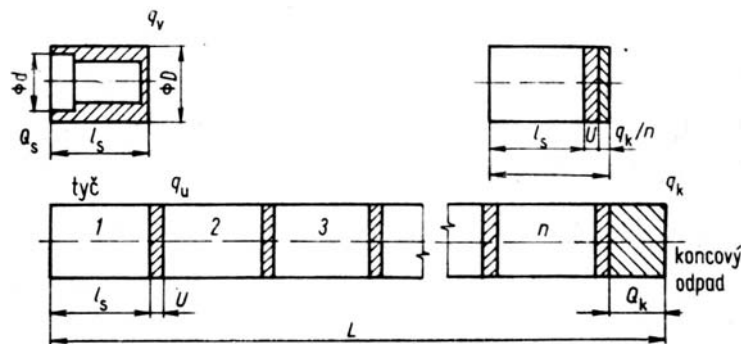
V diagramu je znázorněn průběh jednotlivých složek nákladů v závislosti na stupni využití materiálu.

Nejčastěji používanými polotovary ve výrobě strojírenských součástí jsou :

- tyčový materiál ( hutní materiál tažený nebo válcovaný ) – *přířezy*,
- Výkovky a výlisky z oceli, neželezných kovů, plastů,
- svařence, odlitky, výpalky z tlustých plechů,
- výstřižky a výlisky z plechů,
- polotovary zhotovené práškovou technologií.

## Výpočet normy spotřeby materiálu

- *statistickou metodou*, vycházející ze statistických záznamů o spotřebě materiálu při výrobě podobné součásti. Lze použít pouze pro předběžné určení spotřeby materiálu.
- *rozborově propočtovou metodou*, která vychází z podrobného propočtu faktorů, které ovlivňují spotřebu materiálu. Stanovení spotřeby materiálu z tyčového materiálu.



[kg/ks],

Obr. 4. Ztráty materiálu u polotovaru z přířezu z tyče.

- ztráty vzniklé z nevyužitelného konce tyče  $q_k = \frac{Q_k}{n}$  [kg/ks],

Norma spotřeby materiálu  $N_m$  [kg/ks] :  $N_m = Q_s + q_o + q_u + q_k = Q_s + z_m$  [kg/ks]

Ztráty obráběním třískami  $q_o$  obdržíme z rozdílu hmotnosti polotovaru  $Q_p$  a hotové součásti  $Q_o$  :

$$q_o = Q_p - Q_o \text{ [kg]}$$

Po dosazení do vztahu pro výpočet normy spotřeby materiálu  $N_m$  :

$$N_m = Q_s + Q_p - Q_o + q_u + q_k = Q_p + q_u + q_k \text{ [kg]}$$

Z čisté hmotnosti součásti  $Q_s$  a normy spotřeby materiálu  $N_m$  stanovujeme **stupeň** (koeficient) **využití materiálu** :

$$k_m = \frac{Q_s}{N_m}$$

Stupeň využití materiálu při obrábění ve strojírenství se pohybuje v rozsahu 0,4 až 0,8. Dle stupně využití materiálu posuzujeme celkovou pracnost výrobku, pokrokovost použité technologie, ap. Přibližuje li se koeficient využití materiálu  $k_m$  jedné, znamená to, že množství odebraných třísek je malé, tedy obrábění vyžaduje malou spotřebu pracovního času a naopak. Zvyšováním stupně využití materiálu  $k_m$  lze dosáhnout snížení pracnosti, tím zvýšení produktivity práce.

**Přídavky na obrábění**, je vrstva materiálu, která se odebírá z povrchu součásti, aby se dosáhlo požadovaného tvaru, rozměru a drsnosti obrobených ploch. Správná volba přídavku na obrábění je závislá na mnoha technologických faktorech :

### 1. Druhu a rozměru obrobku

Některé součásti mají z technologického hlediska zvláštnosti na které je třeba přihlížet. Např.

tenkostěnná pouzdra, kroužky, dlouhé hřídele s  $\frac{L}{D} > 50$ , součásti se složitým tvarem povrchu,

atd. Součásti tohoto druhu se snadno deformují a proto je nutno u nich zvýšit přídavky.

## 2. Typu výroby

Všeobecně platí zásada, že přídavky v sériové a hromadné výrobě mohou být menší než ve výrobě kusové a malosériové. Výrobní zařízení a způsob práce, který se uplatňuje v sériové a hromadné výrobě zmenšuje riziko vzniku chyb při obrábění.

## 3. Vlivu technologického postupu

Vliv technologického postupu se projevuje :

- výběrem metod obrábění pro jednotlivé operace, jednotlivé metody obrábění zaručují různou přesnost rozměrů a tvaru obrobku, drsnost a zpevnění povrchu, atd.,
- posloupností operací,
- volbou základen, kterými se zabezpečuje správná poloha obráběných ploch vůči nástroji.

## 4. Druhu nástroje a stavu jeho ostří

Geometrie břitů, způsob naostření, otupení nástroje ovlivní drsnost a stav mezní vrstvy obrobeného povrchu. Povrchová vrstva materiálu obrobku může být narušena mikrotrhlkami a bývá mechanicky zpevněná. Tyto vady povrchu musí být započítány do přídavku pro následující operace.

## 5. Vlivem materiálu a druhem polotovaru

Fyzikálně mechanické vlastnosti, nestejnorodost, nehomogenita a struktura materiálu ovlivňuje obrobitelnost a tím také velikost přídavku. Např. materiál s větší pevností se lépe obrábí, proto může být přídavek na obrábění menší. Odlitky, které mají tvrdou licí kůru, výkovky s okujemi, vývalky s oduhličenou vrstvou vyžadují zvětšené přídavky na obrábění. Velikost přídavku také ovlivňují úchyly rozměru a tvaru polotovaru, vady mechanického rázu ( otřepy, apod. ), atd.

## 6. Vlivy nepřesnosti ve výrobě

Nepřesnosti ve výrobě jsou způsobeny :

- a) opotřebením a deformací nástroje, upínače a obrobku,
- b) závadami v těch mechanismech stroje, jimiž je určován konečný rozměr obrobené plochy.

Chyby které vznikají z těchto příčin na obrobku, lze rozdělit do dvou skupin :

- a) chyby způsobené v předcházející operaci,
- b) chyby vzniklé v prováděné operaci.

Oba druhy chyb musí být zahrnuty do operačních přídaveků. Při volbě výchozího polotovaru je důležité, aby se polotovar svým tvarem, přesností a drsností ploch co nejvíce přibližoval hodnotám předepsaným výrobním výkresem součásti. Zbytečně velké přídavky na obrábění zvyšují nejen náklady na materiál, ale i pracnost výroby, spotřebu náradí, energie, atd. Malé přídavky naopak vyžadují přesnější výrobu a to jak polotovaru, tak i vlastního obrábění.

Přídavek se určuje kolmo na obráběnou plochu. U rovinných ploch je udáván na plochu a u rotačních ploch na průměr. Celkový přídavek na obrábění  $z_c$  se skládá z jednotlivých

operačních přídaveků  $z_i$  . 
$$z_c = \sum_{i=1}^n z_i \text{ [ mm ]}$$

Přídavky je možno určit **empirickým** výpočtem, nebo **technickým** propočtem. **Empirické vztahy** pro výpočet přídavku jsou poměrně nepřesné, např.  $z_c = 0,05 D_{\max} + 2 \text{ [ mm ]}$  ( pro obrábění tažených ocelí ). **Technický propočet** je založen na zásadě nutnosti odstranění **maximálních chyb** vzniklých při předcházejících nebo stávajících operacích při obrábění v dané operaci.

## Volba obráběcích strojů

Vhodnost volby typu a velikosti obráběcího stroje pro výrobu určité součásti nebo souboru součástí z následujících požadavků :

### 1. Technologických, které jsou určovány :

- druhem obrábění ( soustružení, vrtání, broušení, atd. ),

- způsobem obrábění ( hrubování, obrábění na čisto, atd. ),
- rozsahem rozměrové řady výrobního programu,
- tvarovou složitostí,
- požadavky na jakost výroby ( přesnost rozměrů, tvarů, atd. ),
- požadavky na údržbu a spolehlivost výrobního zařízení,
- sériovostí výroby.

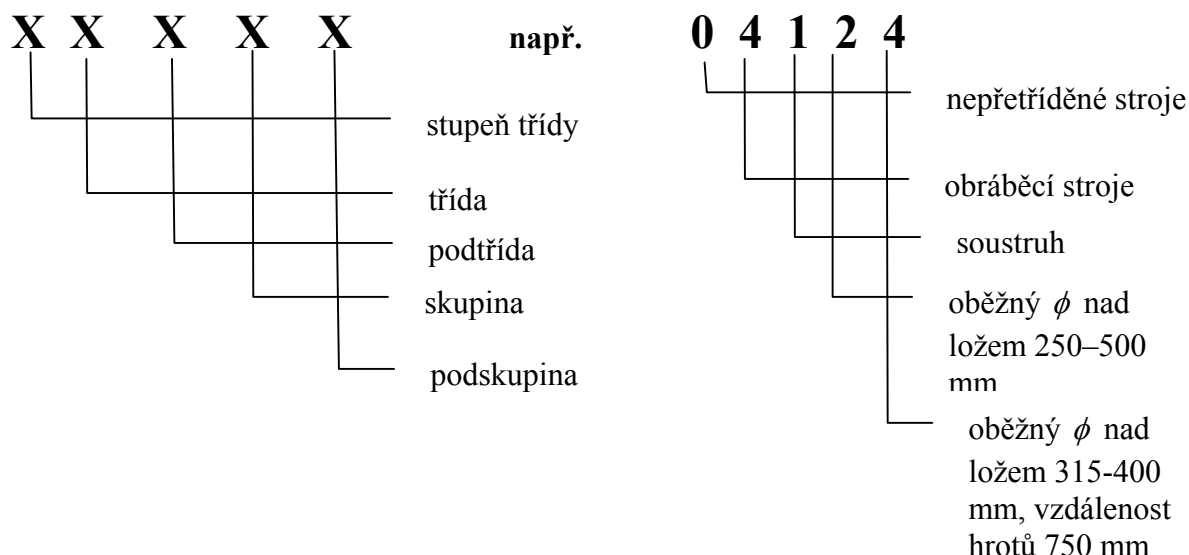
2. *Ekonomické efektivity*, které jsou stanoveny :

- růstem produktivity obrábění,
- hospodárností výroby, posuzované řadou ukazatelů z hlediska komplexnosti řešení dané problematiky.

### Označení výrobních zařízení (strojů) a pracovišť ve výrobním postupu

Ve výrobním postupu v operaci – návodce musí být stroj označen celým názvem a označením, např. *Soustruh universální hrotový SV 18 RA/1250* .

Pro použití výpočetní techniky ve zpracování dat ve strojírenství se používá pětimístný číselný kód.



*Stupeň třídy* – používá se třídící znak 0,1, až 9.

- 0 - nepřetříděvané stroje a zařízení,
- 1,2 - inovované stroje a zařízení,
- 3,4 - stroje s pružnou změnou programu ( NC ),
- 5,6 - stroje s nepružnou změnou programu,
- 7,8 - linky, JÚS,
- 9 - nekonvenční technologie.

*Třída* – používá třídících znaků 1 až 9.

- 1 - pece, pecní zařízení, sušárny,
- 2 - stroje a zařízení pro formování, lití, a svařování,
- 3 - tvářecí stroje,
- 4,5 - obráběcí stroje,
- 6 - zařízení na povrchovou úpravu,
- 7 - stroje a zařízení v elektrotechnice a elektronice,
- 8 - stroje a přístroje pro ostatní technologie,
- 9 - ruční práce, manipulátory, roboty.

## Vybavenost výrobního postupu nářadím

Z hlediska použitelnosti, evidence a skladování rozlišujeme nářadí :

- komunální* , které se získává nákupem a je vyrobeno dle normy ( ČSN,DIN, apod. ) ve specializovaných výrobních a dodává se na objednávku ( např. strojní výstružník ČSN 22 14 95,  $\phi$  6H8 ),
- speciální* , které je vyrobeno speciálně pro jednotlivé operace a součást. Pro návrh a použití speciálního nářadí platí zásada rentability ( $R$ ) :

$$R = \frac{U}{N_{a_n} (1,1 \div 1,4)} \geq 1$$

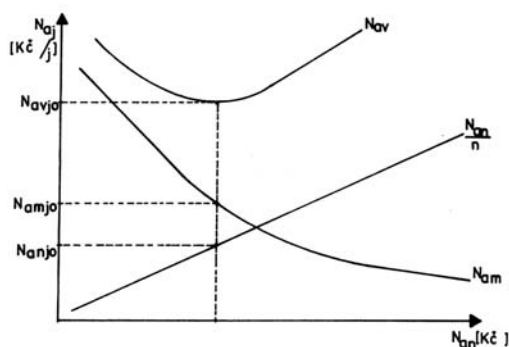
kde :  $U$  - jsou celkové úspory vlastních nákladů při zavedení speciálního nářadí,

$N_{a_n}$  - náklady na konstrukci, zhotovení a údržbu speciálního nářadí ( údržba činí podle druhu nářadí 10 až 40 % ).

Účelem použití speciálního nářadí je především produktivita práce v operaci a zvýšení jakosti a to :

- snížením spotřeby času ( pro ustavení součásti, nastavení nástroje, snížení počtu měření ),
- lepším využitím výrobního zařízení ( zvýšení tuhosti při upnutí, zvýšení řezných podmínek, použití několika současně obrábějících nástrojů, upnutí několika součástí najednou ),
- zjednodušení práce ( menší požadavky na kvalifikaci dělníka ),
- zvýšení využití materiálu.

Při rozboru jednotlivých alternativ vybavenosti výroby nářadím, je nutno si uvědomit, že s rostoucím stupněm vybavenosti výroby speciálním nářadím sice *klesá pracnost*, tím mzdové náklady, ale na druhé straně *rostou náklady na speciální nářadí*. Optimální stupeň vybavenosti výroby speciálním nářadím stanovíme kritériem minimálních nákladů na jednotku výroby ( viz graf obr. 5 ).



$$N_{av_j} = \sum_{i=1}^m N_{am_i} + \frac{N_{an}}{n}$$

kde  $N_{av_j}$  - jsou jednotkové výrobní náklady

[Kč/j],[Kč/ks]

$i$  - počet výrobků (1,2,...,m)

$N_{am_i}$  - jednotkové výrobní mzdy [Kč/j],[Kč/ks]

$N_{an}$  - náklady na pořízení speciálního nářadí [Kč]

$m$  - počet operací se spec. nářadím

$n$  - výrobní množství jednotek [j/rok],[ks/rok]

Obr. 5. Určení optimální vybavenosti výroby speciálním nářadím.



### 3. TÉMA

#### TECHNOLOGICKÉ ZÁKLADNY

**Základnou** nazýváme *plochu, osu, přímku, bod*, z nichž vycházíme při stanovování rozměrových a funkčních (polohových) vztahů ostatních rozměrů, ploch nebo jejich os (bodů) jak u jednotlivých součástí, tak i u skupin součástí tj. montážních celků strojírenských výrobků. Základny z hlediska jejich poslání lze rozdělit na :

1. **Konstrukční základnu ( $K_z$ )**, která slouží pro vzájemné spojení (polohu) konstrukčně technologických prvků, z nichž jsou jednotlivé součásti sestaveny nebo u skupin součástí pro vzájemné spojení v montážní celky a to především z hlediska správné funkce výrobku. Může to být plocha, přímka, osa, bod.
2. **Technologickou základnu ( $T_z$ )**, což je *reálná, přístupná, dostatečně tuhá a velká plocha*, dostatečně určující správnou polohu obrobku, ke které se vztahují operační rozměry a od které vycházíme při ustavování obrobku v dané operaci. Rozeznáváme technologické základny :
  - **hlavní ( $T_{zh}$ )**, která je současně základnou konstrukční, zaručuje ideální polohu funkční plochy součásti při obrábění (viz obr. 6a),
  - **vedlejší ( $T_{zv}$ )**, která se neshoduje se základnou konstrukční a slouží pouze jako operační a nemá nic společného s funkcí součásti, může být přirozená nebo uměle vytvořená (viz obr. 6b),
  - **hrubá, výchozí ( $T_{zhrubá}$ )**, která je neobrobená plocha použitá pro první upnutí polotovaru a pro další operaci se nesmí již použít. Povrch těchto ploch musí být pokud možno čistý, rovný. Zvolená plocha musí být spolehlivou základnou pro celou sérii nebo dávku. (výkovku, odlitku, atd.) (viz obr. 6c),
  - **konečná ( $T_{zkonečná}$ )**, je již obrobená plocha, která se používá jako základna pro dokončování součástí.
  - **ustavovací ( $T_{zu}$ )**, je plocha, která zaručuje požadovanou polohu obrobku vůči nástroji. Bývá shodná s kontrolní základnou (viz obr. 6 d,e).
3. **Kontrolní základnu ( $K_{zm}$ )**, která slouží ke kontrole správnosti geometrické a tvarové přesnosti rozměrů, ploch a jejich vzájemných vztahů. Zpravidla je shodná s technologickou základnou.
4. **Montážní základnu ( $M_z$ )**, která určuje vzájemnou polohu ploch a součástí v montážním celku a slouží při montáži.

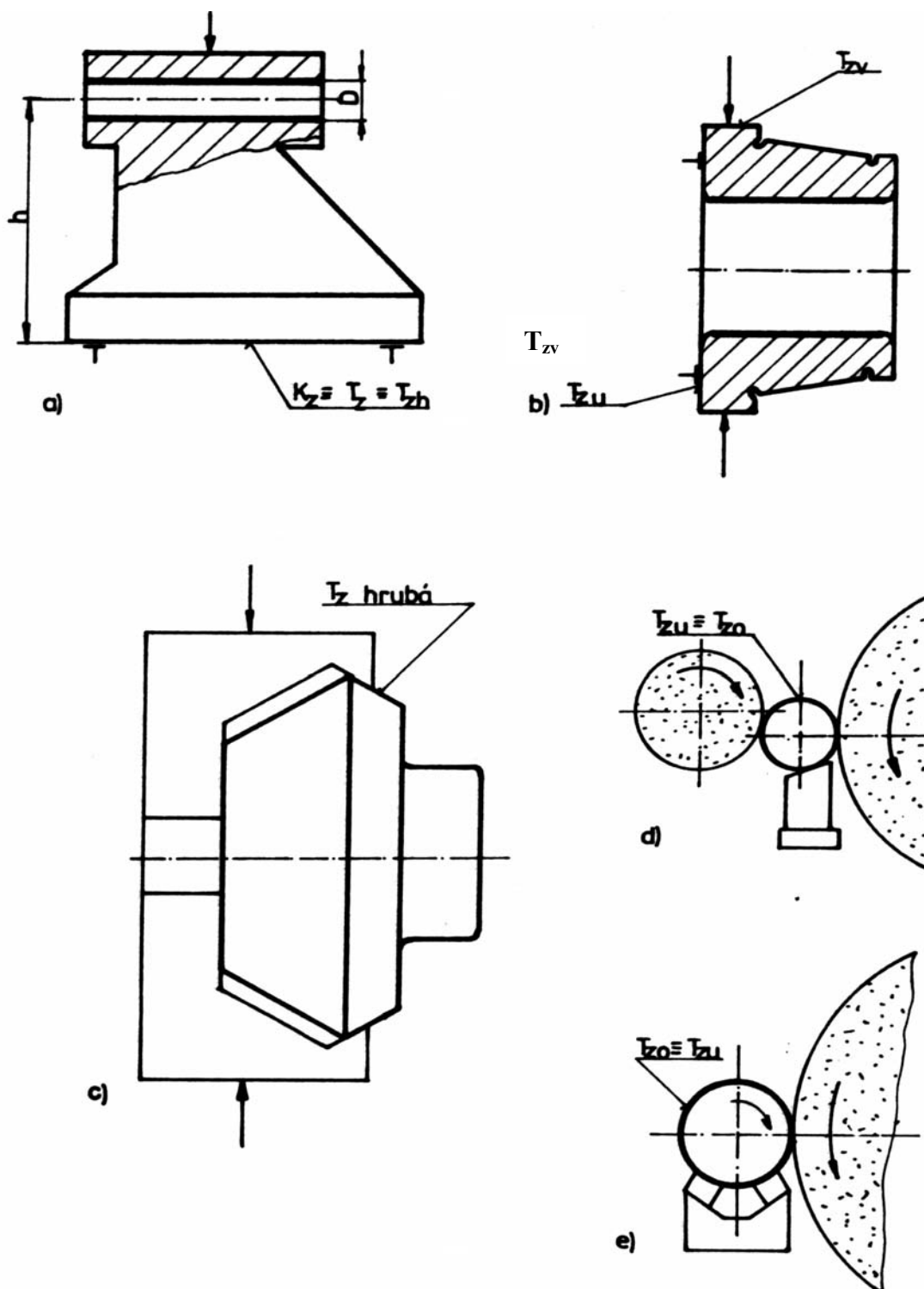
#### Podmínky volby technologických základen

Z mechaniky tuhých těles je známo, že těleso v prostoru má šest stupňů volnosti. Pro staticky určité ustavení obrobku je proto nutné vymežit možnost pohybu v šesti směrech v trojrozměrném prostoru ( $x, y, z$ ) (viz obr. 7).

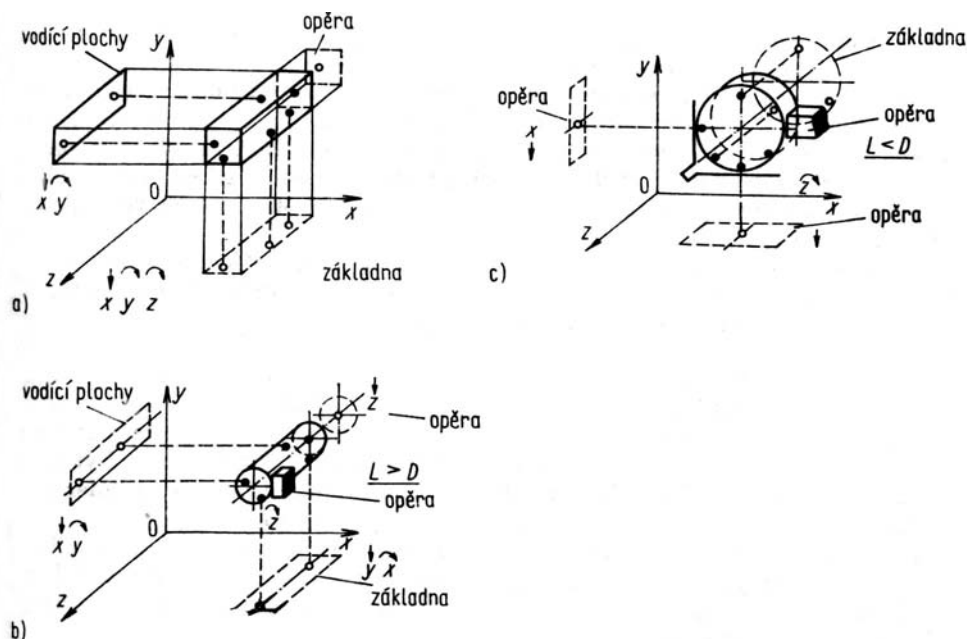
Technologická základna ovlivňuje :

- a) přesnost (jakost) výroby součástí (rozměrovou a tvarovou přesnost, drsnost obrobené plochy - tuhost soustavy),
- b) hospodárnost výroby (snižování vedlejších časů – upínání, ustavování obrobku, snižování zmetkovitosti).

Úkolem technologické základny je zabezpečit takové ustavení a upnutí, aby operace byla provedena hospodárně a přesně.



Obr. 6. Technologické základny při obrábění a) tělesa koníku ( obrábění díry pro pinolu ), b) nákrůžku kuželíkového ložiska ( při broušení díry ), c) upnutí výkovku kuželového kola za hrubou základnu, d) zápichové bezhroté broušení, e) bezhroté broušení v kluzných opěrkách.



Obr. 7. Vymezení stupňů volnosti obráběných součástí.

## Transformace rozměrových systémů obráběných součástí

Při návrhu výrobního postupu se často stává, že technolog je nucen volit technologickou základnu odlišnou od konstrukční základny. Při volbě technologické základny rozhodují požadavky na vhodné ustavení a upnutí obrobku a podmínky měření. V operačních návodkách se kótují operační rozměry od technologických základen (měřicí základna). Proto při odlišnosti volby technologické od konstrukční základny je nutno stanovit operační rozměry a tolerance tak, aby rozměry předepsané výkresem byly dodrženy. Tyto rozměry lze stanovit analýzou **rozměrových řetězců**.

### Lineární rozměrové systémy

*Základy a zásady použití rozměrových řetězců:*

- *řetězcem měř rozumíme* řadu vzájemně souvisejících rozměrů a tolerancí, které tvoří uzavřený celek, v němž není možno změnit libovolný rozměr nebo toleranci, aniž by se neporušila vzájemná vazba jednotlivých rozměrů ve vztahu k funkčním
- *pro stanovení výchozí rovnice*, je nutné vždy stanovit výchozí bod (*technologická základna*) a zvětšující a zmenšující směr jednotlivých členů řetězce.

Řešení rozměrového řetězce principiálně vychází z maximálních a minimálních hodnot tolerancí.

**Člen rozměrového řetězce** je vzdálenost mezi dvěma plochami, osami ploch, nebo úchylka od předepsané vzájemné polohy ploch. Členy rozměrového řetězce lze znázornit vektory a značíme je  $A_i = A_1, A_2, \dots, A_n$ .

**Závěrný člen**, je člen řetězce, který je v něm poslední a který spojuje základní plochy, jejichž vzájemná poloha se má určit. Závěrný člen značíme  $A_z$ .

**Zvětšující člen řetězce**, je takový člen řetězce, který při svém zvětšení **zvětší** závěrný člen.

Značíme jej  $A_1^{\rightarrow}, A_2^{\rightarrow}, \dots, A_k^{\rightarrow}$ .

**Zmenšující člen řetězce**, je takový člen řetězce, který při svém zvětšení **zmenší** závěrný člen.

Značíme jej  $A_1^{\leftarrow}, A_2^{\leftarrow}, \dots, A_h^{\leftarrow}$ .

Počet členů v rozměrovém řetězci má být co nejmenší.

### **Základní vztahy :**

- 1) Jmenovitá hodnota závěrného členu řetězce  $A_z$ , je rovna rozdílu algebraického součtu hodnot zvětšujících členů a součtu členů zmenšujících.

$$A_z = (A_1^{\rightarrow} + A_2^{\rightarrow} + \dots + A_k^{\rightarrow}) - (A_1^{\leftarrow} + A_2^{\leftarrow} + \dots + A_h^{\leftarrow})$$

$$A_z = \sum_{i=1}^k A_i^{\rightarrow} - \sum_{i=1}^h A_i^{\leftarrow}$$

- 2) Maximální hodnota závěrného členu  $A_{z_{\max}}$  se rovná rozdílu součtu maximálních hodnot všech členů zvětšujících a součtu minimálních hodnot zmenšujících členů řetězce.

$$A_{z_{\max}} = \sum_{i=1}^k A_{i_{\max}}^{\rightarrow} - \sum_{i=1}^h A_{i_{\min}}^{\leftarrow}$$

- 3) Minimální hodnota závěrného členu  $A_{z_{\min}}$  je rovna rozdílu součtu minimálních hodnot všech členů zvětšujících a součtu maximálních hodnot všech členů zmenšujících.

$$A_{z_{\min}} = \sum_{i=1}^k A_{i_{\min}}^{\rightarrow} - \sum_{i=1}^h A_{i_{\max}}^{\leftarrow}$$

- 4) Velikost tolerance závěrného členu  $\delta A_z$  se rovná rozdílu maximálních hodnoty závěrného členu  $A_{z_{\max}}$  a minimální hodnoty závěrného členu  $A_{z_{\min}}$ , nebo součtu tolerancí jednotlivých členů řetězce.

$$\delta A_z = A_{z_{\max}} - A_{z_{\min}} = \sum_{i=1}^m \delta_i$$

- 5) Velikost horní mezní úchytky  $HA_z$  závěrného členu řetězce je rovna rozdílu součtu horních mezních úchylek všech zvětšujících členů a součtu dolních mezních úchylek členů zmenšujících.

$$HA_z = \sum_{i=1}^k HA_i^{\rightarrow} - \sum_{i=1}^h DA_i^{\leftarrow}$$

- 6) Velikost dolní mezní úchytky závěrného členu  $DA_z$  rozměrového řetězce je rovna rozdílu součtu dolních mezních úchylek všech zvětšujících členů a součtu horních mezních úchylek všech zmenšujících členů.

## **4. TÉMA**

### **TECHNOLOGIČNOST KONSTRUKCE**

Technologičnost konstrukce je dána souhrnem vlastností technicko-ekonomického charakteru, které mají zajistit optimální podmínky nejen z hlediska funkce, spolehlivosti, životnosti výrobku a jeho jednotlivých součástí, ale musí také v plné míře respektovat hledisko efektivnosti výroby.

Technologičnost je relativní vlastnost výrobku, protože je vždy ovlivněna konkrétními podmínkami výrobního procesu.

Správně pojatá konstrukce výrobku musí přihlížet k zásadám konstrukčním, provozním a technologickým. Úroveň technologičnosti konstrukce posuzujeme ve dvou etapách :

1. během návrhu jednotlivých součástí,
2. při návrhu a dokončení výrobku a montážních celků.

### **Kritéria technologičnosti konstrukce**

Při rozboru technologičnosti konstrukce jednotlivých součástí vycházíme z následujících zásad :

1. *Tvar součásti* ( vedle funkčního a pevnostního hlediska ) musí být řešen s ohledem na jednotlivé etapy výroby / výroba polotovarů – vlastní obrábění – montáž ).
2. *Volba vhodného materiálu* pro součást musí vycházet z hlediska maximální životnosti součásti v celku a také z hlediska minimálního počtu druhů materiálu, které se ve výrobku vyskytují.
3. *Součást má mít co nejméně a co nejmenší obrobené plochy.*
4. *Obráběné plochy musí být co nejprístupnější pro obrábění* ( použití co nejmenšího počtu speciálních a tvarových nástrojů ).
5. *Konstrukce má být řešena s ohledem použití vhodných ploch jako základen* ( snadné polohování, ustavení a upnutí ).
6. *Součást i uzly mají být řešeny s ohledem na maximální využití typizovaných a normalizovaných částí.*
7. *Přesnost a drsnost nemají být voleny větší než je nezbytně nutné pro zajištění provozu výrobku.*
8. *Montáž musí být jednoduchá zejména se zvýšením sériovosti výroby.*

Uvedené požadavky nevyčerpávají zcela všechny aspekty technologičnosti konstrukce.

Uváděná kritéria technologičnosti konstrukce nehodnotí technologičnost konstrukce absolutně, ale slouží pouze pro porovnání dvou, nejčastěji stávající a nově vyvinuté varianty výrobku.

### **Analýza vybraných kritérií technologičnosti konstrukce**

Při komplexním hodnocení technologičnosti konstrukce má významné místo volba materiálu. Důležité jsou jeho technologické vlastnosti ( slévatelnost, kovatelnost, svařitelnost, tažnost, obrobitelnost, atd. ), které ovlivňují použití pro určitý polotovar a velikost nákladů při výrobě. Poměrně jednoznačná je volba materiálu pro svařence, odlitky, ale méně pro výkovky.

Velmi zřídka uvažuje konstruktér při volbě materiálu o jeho obrobitelnosti, přesto, že má tato vlastnost značný ekonomický vliv. Volba materiálu je rovněž ovlivněna mechanickými vlastnostmi, které mají vliv na hmotnost, rozměry součásti, na velikost nákladů na jednotkový materiál. Snížení hmotnosti součásti, ale i pracnosti při výrobě je možno dosáhnout např. použitím Al slitin, tvárné litiny, plastů místo konstrukční oceli. Značný vliv na optimální stupeň technologičnost konstrukce má rovněž volba polotovaru.

### **Volba tvarů a rozměrů součástí**

Hodnocení provádíme dle bodů uvedené v předcházející kapitole. Všechny plochy, které se budou obrábět z jedné strany mají být v jedné rovině ( frézování, broušení, hoblování ), aby bylo možno obrábět všechny současně. Vrtání a zarovnávání čel pro mazání čepů ojnice je technologicky výhodnější umístit kolmo na osu ojnice než pod určitým úhlem. Obrábění kuželových ploch je pracnější než válcových, proto pokud je to funkčně možné náhrada válcovými plochami. Pokud se na součásti vyskytuje více klínových drážek je vhodné je volit

stejně šířky, totéž platí o šířce zápichů, poloměru zaoblení na přechodech čelní stěny na válcovou a sražení hran, atd.

Jedním z důležitých požadavků technologičnosti konstrukce součástí z hlediska funkce, spolehlivosti, trvanlivosti je jakost výroby – tj. požadavky na rozměrovou a tvarovou přesnost a drsnost ploch. Jakékoliv neopodstatněné požadavky z hlediska přesnosti nebo drsnosti vyžadují přesnější zařízení nebo technologické metody, pečlivější a odbornější zpracování což vede ke zvýšení nejen pracnosti, ale i výrobních nákladů. Konstruktor musí při tolerování a kótování součástí přihlížet jak k funkčním požadavkům, tak i k hospodárnosti výroby, montáže a kontroly. Při navrhování se musí vycházet s konstrukčně technologické standardizace nejen jednotlivých součástí, ale i montážních celků.

### **Technologičnost konstrukce součástí obráběných na NC strojích**

Při hodnocení technologičnosti součástí obráběných na NC strojích je nutno vycházet ze :

- *specifikace technologických prvků*, které mají být na NC stroji v dané operaci provedeny,
- *technologické charakteristiky NC strojů* : - *rozměrová charakteristika stroje*,
  - *soustava souřadných os*,
  - *druh řídicího systému*,
  - *charakter odměřování pohybů řezných částí nástroje*,
  - *velikost odměřování jednotky*,
  - *počet nástrojů měnitelných v automatickém cyklu*,
  - *dosažitelná přesnost pohybů řezných částí nástroje*.

Postup hodnocení technologičnosti konstrukce součástí obráběné na NC stroji můžeme rozdělit do dvou částí :

- 1) *hodnocení technologičnosti konstrukce součástí obráběných na určitém NC stroji*,
- 2) *hodnocení technologičnosti konstrukce jednotlivých prvků obrobku vzhledem k obrábění na daném NC stroji*.

Při posuzování technologičnosti konstrukce součástí obráběné na NC stroji posuzujeme jednotlivé charakteristiky dané součásti :

- a) *druh materiálu a polotovaru výrobku*, z tohoto hlediska platí zásady používané při hodnocení obecně, tj. že tvar a rozměry polotovaru se mají co nejvíce blížit tvarům a rozměrům obrobečné součásti. Přidávky na obrábění mají mít optimální velikost, plochy, které to funkčně nevyžadují mají být na polotovaru provedeny tak, aby se nemusely obrábět. Dále je nutné hodnotit obrobitelnost materiálu, navrhovat součást a polotovar s přihlédnutím k nutnosti vytvoření technologických základů na polotovaru. Při upínání polotovaru zpřesnit jeho polohu, zmenšit přidávky na obrábění a rozptýl velikosti hloubek řezu při první operaci. Navrhovat polotovary s vyšší přesností, pokud to je ekonomicky výhodné při obrábění na NC strojích.
- b) *rozměrové charakteristiky součástí*, výhodnější je obrábět na NC strojích součásti tvarově složitější ( vyšší ekonomický účinek ).
- c) *stupeň unifikace prvků*, sjednocení rozměrových parametrů konstrukčních prvků na obrobku, skupině obrobků, prováděných v rámci operace na NC stroji, které minimalizují počet použitých nástrojů,
- d) *orientace polohy obrobku a jeho upnutí na stroji*, kde cílem je zajistit správnou a požadovanou polohu, která umožní dosažení požadované přesnosti vzhledem souřadné soustavě stroje.

Při hodnocení technologičnosti konstrukce jednotlivých prvků ve vztahu k NC stroji je nutno hodnotit obrobek z hlediska technologičnosti konstrukce nejen jako celek, ale i jako jednotlivé elementy, které mají určitou funkci v montážním celku. Pro posouzení je třeba znát technologické parametry daného stroje. Při hodnocení posuzujeme proveditelnost technologických prvků na daném stroji, geometrický popis prvků, přesnost a velikost prvků. Při hodnocení vhodnosti konstrukčního řešení obrobku je nutno se zaměřit na složitost prvků i celku, neboť s rostoucím stupněm složitosti roste pracnost a tím i výrobní náklady. Při obrábění součástí na NC strojích je nutno také posuzovat technologičnost konstrukce obrobku z hlediska řezných nástrojů ( např. použití normalizovaných nástrojů, minimální počet nástrojů, apod. ).

### Ukazatelé technologičnost konstrukce

Pro hodnocení technologičnosti konstrukce používáme *ukazatele technologičnosti*, které však nemají absolutní hodnotu, ale slouží pouze pro porovnání dvou nebo více variant (např. stávající a navrhované ). Ukazatele technologičnosti (  $U_i$  ) můžeme rozdělit do tří skupin :

- 1) *ukazatel pracnosti* ( jak TPV, tak i výroby samé ),
- 2) *ukazatel spotřeby materiálu*,
- 3) *ukazatel vlastních nákladů výroby*.

*Komplexní ukazatel stupně technologičnosti  $U_t$  :* 
$$U_t = \frac{K_1}{K_2} = \frac{N_{h1}}{N_{h2}} = \frac{N_1}{N_2}$$

kde  $K_{1,2}$  je technologičnost výrobku první, respektive druhé varianty,

$N_{h1,2}$  pracnost výrobku první, respektive druhé varianty [ Nh/ks ],

$N_{1,2}$  náklady na výrobu výrobku první, respektive druhé varianty [ Kč/ks ].

*Ukazatel spotřeby materiálu  $U_m$  :* 
$$U_m = \frac{G_1}{G_s}$$

kde  $G_1$  je hmotnost nového výrobku [ kg/ks ],

$G_s$  stávajícího výrobku [kg/ks ],

*Ukazatel využití materiálu  $U_k$  :* 
$$U_k = \frac{g_1}{N_s}$$

kde  $g_1$  je hmotnost hotové součásti [ kg/ks ],

$N_s$  norma spotřeby materiálu [kg/ks ],

*Ukazatel počtu druhů použitého materiálu  $U_{md}$  :* 
$$U_{md} = \frac{Q_c}{n}$$

kde  $Q_c$  je počet součástí celkem [ ks ],

$n$  počet druhů materiálu,

*Ukazatel snížení pracnosti  $U_{pr}$  :* 
$$U_{pr} = \frac{N_{h1}}{N_{hs}}$$

kde  $N_{h1}$  je pracnost nové součásti ( výrobku ) [Nh/ks],

$N_{hs}$  pracnost stávající součásti ( výrobku ) [Nh/ks],

Při hodnocení technologičnosti konstrukce z hlediska ukazatele snížení pracnosti  $U_{pr}$  , je třeba si uvědomit, toto kritérium zahrnuje v sobě i úroveň použité technologie a organizace výroby.

Ukazatel normalizace  $U_n$  :

$$U_n = \frac{n_n}{n_c}$$

kde  $n_n$  je počet druhů normalizovaných součástí,  
 $n_c$  počet druhů součástí celkem,

Ukazatel unifikace  $U_u$  :

$$U_u = \frac{n_u}{n_c}$$

kde  $n_u$  je počet druhů unifikovaných součástí,

Ukazatel dědičnosti  $U_d$  :

$$U_d = \frac{n_p}{n_v}$$

kde  $n_p$  je počet převzatých součástí [ks],  
 $n_v$  celkový počet součástí výrobku [ks],

Při použití součástí z předcházejícího typu výrobku, je třeba dbát na to, aby tyto odpovídaly modernímu pojetí konstrukce.

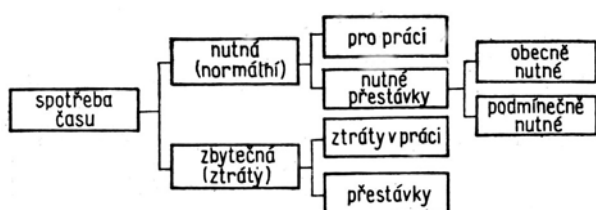
## 5. TÉMA

### TŘÍDĚNÍ SPOTŘEBY ČASU VE STROJÍRENSTVÍ

Výrobní a pracovní proces a jejich přerušení doprovází spotřeba času, která je měřítkem jakosti organizace práce a pracovní metody. Spotřeba času může být zkoumána z hlediska pracovníka, pracovního prostředku ( výrobního zařízení nebo předmětu výroby ). Hledisko pracovníka a výrobního zařízení může být v některých případech shodné ( jeden dělník obsluhuje jeden stroj ), nebo se vzájemně liší ( obsluha více strojů, nebo obsluha jednoho zařízení četou ). Z hlediska organizace práce, zjišťování rezerv, odměňování pracovníka, je nutný přesný popis a označení jednotlivých skupin času.

#### Třídění spotřeby času z hlediska pracovníka a ekonomiky práce

Základní skupiny spotřeby času jsou určeny jak předepsanou prací v průběhu směny, tak i přestávkami, které ve směně z různých příčin vznikají. Rozčlenění na nutné a zbytečné je z hlediska účelnosti práce ( viz obr. 8 ).



Časy nutné zahrnují čas potřebný k vykonávání předepsané práce při plném využití zařízení a dobré organizaci práce i pracoviště a čas nutných přestávek. Nutné spotřebě odpovídá normovatelný čas. Ostatní časy jsou zbytečné ( ztrátové ).

Obr. 8. Základní schéma třídění spotřeby času.

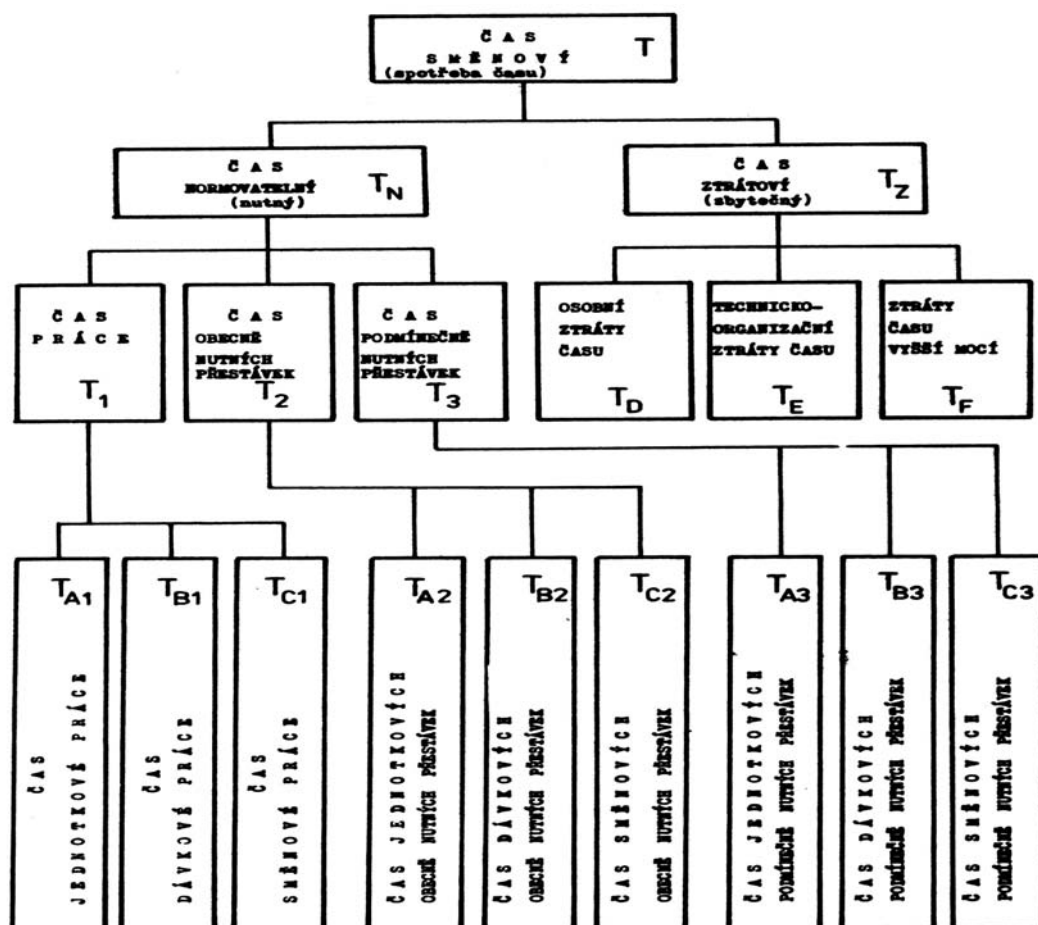
Každý druh nutného času se skládá ze tří složek, **jednotkového, dávkového, směnového**. Jednotkové, dávkové, směnové časy označují nutné časy, jejichž spotřeba je úměrná buď počtu jednotek zpracovaného množství ( ks, kg, ap. ), dávek ( sérií ), nebo počtu odpracovaných směn, bez ohledu na počet kusů nebo dávek během směny zpracovaných. Základní členění spotřeby času je z hlediska směny ( viz obr. 9 ).



**Čas nutný ( normovatelný )  $T_N$**

**Čas práce  $T_1$**

- jednotkové  $t_{A1}$  je čas provedení pracovních úkonů bezprostředně spojených s vykonáním



Obr. 9. Základní schéma třídění spotřeby času ve směně.

Operace, který může být pravidelný u každé jednotky ( např. ruční upínání a odepínání předmětu, měření každého desátého kusu ) nebo nepravidelný ( např. výměna otupených nástrojů při obrábění ),

- *dávkové*  $t_{B1}$  , je čas pracovních úkonů, které jsou nutné k přípravě a zakončení práce na jedné výrobní dávce nebo sérii ( prostudování pracovních příkazů, opatření náradí, seřízení stroje, odevzdání hotové práce a náradí, apod. ),
- *směnové*  $t_{C1}$  , zahrnuje zejména čas na uspořádání pracoviště na počátku směny a úklid na konci směny ( v nepřetržitém provozu čas na převzetí a předání práce ).

**Čas obecně nutných přestávek  $T_2$**

- *jednotkových*  $t_{A2}$  v celkové spotřebě přímo úměrný počtu jednotek zpracovávaného množství zahrnuje čas na oddech u prací zvlášť namáhavých, jednostranně namáhavých a při práci ve zdravotně nevhodném prostředí,
- *dávkových*  $t_{B2}$  je obdobný, ale celková spotřeba je úměrná počtu dávek a není závislá na počtu jednotek,

- *směnový*  $t_{C2}$  je vztažen na směnu a zahrnuje čas osobních potřeb a přestávku na svačinu, ve zvláštních případech rovněž čas na oddech ( např. při práci na plynulé montážní lince při obsluze více strojů ).

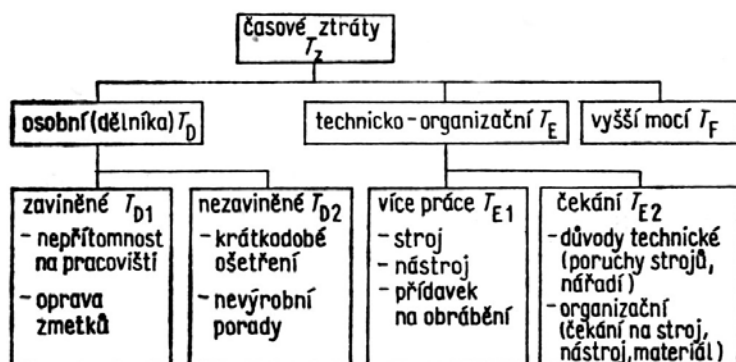
### Čas podmíněně nutných přestávek $T_3$

Vyplývá z dané úrovně techniky a organizace práce. *Jednotkovou podmíněně nutnou přestávkou*  $t_{A3}$  je např. čekání na ukončení rytmu montážní práce nebo ukončení cyklu při obsluze více strojů. *Dávkovou podmíněně nutnou přestávkou*  $t_{B3}$  je např. čekání na přivolaný jeřáb. *Směnovou podmíněně nutnou přestávkou*  $t_{C3}$  je např. čas na ohřátí kladiva při zápusťkovém kování, nebo u přesných obráběcích strojů zahřátí na provozní teplotu u jednosměnového provozu.

### Čas ztrátový ( zbytečný ) $T_z$

Tento čas tvoří rezervu ve využití pracovního času a tím i v produktivitě práce.

Jednotlivé ztráty členíme na *ztráty způsobené pracovníkem, technicko organizační nebo vyšší mocí.* ( viz obr. 10 ).



Obr.10. Schéma členění ztrátových časů ve směně.

- *osobní ztráty*  $T_D$  , jsou ztráty *zaviněné* pracovníkem ( např. pozdní příchod na pracoviště, soukromé rozhovory, oprava vlastní vadné práce, zbytečné pochůzky, apod. ) a *nezaviněné* pracovníkem ( např. pracovní porady, lékařské ošetření, apod. ),
- *technicko-organizační ztráty*  $T_E$  ( např. ztráty zaviněné vadou konstrukce, materiálu, nástroje, postupem, stroje, cizí zmetky, apod. ),
- *vyšší mocí*  $T_F$  ( např. ztráty zaviněné živelnou pohromou, apod. ).

Časy ztrát se nezahrnují do složek času normovatelného, tj. do technologicky zdůvodněné normy a platí se z režie.

### Symbolika značení časových složek

Symbol vyjadřující hodnotu a druh spotřeby času pracovníka je tvořen základním znakem a indexy, které označují druh spotřeby času.

*Základní znak je písmeno :*

- $t$  které značí normu času připadající na složku práce-
- $T$  které značí čas směny nebo druh času připadající na směnu.

*Index základního znaku* , se skládá z písmene velké abecedy a jedné až tří arabských číslic.

*Počáteční písmeno :*

- $A$  - pro čas přímo úměrný počtu jednotek ( ks, kg, apod. ),
- $B$  - pro čas úměrný počtu zpracovaných dávek,
- $C$  - pro čas přímo úměrný počtu odpracovaných směn.

*První číslice :*

- 1 - pro čas práce,
- 2 - pro čas obecně nutných přestávek,
- 3 - pro podmíněčně nutné přestávky.
- 0 - vyjadřuje úhrn předcházejících.

*Druhá číslice :*

- 1 - čas za klidu stroje,
- 2 - čas za chodu stroje ( strojní ),
- 3 - čas řízeného chodu stroje ( strojně ruční ),
- vyjadřuje úhrn předcházejících.

*Třetí číslice :*

- čas práce pravidelné,
- čas práce nepravidelné.

## Označení času ve výrobních podkladech

Ve výrobní dokumentaci se označuje norma času za jednotku produkce, a to tak, že času jednotkovému  $t_A$  se připočítává čas směnový  $t_C$  ve formě přírážky  $k_c$ , která je stanovena ze složek času směny.

$$k_c = \frac{T_A + T_B + T_C}{T_A + T_B}$$

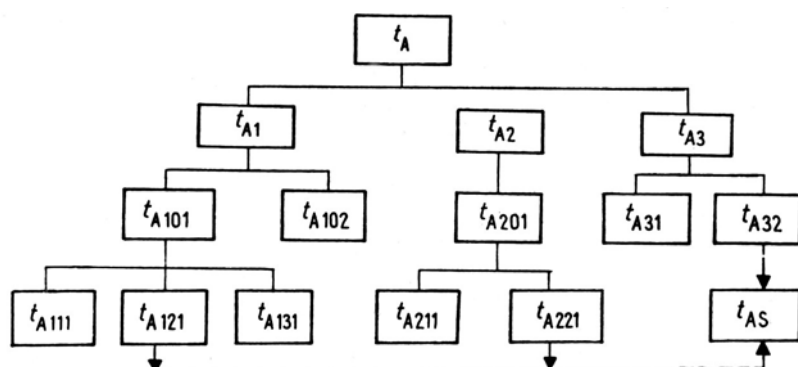
Norma jednotkového a dávkového času s podílem směnového času se značí :

$$t_{AC} = k_c t_A \quad t_{BC} = k_c t_B \quad [ \text{min} ]$$

Typové schéma normy jednotkového času je uvedeno na obr. 11. Základní složky normy jednotkového času :

$t_{A101}$  - čas jednotkové práce pravidelné, vyskytuje se pravidelně u každého obráběného kusu nebo jednou pro předem stanovený počet kusů,

$t_{A102}$  - čas jednotkové práce nepravidelný, je čas obsluhy, který se vyskytuje nepravidelně, má však přímý vztah k prováděné operaci a zajišťuje technologický průběh operace ( např. výměna a seřízení opotřebovaných nástrojů ),



$t_{A111}$  - čas jednotkové práce za klidu, zahrnuje časy za pracovní úkony uvnitř operace, které se vyskytují za klidu stroje ( upínání, odepínání, obsluha stroje, měření, atd. ),

Obr. 11. Typové schéma jednotkového času.

$t_{A121}$  - čas jednotkové práce za chodu, zahrnuje činnosti, které vykonávají během automatického chodu stroje ( dohled nebo aktivní pozorování prováděné práce, kontrolní měření rozměrů předchozího vyrobeného kusu, upínání součástí na trn, apod. ),

$t_{A131}$  - čas jednotkové práce strojně ruční, zahrnuje čas vlastního obrábění nástroje, kdy vlastní řezný pohyb zpravidla vykonává stroj ( rotace nástroje nebo obrobku ) a posuv do řezu vykonává dělník ručně ( např. při vrtání, srážení hran, apod. ),

$t_{A201}$  - čas jednotkový obecně nutných přestávek ( na oddech ), za klidu -  $t_{A211}$  vzniká u činnosti, kde není automatický chod stroje (  $t_{AS}$  ) a kde je nutná plná účast dělníka na prováděné práci, za klidu -  $t_{A221}$  , kdy se uskutečňuje automatický chod stroje, lze tohoto času využít k aktivnímu pozorování a k oddechu,

$t_{A3}$  - čas podmíněně nutných přestávek nastane v době automatického chodu stroje  $t_{A32}$

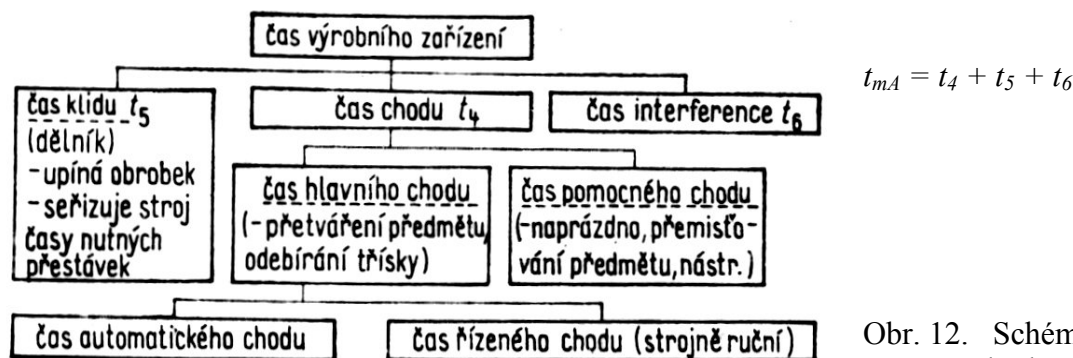
( čekání dělníka na ukončení cyklu stroje ), za klidu stroje  $t_{A31}$  ( zvedání břemene jeřábem ),

$t_{AS}$  - čas jednotkový strojní ( automatického chodu stroje ), zahrnuje všechny technologické činnosti ( hlavní i vedlejší ), které jsou potřebné k uskutečnění vlastního procesu obrábění a jsou vykonávány automaticky strojem ( lze do tohoto času zahrnout např.  $t_{A121}$ ,  $t_{A221}$ ,  $t_{A32}$  – ve schématu na obr. 59 je tato možnost znázorněna čárkovaně ).

$t_{Ax}$  - čas nepravidelné obsluhy ( zahrnuje nepravidelné ostření a výměnu nástrojů, malé úpravy na stroji a pomůckách ) se zahrnuje do  $t_{A1}$  procentuálně u strojní práce z  $t_{AS} + t_{A131}$  a pro ruční práci z  $t_{A1}$ . Procentuální hodnota je pro každou výrobu statisticky již stanovena.

## Třídění spotřeby času z hlediska výrobního zařízení

Při sledování a rozboru spotřeby času z hlediska výrobního zařízení se přihlíží, zda zařízení bylo v chodu, nebo klidu. U vícestrojové obsluhy kdy dělník nebo stroj čeká se nazývá interference. Členění času výrobního zařízení včetně označení je názorně uvedeno na obr. 12.



Obr. 12. Schéma členění času výrobního zařízení.

## Časové normativy

Normativy času udávají nejčastěji přímou spotřebu času na podrobně a přesně vymezenou část operace v závislosti na jednom více činitelích ( např. normativ času pro upínání je zpracován v závislosti na druhu upínače a hmotnosti obrobku ).

Podle vzniku rozlišujeme normativy *základní* ( prvotní ), které byly sestaveny na základě mnoha měření a normativy *odvozené* ( sdružené ) ze základních. Prvotní normativy se vztahují buď k úkonům, nebo pracovním pohybům. Odvozené normativy vznikly z prvotních normativů a jejich seskupením podle základních pracovních prvků a sečtením jejich příslušných časových hodnot. Každý normativ platí pro určitou, přesně vymezenou pracovní náplň, která je dána technickými, technologickými a organizačními podmínkami vykonávané práce. Norma času je vždy vázána na konkrétní podmínky výrobního procesu. Přesnost normativních hodnot je závislá nejen na přesnosti časové hodnoty, ale také na podrobnosti a úplnosti pracovní charakteristiky. Z normativů časů lze stanovit normu času poměrně rychle a s dostatečnou přesností ( technicky zdůvodněnou ). Při výpočtu normy času musíme však brát zřetel na druh výroby ( kusová, sériová, hromadná ) a podle toho volit odpovídající normativ.

## 6. TÉMA

### RACIONALIZACE PRÁCE – VÍCESTROJOVÁ OBSLUHA

Vícestrojová obsluha je jednou s forem zvyšování produktivity a využití výrobního zařízení. Při obsluze několika strojů je rozbor časového využití práce dělníka a stroje zaměřen na :

- čas potřebný ke kontrole činnosti automatického chodu stroje, zejména na počátku chodu stroje ( $T_{A121}$ ),
- čas obchůzky mezi jednotlivými stroji ( $T_{A121}$ ),
- čas čekání na ukončení automatického chodu stroje ( $t_{A32}$ ),
- čas čekání stroje na obsluhu stroje ( $t_6$ ).

Pro zvýšení produktivity práce kteréhokoliv stroje při vícestrojové obsluze je nutné zkracovat strojní, strojně ruční a ruční časy. Při stanovování vícestrojové obsluhy vycházíme ze :

- zaměstnanosti dělníka u každé jednotlivé operace ( stroje ),
- zaměstnanosti dělníka při obsluze několika strojů.

Zaměstnanost dělníka při obsluze jednoho stroje se určí součinitelem jeho zaměstnanosti :

$$k_z = \frac{t_z}{t_{co}},$$

kde  $t_z$  je čas zaměstnanosti dělníka na stroji [ min ],

$t_{co}$  čas cyklu operace [ min ].

Čas zaměstnanosti dělníka je dán součtem časů činnosti nezbytných pro obsluhu stroje :

$$t_z = t_{A111} + t_{A121} + t_{A131} \text{ [ min ]}$$

Čas cyklu operace je určen součtem časů :

$$t_{co} = t_{A111} + t_{I21} + t_{A131} + t_{A32} \text{ [ min ]}$$

Součinitel zaměstnanosti dělníka při obsluze více strojů se stanoví :

$$k_{zc} = \sum_{i=1}^{n_s} k_{zi} = \frac{\sum_{i=1}^{n_s} t_{zi}}{t_{cs}},$$

kde  $t_{zi}$  je čas zaměstnanosti u jednotlivých strojů [ min ],

$t_{cs}$  čas cyklu souboru operací [ min ],

$n_s$  počet současně obsluhovaných strojů ( $i = 1, 2, \dots, n_s$ ),

$k_{zi}$  součinitel zaměstnanosti dělníka u jednotlivých strojů.

Plné využití automatického chodu stroje se dosáhne při plné zaměstnanosti dělníka kdy  $k_{zi} = 1$ . Počet strojů které může dělník obsluhovat stanovíme z podmínky :

$$k_{z1} + k_{z2} + \dots + k_{zn_s} = 1$$

Při vícestrojové obsluze mohou nastat tři případy :

$k_{zi} = 1$ , to znamená, že veškerý čas, který dělník potřebuje k obsluze strojů, se překrývá automatickým strojním časem,

$k_{zi} < 1$ , to znamená, že dělník není plně zaměstnán a čeká na ukončení automatického chodu stroje,

$k_{zi} > 1$ , to znamená, že stroj čeká na obsluhu dělníka, obsluha strojů je delší než automatický chod stroje.

Uvedené případy jsou znázorněny na obr.13, při třístrojové obsluze.

Nejčastěji se zavádí vícestrojová obsluha u operací s pravidelným cyklem obsluhy, kde mohou vzniknout následující varianty :

1. časy cyklu operace a časy zaměstnanosti dělníka jsou u všech typů stejné,
2. časy cyklu operace jsou různé, ale časy zaměstnanosti dělníka jsou stejné,
3. časy cyklu operace jsou stejné, ale časy zaměstnanosti dělníka jsou různé,
4. časy cyklu operace jsou různé a rovněž časy zaměstnanosti dělníka jsou různé.

a) Nemá li čekat dělník ani stroj na obsluhu, musí čas cyklu operace  $t_{co}$ , dělený časem zaměstnanosti  $t_z$  být celé číslo ( viz obr. 13a ). Počet obsluhovaných strojů  $n_s$  pak stanovíme :

$$n_s = \frac{1}{k_{zi}},$$

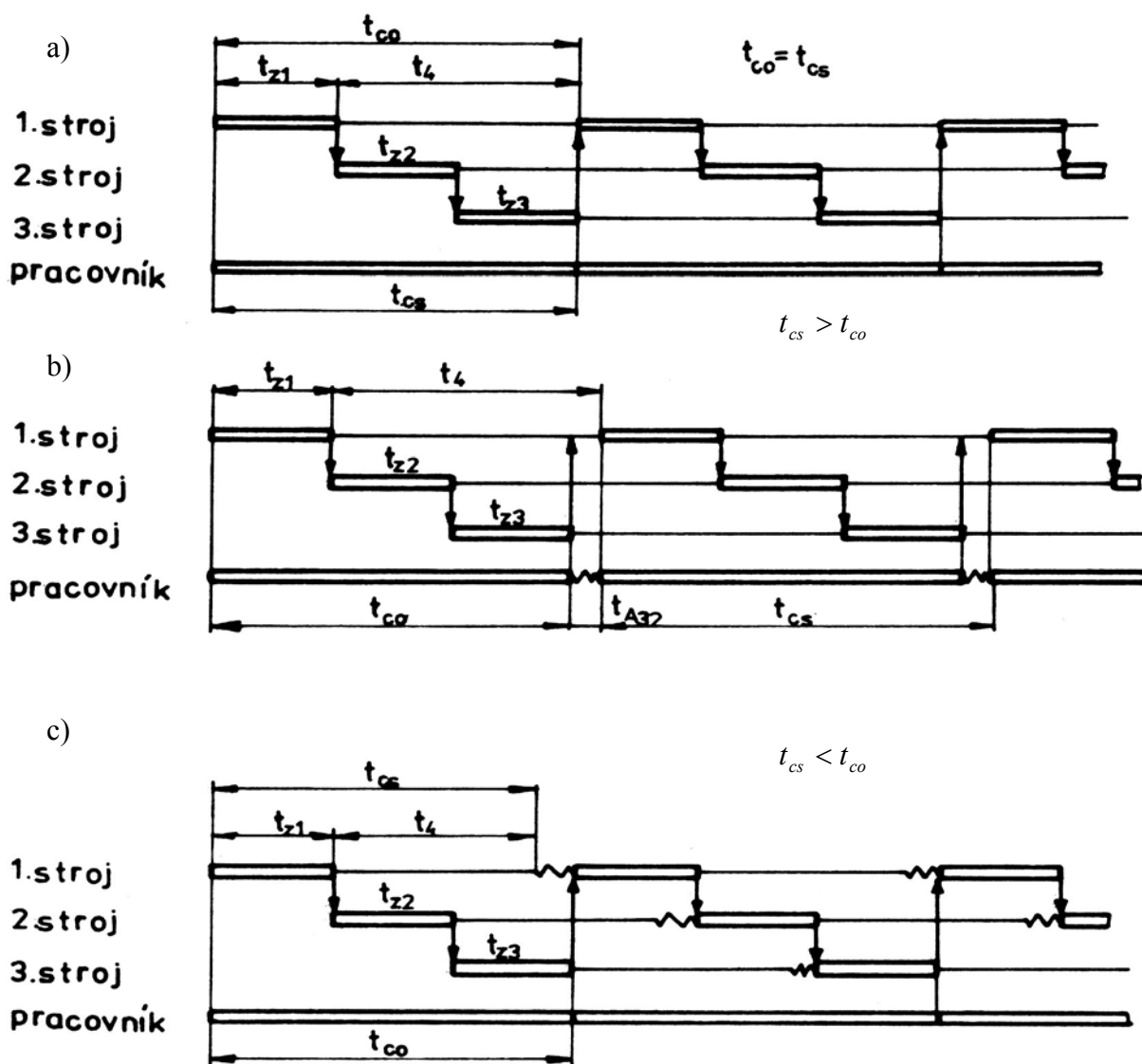
např. při dvoustrojové obsluze je  $k_{zi} = 0,5$ , při obsluze tří strojů pak  $k_{zi} = 0,333$ , atd.

b) Čeká li dělník na ukončení činnosti stroje ( viz obr. 13b )

$n_s < \frac{1}{k_{zi}}$ , čas čekání dělníka na ukončení činnosti stroje se stanoví :  $t_{A32} = t_{cs} - n_s \cdot t_z$ .

c) Čeká li stroj na obsluhu ( viz obr.13c )  $n_s > \frac{1}{k_{zi}}$  a čas čekání na obsluhu lze stanovit :

$$t_6 = n_s \cdot t_z - t_{cs} \text{ [ min ]}$$



Obr. 13. Vícestrojová obsluha ( 3 stroje ).

a) plné vytížení dělníka a stroje, b) dělník čeká na ukončení činnosti stroje, c) stroj čeká na obsluhu.

Norma jednotkového času stroje je dána vztahem :

$$t_{mA} = T_{A111} + t_{A131} + t_{A121} + t_{A32} \text{ [ min ] nebo}$$

$$t_{mA} = T_{A111} + t_{A131} + t_{AS} + t_6 \text{ [ min ]}$$

pro  $t_6 > 0$

Norma jednotkového času dělníka se stanoví :

$$t_A = \frac{t_{mA}}{n_s} + t_{A201} + t_{A102} \quad t_{A102} = t_{Ax}$$

## 7. TÉMA

### VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY OBRÁBĚCÍHO STROJE

Ekonomické účinky lze vyjádřit vyčíslením změn realizací projektu :

- *absolutně*, jako rozdíl stavu po realizaci a současného stavu,
- *relativně*, jako rozdíl stavu po realizaci ke srovnávací základně.

*Současný stav* je posledně známá skutečnost před zpracováním projektu.

*Srovnávací základna* je stav před investováním propočtený na objem produkce po realizaci a vyjadřuje, kolik by bylo zapotřebí pracovníků, strojů, materiálu, výrobních ploch za předpokladu použití stávajících strojů a zařízení.

*Stav po realizaci* je v cílovém roce po ukončení náběhu výroby, při dosažení plánovaného výkonu. Základní časová jednotka pro hodnocení je kalendářní rok.

Máme-li objektivně posoudit vhodnost použití určité technicko-organizační varianty nebo jednotlivých strojů, musíme stanovit vhodná kritéria. Optimální variantu je možno stanovit např. podle následujících kritérií :

- *růst produktivity práce,*
- *nákladová návratnost,*
- *kritické výrobní množství,*
- *porovnatelná ekonomická efektivnost, apod.*

#### Ukazatel růstu produktivity práce

Podmínky pro zvýšení produktivity práce při obrábění jsou dány :

- *snížením pracnosti výroby*, které je možno vyjádřit koeficientem produktivity obrábění,
- *snížením účasti dělníka na činnosti stroje*, které je možno vyjádřit koeficientem vícestrojové obsluhy.

Index zvýšení produktivity práce je možno stanovit následně :

$$i_p = 100k_{po}k_{vo} \quad [\%]$$

kde  $k_{po}$  je koeficient produktivity obrábění,

$k_{vo}$  koeficient vícestrojové obsluhy.

Koeficient produktivity obrábění je možno stanovit ze vztahu :

$$k_{po} = \frac{d_v t_{AC_1} + t_{BC_1}}{d_v t_{AC_2} + t_{BC_2}} \frac{E_{F_2}}{E_{F_1}}$$

nebo při výrobě určitého počtu sortimentu součástí :

$$k_{po} = \frac{E_{F_2}}{E_{F_1}} \sum_{i=1}^s k_{hpo_i} p_{s_i} = \frac{E_{F_2}}{E_{F_1}} \sum_{i=1}^s \frac{d_v t_{AC_{1i}} + t_{BC_{1i}}}{d_v t_{AC_{2i}} + t_{BC_{2i}}} p_{s_i}$$

kde  $d_v$  je výrobní dávka [ks]

$t_{AC_{1,2}}$  čas jednotkové práce s podílem směnového času [min/ks]

$t_{BC_{1,2}}$	čas dávkové práce s podílem směnového času [min/dávku]
$E_{F_{1,2}}$	efektivní časový fond strojů [h/rok]
$k_{hpo}$	koefficient hodinové produktivity obrábění,
$p_s$	podíl výroby jednotlivých součástí v daném sortimentu,
$s$	počet představitelů součástí vyráběných na daném stroji.

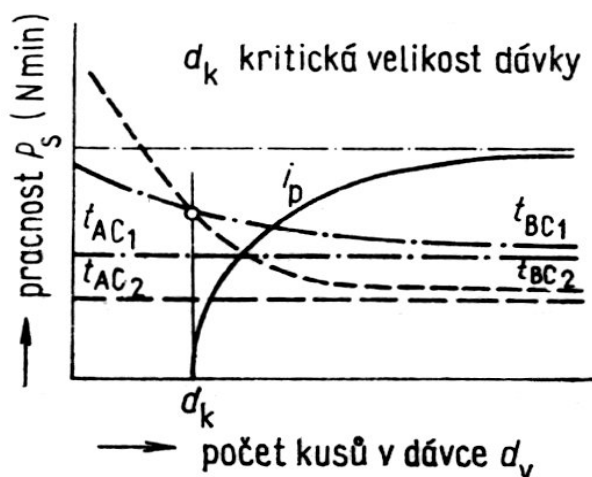
Jak vyplývá z předcházejících vztahů, je zvýšení produktivity obrábění závislé nejen na zvýšení hodinové produktivity, ale také na časovém využití strojů. Rovněž lze říci, že uvedené vztahy porovnávají technické a technologické možnosti stroje, funkční vybavenost a zahrnují i otázky související s pracovníkem a organizací práce.

Koeficient vícestrojové obsluhy lze stanovit např. ze vztahu :

$$k_{vo} = \frac{d_v t_{AC} + t_{BC}}{d_v (1/n_s) t_{AC} + t_{BC}}$$

kde  $n_s$  je počet současně obsluhovaných strojů při výrobě daného sortimentu součástí.

Z uvedených vztahů je možno sledovat změny produktivity práce zavedením nových strojů v závislosti na výrobním množství. V případě, kdy dochází ke snižování pouze jednicových časů, zatím co dávkový čas u nové varianty je podstatně vyšší, je třeba si uvědomit, že větších změn přírůstků produktivity práce lze dosáhnout až při větších dávkách. Velikost výrobních dávek bude závislá na vzájemném poměru jednotkových a dávkových časů. Se zvýšením výrobní dávky klesá podíl dávkového času na jeden vyrobený kus (viz obr.14). Z těchto důvodů je výhodnější zavádět do výroby nový stroj až od určitého množství vyráběných součástí, tzv. *kritické výrobní dávky*. Pokud je  $t_{BC_1} \leq t_{BC_2}$ , lze kritickou velikost dávky stanovit :



$$d_K = \frac{t_{BC_2} - t_{BC_1}}{t_{AC_1} - t_{AC_2}}$$

Ukazatel produktivity práce se většinou používá jako doplněk k ostatním ukazatelům ekonomické efektivity. Zejména jsou důležité relace mezi růstem produktivity práce a velikostí investic.

Obr. 14. Vliv jednotkových a dávkových časů na růst produktivity.

### Nákladová návratnost

Ukazatel nákladové návratnosti vyjadřuje návratnost vložených investičních prostředků ve vztahu k dosaženým úsporám.

$$U_n = \frac{I - C_s}{U_m} \text{ [roků]}$$

kde  $I$  jsou investiční náklady [Kč]

$C_s$  prodejní cena starých strojů [Kč]

$U_m$  relativní úspora nákladů [Kč/rok]



## Ukazatel kritického výrobního množství

Hospodárnost výroby u porovnávaných variant strojů a výrobních zařízení, posuzujeme také podle výrobních nákladů a porovnáваме jednotlivé varianty pouze v těch položkách, které se mění. Jsou to tyto položky :

- *přímý jednicový materiál,*
- *přímé mzdy jednicových dělníků,*
- *položky výrobní režie :*
  - *mzdy režijních dělníků,*
  - *náklady na palivo, energii, vodu,*
  - *opravy strojů a zařízení,*
  - *odpisy strojů a zařízení*
- *údržba nářadí,*
- *náklady na zmetky.*

S rostoucí mechanizací a automatizací výroby vzrůstá význam nákladových položek, které souvisejí s činností strojů a zařízení . Tyto položky je možno stanovit přímou metodou, podle normy spotřeby ( materiálu, práce, apod. ) na základě znalosti technicko-ekonomických parametrů, nebo nepřímou metodou, kde režijní náklady na jednotku se stanoví procentuální přírůžkou ke zvolené základně.

Z hlediska rozboru hospodárnosti jednotlivých variant rozlišujeme náklady podle závislosti na vyráběném množství výrobků na :

- 1) *Náklady závislé ( variabilní ) na výrobním množství  $N_z$ , přímý materiál, přímé mzdy výrobních dělníků, apod.*
- 2) *Náklady nezávislé ( fixní ) na počtu kusů v dávce  $N_{nd}$ . Jsou náklady, které je třeba jednorázově vynaložit na práci spojenou s přípravou a zakončením při výrobě dávky určitých součástí ( mzdy seřizovačů včetně režie, apod.).*
- 3) *Náklady nezávislé ( fixní ) na celkovém výrobním množství  $N_{nQ}$ . Do těchto nákladů patří investice na stroje a zařízení, speciální nářadí, určené pro daný soubor součástí.*

Výrobní náklady na celkové výrobní množství :

$$N_{vQ} = N_{nQ} + (N_z + \frac{N_{nd}}{d_v})Q \quad [\text{Kč}]$$

kde  $N_{nQ}$  jsou roční nezávislé náklady [Kč/rok]

$Q$  celkové výrobní množství [ks]

$d_v$  velikost výrobní dávky [ks]

Pro celkové kritické množství  $Q_k$  pak bude platit :

$$Q_k = \frac{N_{nQ_2} - N_{nQ_1}}{(N_{z_1} - N_{z_2}) - \frac{N_{nd_2} - N_{nd_1}}{d_v}}$$

$$\text{Úspory na jednotku výroby :} \quad u_j = (N_{z_1} - N_{z_2}) - \frac{N_{nd_2} - N_{nd_1}}{d_v} - \frac{N_{nQ_2} - N_{nQ_1}}{Q} \quad [\text{Kč/ks}]$$

Při porovnávání variant je vhodné také stanovit roční úspory.

$$U_r = \frac{60E_{F_2}}{t_{AC_2} + \frac{t_{BC_2}}{d_v}} u_j \quad [\text{Kč/rok}]$$

kde  $U_r$  jsou roční úspory při zavedení nové varianty [Kč/rok]

$E_{F_2}$  efektivní časový fond nového stroje [h/rok]

$t_{AC_2}$  čas jednotkové práce s podílem směnového času nové varianty [min/ks]

$t_{BC_2}$  čas dávkové práce s podílem směnového času nové varianty [min/dávku]

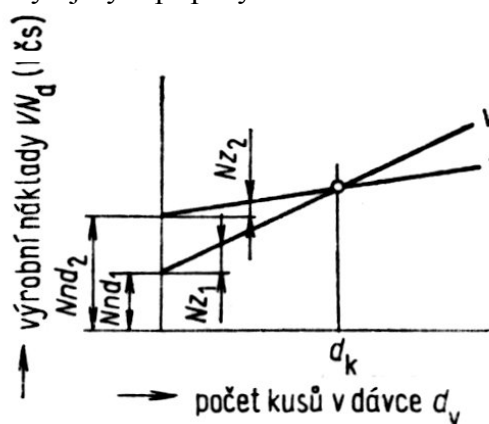
Při porovnávání univerzálních strojů, kde není použito speciální nářadí, pak celkové výrobní náklady na dávku  $N_{vd}$  budou :

$$N_{vd} = N_{nd} + d_v N_z \quad [\text{Kč/dávku}]$$

z tohoto vztahu pak, při  $N_{vd_1} = N_{vd_2}$  bude kritická dávka  $d_k$  :  $d_k = \frac{N_{nd_2} - N_{nd_1}}{N_{z_1} - N_{z_2}} \quad [\text{ks}]$

Úspory na jednici dávky  $u_j$  :  $u_j = (N_{z_1} - N_{z_2}) - \frac{N_{nd_2} - N_{nd_1}}{d_v} \quad [\text{Kč/ks}]$

Při porovnávání variant technologie výroby v závislosti na výrobních nákladech se nejčastěji vyskytují tyto případy :



1) porovnání dvou nebo více strojů univerzálních, bez použití speciálního nářadí. Porovnání je uvedeno v příkladu na obr. 15.

2) Porovnání dvou nebo více strojů univerzálních, při použití speciálního nářadí.

a) Opakovatelnost výroby se mění v určitém rozsahu, máme stanovit výrobní náklady v rozmezí velikosti dávky.

Obr. 15. Porovnání variant univerzálních strojů z hlediska výrobních nákladů.

Výrobní náklady na dávku v tomto případě lze stanovit :

$$N_{vd} = d_v N_z + N_{nd} + \frac{N_{nQ}}{p_d} \quad [\text{Kč/dávku}] \quad \text{jestliže} \quad \frac{N_{nQ}}{p_d} = N_{pQ} \quad [\text{Kč/dávku}] \quad \text{pak je kritická}$$

$$\text{dávka} \quad d_k = \frac{(N_{nd_2} + N_{pQ_2}) - (N_{nd_1} + N_{pQ_1})}{N_{z_1} - N_{z_2}} \quad [\text{ks}]$$

kde  $p_d$  je počet dávek (opakovatelnost), které se vyrábí za dobu použití speciálního nářadí,  $N_{pQ}$  nezávislé náklady na celkovém výrobním množství přepočítané na výrobní dávku [Kč/dávku]

Úspory na jednici výroby pak stanovíme :

$$u_j = (N_{z_1} - N_{z_2}) - \frac{(N_{nd_2} + N_{pQ_2}) - (N_{nd_1} + N_{pQ_1})}{N_{z_1} - N_{z_2}} \quad [\text{Kč/ks}]$$

Uvedené řešení je platné za předpokladu, že jsou mezi  $(N_{nd_2} - N_{nd_1})$  a  $(N_{pQ_2} - N_{pQ_1})$  podstatné rozdíly, tzn., že velikost výrobní dávky a celkové výrobní množství mají vliv na efektivnost výroby.

b) Při určité velikosti dávky se zjišťuje, jak se mění výrobní náklady variant v závislosti na celkovém výrobním množství.

3) Porovnání jednoúčelových strojů nebo linek s univerzálními stroji.

a) porovnání variant strojů, které se podstatně neliší ve výrobnosti,

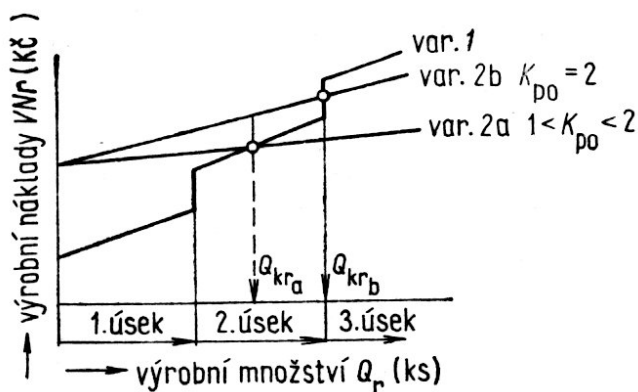
b) porovnání strojů kde jsou podstatné rozdíly v jejich výrobnosti.

Známe li životnost nebo předem určenou dobu úhrady pro novou variantu strojů a zařízení, lze roční výrobní kritické množství pro 3a) stanovit :  $Q_k = \frac{N_{nQr_2} - N_{nQr_1}}{N_{z_1} - N_{z_2}}$  [Ks/rok]

Kde  $Q_k$  je roční kritické množství [ks/rok]

$N_{nQr}$  nezávislé náklady na roční výrobní množství [ks/rok]

Pro případ 3b) je názorně uveden v příkladě na obr. 16. Z tohoto obrázku je patrné, že mohou nastat dvě řešení ( viz varianta 2a nebo 2b ).



Kritické množství výrobků  $Q_k$  je buď uvnitř kapacitního úseku nebo na jeho hranici. Grafické řešení je vhodné i u ostatních případů, při stanovování kritického množství.

Obr. 16. Porovnání strojů z hlediska pořizovacích nákladů a produktivity obrábění při  $k_{po} \gg 1$

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝSTVÍ

**Doc.Ing.AMBROŽ Oldřich,CSc**

**TECHNOLOGICKÉ PROCESY**  
část tváření a svařování

**UČEBNÍ TEXTY KOMBINOVANÉHO BAKALÁŘSKÉHO  
STUDIA**

# UČEBNÍ OSNOVA

Předmět: TECHNOLOGICKÉ PROCESY (část tváření a svařování)

Studijní obor: 23 – 07 – 7 Strojírenská technologie  
kombinované bakalářské studium

Ročník/semestr: 3.ročník/semestr zimní

Počet výukových hodin: 22 hodin (11 hodin odbor 3311, 11 hodin odbor 3313)

Charakteristika předmětu: Metodika technologické přípravy tepelného zpracování a výroby strojírenských součástí a polotovarů se zaměřením na jejich výrobu plošným a objemovým tvářením a svařováním. Navrhování výrobních postupů a analýza příslušných souvislostí.

**Cíl předmětu: Zvládnutí metodiky navrhování výrobních postupů tvářených (stříhaných, lisovaných, kovaných) součástí a dále součástí svařovaných z hlediska vazeb na jednotlivé výrobní procesy a ostatní materiálové i technologické souvislosti.**

Literatura:

Ambrož, O.: Technologické procesy. Sylaby FSI VUT v Brně

Ambrož, O.: Projektování výrobních procesů. Přednášky FSI VUT v Brně 1999

Kocman, K., Němeček, P., Ambrož, O.: Aktuální příručka pro technický úsek. Verlag Dashofer Praha 1998

Král, M.: Projektování výrobních procesů. Výroba polotovarů. Skriptum Fakulta strojní ČVUT Praha 1983

Videokazety příručky svařování a tepelné dělení firem Fronius, Linde, Aga a další

Garant předmětu: Doc. Ing. Oldřich Ambrož, CSc. (této části sylab)

Téma:	Osnova konzultací:	Hodin:
1.	Význam přípravy výroby ve vztahu na ekonomiku a jakost strojírenské výroby úplnost výrobních podkladů. Polotovar. Operace.	1
2.	Rozdělení tepelného zpracování výrobků (ocelových, litinových, ze slitin hliníku a ze slitin mědi). Příklady postupů tepelného zpracování jednotlivých skupin polotovarů podle materiálů. Příklad postupového listu.	3
3.	Základy projektování výroby výstřižků, ohýbaných výlisků a hlubokých výtažků.	2

- |    |  |   |
|----|--|---|
| 4. | Základy projektování výkovků, kování na lisech, bucharech a vodorovných kovacíh strojích. Technologičnost výkovků. | 3 |
| 5. | Základy projektování svařenců. Technologičnost svařovaných konstrukcí.   | 2 |

## 1. TÉMA

### **VÝZNAM PŘÍPRAVY VÝROBY VE VZTAHU NA EKONOMIKU A JAKOST STROJÍRENSKÉ VÝROBY. ÚPLNOST VÝROBNÍCH PODKLADŮ. POLOTOVAR. OPERACE.**

**Předmět PVP(příprava výroby)** je v podstatě rozdělený na dvě části organicky na sebe navazující.

Část 1 – výroba polotovarů

Část 2 – obecné zásady výrobních technologických postupů, obrábění a montáží

**Význam přípravy výroby:** - na ekonomiku strojírenské výroby  
- na jakost strojírenské výroby

Technologie a nedostatky v technologii strojírenské výroby tvoří značnou část problémů, zmetků a dalších nedostatků u výrobků.

Se vzrůstající úrovní technologie stoupá i úroveň a nároky na dokonalost výrobních technologických podkladů (postupů).

**Technologický postup je také právní podklad** > viz např. bezpečnost při práci, sabotáže a další.

#### **Zpracování výrobních podkladů závisí na:**

1. množství výrobků
2. charakteru výrobků
3. množství výrobků
4. kvalitě výrobků

#### ***Výroba součástí se obecně skládá z:***

- a) výroby polotovaru
- b) mechanického obrábění
- c) povrchové úpravy, případně tepelného zpracování(TZ)

**Poznámka:** TZ může být předřazeno i jinam v této posloupnosti.

Při realizaci výrobních procesů se používá a využívá různých druhů energie, např. energie mechanické a tepelné.

**Technologické výrobní procesy umožňují nejlepší využití kovových materiálů.** Dále tyto procesy odráží snižování pracnosti a zkracování výrobního cyklu => to vše má za následek snižování výrobních nákladů.

Co může být polotovarem? - odlitek  
- výkovek  
- výlisek  
- svařenec

**Poznámka:** V některých případech jsou tyto polotovary tak přesné, že nepotřebují dokončovací operací, na příklad obráběním (lisování a svařování automobilových karoserií, nebo určité tlakové odlitky – karburátor a další polotovary). V současné době je v mnoha případech přesnost polotovarů na úrovni přesnosti mechanického obrábění. Náklady na výrobu polotovarů pak podstatně ovlivňují i cenu celého výrobku.

Jednotlivé i dílčí zásahy do historie výrobku nazýváme operacemi (výrobními operacemi).

Stav materiálu po válcování nebo kování za tepla nebo po odlití nazýváme **přírodním stavem**. V přírodním stavu se používají pouze nízkouhlíkové nelegované oceli na méně významné výrobky.

## 2.TÉMA

### ROZDĚLENÍ TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ VÝROKŮ (OCELOVÝCH, LITINOVÝCH, ZE SLITIN AL A ZE SLITIN MĚDI) PŘÍKLADY POSTUPŮ TEPELNÉHO ZPRACOVÁNÍ JEDNOTLIVÝCH SKUPIN POLOTOVARŮ PODLE MATERIÁLŮ. PŘÍKLAD POSTUPOVÉHO LISTU.

Tepelné zpracování z hlediska rozdělení u technologických postupů lze dělit:

- tepelné zpracování u polotovarů
- tepelné zpracování u finálních výrobků

Budeme se zabírat: 1. tepelným zpracováním u odlitků  
2.tepelným zpracováním tvářených součástí (plech a objem)  
3.tepelným zpracováním svařenců  
4.konečným tepelným zpracováním

Poznámka: 1,2 a3 – je tepelné zpracování mezioperační,  
4 - je tepelné zpracování konečné.

#### TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ ODLITKŮ

Vlastnosti materiálu závisí - na chemickém složení

- na struktuře, fázovém složení, tvaru, četnosti a distribuci fází

poznámka: - nejsou zásadní rozdíly mezi chemickým složením lité a tvářené oceli

-rozdíly jsou v krystalizaci, pak jsou určité rozdíly v tepelném zpracování odlitků

- a) v opožděné transformaci austenitu
- b) v hrubší segregaci v odlitcích
- d) ve vyšším obsahu Si a Al

To vše má za následek vyšší teploty přeměny.Proto v případě odlitků je nutná vyšší austenitizační teplota(při stejném chemickém složení výkovku a jeho stejné tloušťce.Dochází k jinému průběhu rozpadu austenitu a tím také k:

- jiné výsledné struktury
- k jiným mechanickým vlastnostem

Příklad: Chladnutí oceli CrMo( viz ARA diagram této oceli) složení oceli 0,11%C, 0,47%Mn, 0,24%Si, 0,015%Si, 0,016%P, 0,23%Ni, 4,48%Cr, 0,15%Cu.

Obvyklé rozdělení způsobů tepelného zpracování: - žihání bez překrystalizace  
- žihání s překrystalizací

#### 1.Žihání na snížení napětí

(viz ČSN 420284 a ČSN 420285).U nízkouhlíkových nelegovaných ocelí teplota 600 - 650°C,doba prodlevy pak 4min/1mm největší tloušťky stěny(maximálně však 20min).Možnost místního žihání svarů.Ochlazování do 150°C pomalu v peci- pak na vzduchu.



## **2.Žihání na měkko**

## **3.Žihání normalizační**

Důvod:odstranění lící struktury odlitku.Po normalizačním žihání je lepší tažnost, vrubová houževnatost a pevnost.

## **4.Homogenizační žihání**

Důvod: odstranění dendritického a pásmového odmišení

## **5.Kalení a zušlechťování**

podmínky: - vyšší obsah uhlíku(u uhlíkových ocelí 0,35%C)

- dokonalá austenitizace

- odpovídající rychlost ochlazování

Terminologie:

- kalitelnost
- zakalitelnost
- prokalitelnost

Vliv obsahu uhlíku na tvrdost použité oceli a vliv obsahu ostatních prvků(význam čelní zkoušky prokalitelnosti).

Postup při kalení součástí a použití pomůcek:

1. pro danou vybranou ocel se z diagramu pásem tvrdosti odečte tvrdost pro 99,9% martenzitu a pro 50% martenzitu
- 2.z diagramu z pásem prokalitelnosti se zjistí vzdálenost od čela zkoušky na níž bylo požadované tvrdosti dosaženo
- 3.z diagramu pro vzdálenost se odečte kritický průměr  $D_0$  pro daný způsob ochlazování a pro daný součinitel H.

## **6.Popouštění**

**Cíl: - zmenšení vnitřních napětí**

- upravit mechanické hodnoty na požadované hodnoty  
rozdíl mezi popouštěním a napouštěním

**PŘÍKLAD 1:**( Tepelného zpracování žihání na snížení vnitřních napětí součásti po povrchovém kalení a hrubovacím broušení)

**PŘÍKLAD 2:** (Tepelného zpracování normalizačního žihání ložiskového tělesa)

## **7.Tepelné zpracování grafitických litin**

- a) žihání na snížení tvrdosti
- b) žihání na měkko (sferoidizační žihání)
- c) kalení a popouštění tvárné litiny

- d) popouštění
- e) žíhání na snížení vnitřních napětí

## **8. Tepelné zpracování slitin Al**

- a) žíhání
  - b) žíhání na snížení napětí
  - c) žíhání na měkko
  - d) vytvrzování - nutná změna rozpustnosti v tuhém stavu
- tepelné zpracování
- homogenizace
  - žíhání
  - vytvrzování

## **9. Tepelné zpracování slitin Cu**

- a) žíhání
- b) vytvrzování (stejně podmínky jako u slitin Al)

## **10. Tepelné zpracování tvářených ocelí za studena**

- a) rekrytalizační žíhání, cílem je odstranit za studena deformovanou strukturu. Bez tohoto tepelného zpracování nelze provést protlačování, hluboké tažení, tažení drátu, apod.

## **11. Tepelné zpracování svařenců**

- a) žíhání na snížení vnitřních napětí
  - b) žíhání normalizační
- poznámka: cílem je odstranit strukturu degradovanou svařováním

**PŘÍKLAD 3** (Tepelné zpracování nože nůžek)

**PŘÍKLAD 4** (Tepelné zpracování zápusťkového bloku)

**PŘÍKLAD 5** (Tepelné zpracování stopkové frézy)

**PŘÍKLAD 6** (Tepelné zpracování tělesa přípravku)

## **Co má obsahovat postup tepelného zpracování?**

Název výrobku, název operace

Materiál, rozměry, hmotnost, počet kusů, schéma

1. způsob uložení v peci
2. rychlost ohřevu
3. typ pece
4. ohřívací medium
5. doba ohřevu
6. uložení výrobku v peci podle charakteristického rozměru
7. předehřev (teplota a čas)
8. ochlazování (teplota a čas)
9. zobrazení teplotního režimu

### 3 TÉMA.

## **ZÁKLADY PROJEKTOVÁNÍ VÝROBY VÝSTŘIŽKŮ, OHÝBANÝCH VÝLISKŮ A HLUBOKÝCH VÝTAŽKŮ**

**Do této části je zahrnuto tváření za studena na lisech umožňující velmi rychlou a levnou výrobu. Přitom hmotnost součásti vzhledem k jejich pevnosti je velmi malá. Pevnosti se docílí jednak vhodnou konstrukcí a jinak zpevněním materiálů během tváření.**

### ***TECHNOLOGIČNOST VÝLISKŮ***

Náklady na materiál tvoří podstatnou část ceny výrobku. Volíme materiál, který je levný, ale umožňuje volit nejlevnější technologii. Při stříhání nebývá vyšší pevnost materiálu na závadu. Pro ohýbání používáme měkké a tvárné materiály. Pro hluboké tažení se používají materiály s dokonalým mechanickým i tepelným zpracováním. Pro výrobu ocelových výtažků se používají válcované plechy z uklidněných nebo neuklidněných ocelí.

### ***ROZMĚRY VÝCHOZÍHO MATERIÁLU***

Tuhosti a pevnosti součásti docílujeme vhodnými prolisy spíše než zvětšováním tloušťky plechu.

### ***TECHNOLOGIČNOST NÁSTROJE***

Z konstrukce výlisku je třeba vyloučit takové tvary, které vyžadují pracné obrábění rohů, nebo obrábění malými průměry fréz.

### ***HOSPODÁRNOST USPOŘÁDÁNÍ VÝSTŘIŽKŮ***

Je posuzována podle nejmenšího možného odpadu. Nejehospodárnější je uspořádání výstřížku bez odpadu – všechnen materiál se využije pouze na výstřížek. Hospodárnost uspořádání výstřížků se posuzuje podle využití materiálu  $k_m$  kde

$$k_m = \frac{a \cdot S}{\text{š. l}} \cdot 100(\%) \quad \text{kde } a - \text{počet součástí vyrobených z výchozího materiálu} \\ S - \text{plocha výstřížku (mm}^2\text{)}$$

Při stříhání kruhových polotovarů ovlivňuje šířka pásu využití materiálu.

S výhodou se stříhá s malým odpadem, případně se společným obrysem.

### ***Stříhání otvorů***

Dáváme přednost kruhovým otvorům, jež lze prostříhnout běžným nástrojem, jež závisí na tloušťce a druhu materiálu. Běžně lze prostříhnout otvory: v hliníkových slitinách  $d_{\min} = 0,8s$

měkká ocel  $d_{\min} = 1,0s$

tvrdá ocel  $d_{\min} = 1,5s$

Při děrování vedením střížníkem lze do měkké oceli s přidržovačem vyděrovat otvory  $d_{\min} = 0,3s$  (vzdálenost mezi otvory  $a = 0,8s$ ).

### ***Technologičnost ohýbaných výlisků***

Je třeba se vyvarovat se nejběžnějším chybám ohýbání, které jsou:

- a) nepřesnost úhlu ohybu(odpružení)
- b) deformace průřezu v oblasti ohybu
- c) deformace ramen poblíž oblasti ohybu
- d) nepřesné umístění oblasti ohybu
- e) porušení materiálu na vnější straně ohybu
- f) zpevnění materiálu v oblasti ohybu vyvolané tvářením za studena

### ***Velikost odpružení***

Souvisí s velikostí dovolených poloměrů ohybu, které způsobuje větší odpružení. Velikost odpružení je způsobeno mechanickými vlastnostmi ohýbaného materiálu, tloušťkou plechu, velikostí úhlu ohybu, velikostí poloměru ohybu a tlakem čelistí v místech ohybu.

Velikost odpružení lze stanovit dle ČSN 22 7340.

### ***Výchozí rozměry polotovaru pro ohýbání***

Délka polotovarů se rovná součtu délek a úseků neutrálních os.

### ***Technologičnost výtažků***

Je především závislá na volbě materiálu. Přesnost a vzhled výtažků je ovlivněna řadou činitelů:

- a) tloušťka stěny je nerovnoměrná, maximální rozdíly v tloušťce jsou 20 až 30%
- b) plášť výtažku bývá mírně kuželovitý 1 až 3%
- c) poloměry zaoblení závisí na technologii tažení a nelze je libovolně měnit
- d) okraj výtažku bývá nerovný a je nutno počítat s jeho ostřížením
- e) v oblastech s velkým přetvořením může dojít ke zdrsnění povrchu plechu

### ***Zásady pro konstrukci výtažků***

- nejlépe se táhnou válce
- čím nepravidelnější je výtažek, tím obtížněji se táhne
- není-li to nutné, nepředepisovat toleranci tloušťky stěny, raději předepisovat plech větší tloušťky
- konstruovat výtažky tak, aby byl co nejmenší počet tahů

### ***Stanovení počtu tahů***

Platí ČSN 22 7300, pro první tah platí

$$M_1 = \frac{d_1}{D}$$

kde  $d_1$  - průměr výtažku po prvním tahu

$D$  - průměr přístřihu

střední hodnoty pro ocelový hlubokotažný plech(i s přidržovačem) a pro slitiny hliníku a mědi  
Odstupňování tahů u čtyřhranných výtažků.

### ***Velikost polotovaru pro tažení***

Vychází se zásadně ze zákona o zachování objemu při tváření (pozor na rozdíl při tažení bez a se ztenčením stěny). Velikost přístřihu při tažení čtyřhranných nádob se určí dle ČSN 22 7303.

Poznámka: aplikace pomocí Guldinova pravidla

### ***Přesnost výstřižků***

závisí na:

- přesnosti výroby střižníku a střižnice
- konstrukci nástroje a zajištění polohy materiálu při stříhání
- druhu a stavu stříhaného materiálu
- tloušťce a přesnosti rozměru stříhaného materiálu

Poznámka: přesnost výstřižků je běžně ve stupni IT 12 až IT 14. Při stříhání ve stříhadlech se zvýšenou přesností pak IT 9 až IT 11. Při stříhání ve speciálních stříhadlech pak IT 6 až IT 8.

### ***Technologické postupy***

Příprava výroby výlisků zahrnuje:

- a) rozbor technologičnosti konstrukce výlisku
- b) stanovení technicky i ekonomicky nejvýhodnějšího postupu výroby součásti
- c) stanovení tvaru a rozměru polotovaru, určení nejvýhodnějšího nástřihového plánu
- d) volba typu a schématu lisovacího nástroje
- e) určení výrobních a pomocných zařízení
- f) určení způsobu podávání polotovarů a odebírání výlisků
- g) určení pracnosti, časových norem a způsobu kontroly
- h) určení druhu, počtu a sledu operací

### ***Typy nástroje použitého pro výrobu***

Operace mohou být vykonány v jednom nebo několika jednotlivých nástrojích, nebo ve sloučeném nástroji, nebo v postupovém nástroji, nebo v postupovém lisu. Nevýhodou postupových nástrojů je jejich složitost a poruchovost.

### ***Volba lisu***

Lisy s krátkými zdvihy, lisy pro prostřihování a děrování, lisy pro tažení, lisy pro ohýbání a tažení.

### ***Hlavní zásady pro volbu lisu a srovnání mechanických a hydraulických lisů***

V případě hydraulického lisu působí síla rovnoměrně během celého zdvihu.

Délka zdvihu hydraulického lisu se lehce nastavuje.

Rychlost hydraulického lisu se dá měnit.

U hydraulického lisu nemůže dojít k přetížení.

Mechanické lisy mají větší počet zdvihů za minutu.

### ***Výpočet střižné síly $F_S$***

$$F_S = (1,0 - 1,3) \cdot l \cdot s \cdot k_S \cdot (N)$$

kde  $l$  je délka stříhu (mm)  
 $s$  je tloušťka stříhaného materiálu (mm)  
 $k_s$  je střížný odpor a závisí na vlastnostech materiálu (hodnoty jsou udány v ČSN 22 6015, lze počítat  $0,8 R_m$ ),  $1,0$  až  $1,3$  opravný koeficient s ohledem na nerovnoměrnost tloušťky, otupení nástroje apod.

**Výpočet síly při ohýbání do tvaru V a do tvaru U.**

**Výpočet tažné síly.**

### **Universální nástroje**

Dělení universálních nástrojů:

- a) universální nástroje s vyměnitelnými funkčními částmi
- b) universální nástroje přestavitelné
- c) universální nástroje stavebnicové
- d) universální nástroje s vyřaditelnou funkční částí

### **Tažné nástroje z lehce zpracovatelných materiálů**

**Do této skupiny nástrojů patří: nástroje rychloupínací**

nástroje z lehce zpracovatelných materiálů

nástroje z páskové oceli

Zvláštní skupinu nástrojů tvoří tažné nástroje z nízkotavitelných slitin (systém DUALFORM). Jsou to hydraulické tažné lisy umožňující výrobu tažníků a tažnic z nízkotavitelné slitiny Sn, Pb, Sn s teplotou tavení  $140^\circ\text{C}$ .

### **Pomocná zařízení lisoven**

Aby mohly lisy pracovat automaticky s velkým počtem zdvihů musí být doplněny doplňkovými zařízeními. Mohou to být tato zařízení:

- nůžky na dělení širokých svitků na pásy (s rozměrovými úchylkami  $\pm 0,25\text{mm}$  až  $\pm 0,4\text{mm}$ ).
- nůžky na dělení svitků na tabule
- rovnačky pásů
- renovovačky pásů
- podávací zařízení

### **Protlačování**

Při protlačování za studena pracujeme pod rekrytalizační teplotou tvářeného materiálu. Podle směru toku materiálu vzhledem ke směru pohybu průtlačníku rozdělujeme protlačování kovů na tři základní způsoby.

- a. dopředné protlačování
- b. zpětné protlačování
- c. združené (kombinované) protlačování

Protlačování vykazuje příznivější výsledky jak z technologického, tak i z ekonomického hlediska. Výrobní časy jsou velmi krátké.

Technologický postup:

1. rovnání tyčí

2. odstranění povrchových vad
3. dělení tyčí na špalíky
4. tepelné zpracování špalíků
5. odstranění okují a nečistot
6. fosfatizace a sušení
7. mazání

Požadavky na výrobní zařízení(lisy): -vysoká tuhost lisu  
 -co nejdelší pracovní dráha lisu  
 -specielní protlačovací lisy LKP a lisy LU

Protlačovací materiály: a) hliník a jeho slitiny

b)měď a její slitiny

c)olovo a cín

d) ocele skupina A ocele s vysokou tvárností(11 340, 11 370, 12 010)

skupina B ocele se střední tvárností(11 420,11 424, 11 456,  
 12 020, 14 120, 14 220)

skupina C ocele tvrdé s malou tvárností(11 500, 11 600,  
 12 040, 12 050)

Přípustné deformace: počet tvářecích operací je závislý na konečném tvaru protlačku a přípustném přetvoření vzhledem k použitému materiálu.Z rozměrů polotovaru a konečného protlačku se vypočte celkové poměrné( nebo logaritmické) přetvoření.

Přípustné hodnoty poměrného a logaritmického přetvoření oceli v jedné operaci:

- při zpětném protlačování poměrné přetvoření činí 30% až 75%
- při zpětném protlačování logaritmické přetvoření činí 0,5 až 1,4
- při dopředném protlačování činí poměrné přetvoření až 80%
- při dopředném protlačování logaritmické přetvoření činí až 0,3

## **TÉMA 4:**

### **ZÁKLADY PROJEKTOVÁNÍ VÝKOVKŮ. KOVÁNÍ NA LISECH, BUCHARECH A VODOROVNÝCH KOVACÍCH STROJÍCH. TECHNOLOGIČNOST VÝKOVKŮ.**

Kování lze rozdělit na: ruční a strojní

Strojní kování je buď : volné nebo zápustkové(zápustkové kování je vhodné pro větší série, je přesnější a pro menší výkovky).

#### ***Konstrukce výkovků***

Musí umožnit co nelepší funkci výrobku, při dostatečné životnosti a minimálních výrobních nákladech. Konstrukce výkovku je ovlivněna především:

- tvarem a velikostí výkovku
- materiálem výkovku
- požadovaným množstvím
- následujícím zpracováním(obráběním, tepelným zpracováním)
- konečným použitím

Tvářený materiál vykazuje vláknitost→příčina anisotropie mechanických vlastností (je snaha dosáhnout takového rozložení vláken, aby tahová napětí působila ve směru vláken. Viz směrnice pro konstrukci zápustkových výkovků ČSN 42 0277 a pro zápustkové výkovky z neželezných kovů ČSN 42 9240

Zápustka by měla mít pokud možno rovinnou dělicí rovinu, aby výkovek snadno zaplnil dutinu zápustky a aby šel lehce vyjmout →proto musí mít úkosy.

#### ***Velikost bočních úkosů***

(volí se podle tvářecího stroje, podle poměru  $h/f$ , kde  $f$  je šířka příslušné části výkovku a  $h$  je hloubka dutiny výkovku nebo výška výkovku od dělicí roviny

Velikost bočních úkosů se volí podle typu použitého tvářecího stroje:

buchar, nebo vřetenový lis, nebo vodorovný kovací stroj. Velikost úkosů je 1 až 11°.

#### ***Přídavky a mezní úchytky volně kovaných výkovků.***

Čím je větší hmotnost výkovku tím obtížnější je manipulace při výrobě a tím větší musí být přídavek. Přídavky jsou závislé na tvaru výkovku a jsou předepsány v ČSN.

Technologické přídavky na obrábění(určují se podle ČSN 42 9010 až ČSN 42 9014)

#### ***Přídavky na obrábění(závisí na)***

1. způsobu kování(na bucharech, na lisech, na vodorovných kovacích strojích)
2. stupni obtížnosti kování podle materiálu
3. na hmotnosti hotové součásti
4. na rozměrech hotové součásti
5. na stupni přesnosti kování(obvyklá přesnost, vyšší přesnost, přesnost podle dohody)



### ***Přesnost zápusťkových výkovků***

Přesnost zápusťkových výkovků je ovlivněna následujícími faktory:

- přesností výroby zápusťky
- teplotou ohřevu materiálu
- opotřebením zápusťky
- deformací zápusťky
- přesností a vedením zápusťky

### ***Mezní úchytky rozměrů a tvarů jsou ovlivněny následujícími údaji***

- stupněm obtížnosti kování
- stupněm obtížnosti kování podle jakosti materiálu
- rozměrem výrobku
- tvarem dělicí roviny

stupeň obtížnosti kování v závislosti na členitosti tvaru výkovku se určuje podle ukazatele členitosti tvaru:

$$f = \frac{m_v}{m_o} \quad \text{kde} \quad m_v \text{ je hmotnost výkovku v kg vypočtená z rozměrových výkresů}$$

$m_o$  je hmotnost nejmenšího obalovaného tělesa  
v kg

### ***Mezní úchytky délky, průměru, šířky a výšky***

jsou uvedeny v tabulkách. Dále se určují hodnoty přesazení, sestřižení, mezní úchytky přímosti a rovinatosti, roztečí a zaoblení hran.

### ***Příprava výroby v kovárně***

Příprava výroby v kovárně má řadu následujících etap:

- ohodnocení výkresu výrobku z hlediska technologie kování
- konstrukce výkovku z obrobku (přídavky technologické a na obrábění)
- určení hmotnosti výkovku
- volba výchozího polotovaru
- volba výrobního zařízení
- stanovení technologického postupu
- příprava výroby nástrojů
- ekonomické zhodnocení variant a volba varianty optimální

### ***Velikost polotovaru pro kování***

Pro volné kování: (při kování z tyčí)  $m = m_v + m_o + m_s$

kde  $m_v$  - hmotnost výkovku

$m_o$  - ztráta hmotnosti opalem (při každém ohřevu se ztrácí 1 až 3% hmotnosti výrobku)

$m_o = n \cdot (0,01 \text{ až } 0,03) m_v$  kde  $n$  je počet ohřevů  
 $m_s$  - ztráta hmotnosti odsekáváním konců tyčí

Pro kování z ingotu je potřebná hmotnost ingotu  $m_i$ :  $m_i = m_v + m_s + m_h + m_p$

kde  $m_h$  - hmotnost hlavy ingotu

$m_p$  - hmotnost paty ingotu

### ***Využití materiálu ingotu se posuzuje podle součinitele využití ingotu***

$$\eta = \frac{m_v}{m_i} \cdot 100(\%) \quad \text{v praxi se využití ingotu pohybuje kolem 60\%}$$

***Stupeň prokování K:*** se vypočte podle ČSN 42 0276

podle vztahu:  $K = \frac{S_i}{S_v}$  kde  $S_i$  - průřez ingotu      platí zásada  $K_{\min} = 3$   
 $S_v$  - průřez výkovku

### ***Stanovení hmotnosti vsázkového materiálu při zápusťkovém kování***

Hmotnost vsázkového materiálu pro zápusťkový výkovek  $m$ :

$$m = m_v + m_{v\gamma r} + m_o$$

kde  $m_v$  - hmotnost výkovku

$m_{v\gamma r}$  - hmotnost výronku

$m_o$  - hmotnost opalu

### ***Konstrukce ideálního předkovku***

Výkovky se dělí podle tvaru do tří hlavních skupin, podle ČSN 42 9002. Složitější tvary třetí skupiny výkovků zajišťuje konstrukce ideálního předkovku. Postup konstrukce ideálního předkovku je následující:

- nakreslí se výkovek ve vhodném měřítku ve dvou pohledech
- nakreslí se odhadnutý obrys výronku
- označí se řezy na výkovku
- v každém řezu se spočítá průřez výkovku, včetně výronku
- sestrojí se průřezový obrazec
- spočítá se průřez předkovku v každém řezu
- poloměry předkovku se symetricky nakreslí kolem dělící čáry a spojí se obrysovou čarou

### ***Určení deformační práce bucharu***

Deformační práci bucharu můžeme určit třemi způsoby:

1. Hrubým odhadem celkové práce potřebné k vykování. Pro vykování výkovku, jehož plocha promítnutá do roviny kolmé k ose úderu je  $1 \text{ dm}^2$ , je nutná práce 180 až 350 kJ
2. Diagramem sestaveným podle zkušeností. Deformační práce závisí na velikosti přetvářené

plochy, složitosti výkovku, pevnosti materiálu a dalších faktorech.  
3. Výpočtem podle rozměru výkovku, např. podle Storoževa.

### ***Určení síly pro přechování na vodorovných kovacíh strojích***

Přetvárný odpor se vypočítá jako násobek přetvárné pevnosti. Síla na přechování se stanoví:

$$F = \sigma_s \cdot a \cdot S \quad \text{kde} \quad S - \text{je stlačovaná plocha v mm}^2 \\ a - \text{hodnota z tabulek}$$

### ***Ostřihování výronku***

Síla potřebná k ostřížení výronku se stanoví z velikosti stříhané plochy a z pevnosti materiálu ve stříhu. Při výpočtu stříhané plochy se uvažuje, že výška bude vzhledem k přechodu do výkovku dvojnásobná proti výšce výronku. Protože se nejedná o čistý stříh, počítáme, že síla bude o 70% vyšší než síla teoretická. Tedy:

$$F = 2,7 \cdot \sigma \cdot o \cdot h \quad (\text{N}) \quad \text{kde} \quad o - \text{obvod výronku v mm} \\ h - \text{výška výronku v mm} \\ \sigma - \text{pevnost materiálu při teplotě ostřihování (hrubý odhad } 0,3R_m)$$

### ***Kontrola volby mechanického lisu***

Mechanické lisy se kontrolují tak, že mohou být zatíženy tvářecí silou jen do určité vzdálenosti před dolní úvratí. Tato pracovní vzdálenost je závislá na typu lisu, nebo se udává ve stupních nebo v mm před dolní úvratí beranu. U výstředníkových lisů do 1600 kN se může dosáhnout jmenovité tvářecí síly 30° před dolní úvratí, u výstředních lisů nad 1600 kN jen 20° před dolní úvratí. U klikových lisů je úhel různý (u hlubokotažných lisů bývá až 90°, u ostřihovacích asi 15°).

### ***Technologie zápusťkového kování***

Technologický postup zápusťkového kování je následující:

- a) dělení materiálu
- b) ohřev materiálu na tvářecí teplotu
- c) předkování polotovaru
- d) kování výkovku v zápusťce
- e) ostřížení, případně děrování výkovku
- f) kalibrování výkovku (rovnání)

## TÉMA 5.

### ZÁKLADY PROJEKTOVÁNÍ SVAŘENCŮ. TECHNOLOGIČNOST SVAŘOVANÝCH KONSTRUKCÍ.

#### *Technologičnost svařovaných konstrukcí*

Svařovaná konstrukce musí vyhovět řadě požadavků, aby se dala vyrobit. Při volbě výchozího materiálu musíme brát ohled na jeho svařitelnost vzhledem k uvažované tloušťce a pracovnímu postupu. Při volbě spojení vycházíme z určitých typických konstrukcí, které se osvědčily v daném oboru. Vycházíme také z přístupnosti svarů, nákladů na přípravu svarových ploch a délky svarů.

Příkladem může být spojení rohu úhelníků a spojení nákržku s deskou.

Svary se nemají hromadit na jednom místě případně křížit, aby nevznikaly špičky napětí. Zbytečně předimenzované koutové svary vyžadují velký přívod tepla do svaru a zvyšují tak napětí a deformace.

U dynamicky namáhaných konstrukcí vycházíme ze skutečnosti, že na povrchu těchto konstrukcí nesmí vzniknou výrobní nebo konstrukční vrub.

#### *Porovnání produktivity práce základních svařovacích technologií*

Porovnání dvou základních technologií – svařování plamenem a elektrickým obloukem a jejich porovnání s poloautomatickým svařováním, automatickým svařováním, svařování el. obloukem pod tavidlem.

#### *Deformace a pnutí při svařování*

Z důvodů nerovnoměrného ohřevu, tepelných dilatací, existence součinitele teplotní roztažnosti vznikají tepelná napětí a pnutí. Velikost vnitřních napětí lze stanovit ze vztahu:

$$\sigma_T = -\alpha \cdot E \cdot \Delta T \text{ (MPa)}$$

Napětí a deformace způsobují ve svařování značné problémy. Výpočet napětí je velmi nesnadný a obtížný. Napětí a deformace se dělí na:

- podélná
- příčná
- úhlová

Postup svařování se volí podle účelu, který chceme dosáhnout:

- a) dosažení malých pnutí ve svarku, bez ohledu na deformace
- b) dosažení co nejpresnějších rozměrů

První způsob se používá při svařování slitinových ocelí obtížně svařitelných, ocelí velkých tloušťek, svarů s velkým počtem spojů apod. Volíme takový postup, při kterém se jednotlivé díly (detaily) spojují volně, svařují se nejdříve menší podskupiny a tyto se pak spojují ve větší celky.

### ***Technologické postupy pro svařování***

Již ve fázi rozhodování se musí technolog rozhodnou, která technologie svařování bude použita. Podle technologie svařování jsou zvoleny svarové plochy, přídavné materiály ,případně další podmínky svařování. Při volbě technologie uvažujeme tři hlavní hlediska:

- hledisko technologické
- hledisko konstrukční
- hledisko ekonomické

V technologickém postupu je zpracováno:

- a) příprava svarových ploch
- b) postup svařování
- c) postup svařování
- d) určení typu svařovacího zařízení
- e) návrh polohovadel, přípravků a měřidel
- f) stanovení svařovacích parametrů
- g) určení sdružených časů
- h) výpočet spotřeby elektrod, svařovacích drátů, tavidel, plynů, energie
- i) určení tepelného zpracování
- j) způsob kontroly

Základní postup operací při svařování bývá:

- příprava styčných ploch
- předehřev
- svaření příslušnou technologií
- očištění, prohlídka svaru
- žíhání
- kontrola

***Svary, tvar a úprava svarových ploch je předepsána normami ČSN 05 0025, ČSN 05 0026, ČSN 13 1070.***

V tabulkách jsou dány různé hodnoty svarových spojů. Jsou to především statická pevnost v tahu, odolnost proti únavě, vrubová houževnatost.

### ***Výpočet spotřeby přídavného materiálu, plynů a energie***

Spotřeba přídavného materiálu se určuje na základě normativů, tabulek nebo výpočtem.

Hmotnost potřebného přídavného kovu:

$$G = q \cdot l \cdot \rho \cdot z_1 \cdot z_2 \text{ (g)}$$

kde  $q$  – plocha průřezu svaru  $\text{mm}^2$

$l$  - délka svaru  $\text{mm}$

$\rho$  - hustota svarového kovu  $\text{g/mm}^3$

$z_1$ - součinitel ztrát nevyužitím celého množství přídavného kovu

$z_2$ - součinitel ztrát rozstříkem a vypařením

Uvedené součinitele jsou pro jednotlivé technologie uvedeny v příslušných tabulkách.  
Počet elektrod  $n$  se určí jednoduchým výpočtem:

$$n = \frac{G}{G_n} \quad \text{kde } G_n \text{ je hmotnost kovu navařeného jednou elektrodou}$$

Přibližná spotřeba tavidla činí: 0,8 až 1,5 kg/kg

Přibližná spotřeba ochranného plynu činí: u průměru drátu 1,2 mm      12l/min

u průměru drátu 1,6 mm      16l/min

u průměru drátu 2,0mm      18l/min