

Tvorba technologických postupov

Obrábanie a metrológia

prof. Ing. Vladimír KROČKO, CSc.

Výrobný proces

Výrobný proces – organizovaná premena východiskového materiálu na hotový výrobok.

Strojárska technológia – súhrn všetkých výrobných procesov, ktoré sa podieľajú na výrobe.

Podľa fyzikálnej podstaty má výrobný proces fázy:

- *predzhotovujúcu* (odlievanie, tvárnenie atď.) – výroba polotovarov,
- *zhotovujúcu* (väčšinou obrábanie) – výroba hotových súčiastok,
- *dokončovaciú* (montáž strojov a zariadení).

Výrobný proces – technologický (pôsobenie prírodných síl na pracovný predmet pracovnými prostriedkami),

– pracovný (pôsobenie človeka na kvalitatívne alebo kvantitatívne zmeny pri vzniku výrobku).

Výrobný postup je organizovanie výrobného procesu so všetkými nutnými činnosťami. Má:

- *technologickú* stránku (riadenie jednotlivých zmien za sebou – súhrnná technológia),
- *pracovnú* stránku (ľudská práca vo výrobnom procese).

Výrobný postup – organizovaný sled kvalitatívnych a kvantitatívnych zmien, ktorými prechádza pracovný predmet v strojárskej výrobe pri svojej premene na hotový výrobok pôsobením pracovnej sily, ktorá organizuje, ovláda a riadi pracovné prostriedky počas výrobného procesu.

Operácia – ukončená a súvislo vykonávaná časť výrobného postupu vykonaná na jednom alebo niekoľkých pracovných predmetoch na jednom pracovnom mieste (stroji) spravidla jedným alebo skupinou pracovníkov (napr. sústruženie alebo kontrola rozmerov).

Úsek – časť operácie, v ktorej sa vykonáva práca za približne rovnakých podmienok (napr. hrubovanie jednej plochy).

Úkon – ucelená jednoduchá pracovná činnosť (napr. upnutie obrobku, spustenie stroja).

Pracovný pohyb – najmenšia pracovná činnosť vo výrobnom postupe (napr. uchopenie, zdvihnutie, vloženie, premiestnenie, vybratie a pod.).

Podľa náročnosti je možné rozdeliť strojársku výrobu na:

- **jednoduchú** – súčiastky jednoduchých tvarov a menších rozmerov, vyrábané malým počtom väčšinou jednoduchých operácií bez väčších nárokov na rozmerovú a tvarovú presnosť.
- **zložitú** – súčiastky zložitejších tvarov alebo súčiastky väčších rozmerov a hmotnosti, vyžadujúce pre svoje zhotovenie väčší počet technologických operácií s výrobnými toleranciami stredných a presných stupňov lícovania.
- **náročnú** – súčiastky veľmi zložitých tvarov alebo súčiastky veľkých rozmerov a hmotnosti, vyžadujúce väčší počet technologicky náročných alebo rôznorodých operácií s veľmi presnými stupňami lícovania.

Podľa množstva výroby a stupňa automatizácie obrábacích strojov je možné výrobný postup:

- **rozdeľovať** na jednoduché operácie (väčší počet operácii na rôznych strojoch),
- **zlučovať** do zložitých operácii – výroba na jedno upnutie (obrábacie centrá).

Podľa počtu vyrábaných kusov (konvenčné stroje) je výroba (a aj pracovné postupy):

- **kusová** – používa sa technologické usporiadanie strojov, výrobné postupy sú operačné, predpokladajú kvalifikovanú obsluhu,
- **malosériová** – počet vyrobených kusov neprevýši veľkosť dávky, výrobné postupy sú rozčlenené až do úsekov, stroje upravené univerzálne aj špeciálne NC riadené,
- **sériová** – stroje jednoúčelové a stavebnicové s automatickým výrobným cyklom, predmetová organizácia výroby, kvalifikovaní nastavovači, menej kvalifikovaná obsluha,
- **veľkosériová a hromadná** – vyžaduje rozpracovanie až na úkony a pracovné pohyby, vysoko kvalifikovaní nastavovači, špeciálne prípravky aj nástroje, predmetové usporiadanie výroby, strojov a pracovísk.

Podklady pre vypracovanie výrobných postupov:

- *výrobné výkresy* – údaje o rozmeroch, tvaroch, kvalitatívnych požiadavkách, materiále, tepelnom spracovaní, preberacích podmienkach a pod.,
- *počet kusov* vyrábaných súčasne, opakovane, celkovo a o časová nadväznosť výroby,

- *výrobné zariadenie* – typ, možnosti, výkon, otáčky, posuv, automatizácia, príslušenstvo, dopravné a manipulačné zariadenia, skladovacie plochy a pod.,
- *výrobné náradie* – nástroje, prípravku, špeciálne prístroje a prídavné zariadenia pre stroje,
- *možnosti kooperácie* – (iné dielne, prevádzky, závody, výrobcovia),
- *normy* (ISO, EN, STN, oborové, podnikové) a *normatívy* (časov, rezných podmienok), tvary a rozmery polotovarov atď.

Účel výrobného postupu:

- a) navrhnuť poradie jednotlivých prác a výrobné metódy (tak, aby súčiastka dosiahla predpísané vlastnosti s najmenšími nákladmi),
- b) určiť východiskové rozmery a vlastnosti materiálu alebo polotovaru,
- c) navrhnuť výrobné prostriedky, stroje, náradie a zariadenia,
- d) navrhnuť organizáciu práce a pracoviska,
- e) navrhnuť technicko-ekonomické ukazovatele.

Operácie možno rozdeliť na:

- **základné** – vzťahujú sa na obrábanie základných funkčných plôch,
- **druhoradé** – výroba vedľajších a pomocných plôch.

Podrobnosť rozpracovania výrobného postupu je určená druhom výroby (kusová, malosériová, hromadná).

Kusová výroba

- postup rámcový – prehľad operácii s hlavnými údajmi.
- zložité operácie – delenie na úseky.
- východiskový materiál: tyčový a výkovky.
- stroje univerzálne, nástroje na obrábanie komunálne.
- technologické podmienky sa nemusia určovať, normy času pre celé operácie z normatívov.

Sériová výroba

- podrobný a presný postup,
- operácie sa vyznačujú skicou a kótami, podrobný opis,
- zložité operácie – delenie na úseky a úkony,
- technologické podmienky predpísané, aby sa plne využili stroje a nástroje.

Hromadná výroba

- najpodrobnejší postup, podrobné návodky pre operácie s nákresom,
- rozdelenie operácie až na pohyby,
- špeciálne nástroje a meradlá.

Etapy vypracovania postupu

1. Kontrola výkresu, zoznámenie s rozsahom prác a podmienkami výroby.
2. Voľba polovýrobku (resp. polotovaru) s ohľadom na spôsob výroby a množstvo odoberaného materiálu.
3. Voľba technológií.
4. Určenie základní.
5. Zostavenie rámcového postupu a určenie hlavných operácií.
6. Doplnenie vedľajších operácií.
7. Návrh strojov.
8. Určenie prípravkov a konečné stanovenie operácií.
9. Vypracovanie podrobného postupu, opis operácií, úsekov a úkonov.
10. Voľba nástrojov, náradia a meradiel.
11. Stanovenie technologických podmienok.
12. Stanovenie ekonomických údajov.
13. Ekonomické zhodnotenie postupu.

- Ad 1) Zoznámenie sa s požiadavkami *výrobného výkresu* \Rightarrow technológia, stroje, zariadenia. Vychádza sa z počtu vyrábaných kusov, funkcie výrobku a druhu polotovaru.
- Ad 2) Stanovenie polotovaru (tyčový, plech, atď. a spôsob jeho prípravy – rezanie, strihanie a pod.).
- Ad 3) Voľba metódy – tak aby sa splnili požiadavky dané výkresom (tvar, rozmery, kvalita povrchu, vlastnosti a vzhľad) a dosiahla hospodárnosť výroby (aj spôsob delenia, obrábania materiálu, tepelného spracovania, úpravy povrchu atď.).
- Ad 4) *Základňa* – plocha alebo sústava plôch, určujúca polohu súčiastky pri jej nastavení na obrábací stroja, pri jeho meraní alebo montáži.
- Ad 5) Poradie operácii – treba určiť tak, aby sme zabezpečili požadovanú kvalitu a presnosť výrobku pri najmenšej spotrebe času, materiálu a energie.
- Ad 6) *Vedľajšie operácie* – napr. pranie, kontrola, odihľovanie, odmasťovanie, povrchová úprava, zrážanie hrán, tepelné a chemické spracovanie, označovanie – zaraďuje sa do postupu, keď je to potrebné z hľadiska vykonania ďalšej operácie, čistoty a bezpečnosti práce.
Kontrolné operácie – zaraďujú sa po vytvorení rozmeru s úzkou toleranciou, kontrola tvrdosti a štruktúry po tepelnom a chemickom spracovaní a pod.
- Ad 7) *Stroj* – veľkosť a typ. Parametre určujeme z katalógov. Stroj má byť pre obsluhu čo najjednoduchší, má mať dostatočný výkon a musí sa pre danú operáciu maximálne využiť.

Ad 8) *Prípravok* – výrobná pomôcka pre uľahčenie nastavenia a upnutia obrobku alebo nástroja na stroj.

Ad 9) Členenie postupu (rozdelenie na *operácie, úseky, úkony, príp. pohyby*) podľa veľkosti série, charakteru práce a kvalifikácie pracovníka.

Ad 10) *Náradie* – *komunálne* (bežne používané) – pre technologicky jednoduché operácie,
– *špeciálne* - vo veľkosériovej a hromadnej výrobe.

Ad 11) *Technologické podmienky* – potrebné predpísať optimálne (= požadovaný výsledok pri ekonomickom využití strojov, náradia, prípravkov a zariadení pri najnižších výrobných nákladoch.

Ad 12) *Ekonomické údaje* – kvalifikačná trieda, norma kusového času, mzda.

Príprava polotovarov

- úprava hutného materiálu (tyčí, plechov, profilov), výkovekov, odliatkov, zvarencov a pod.

Práce: - delenie hutného materiálu,
- rovnanie a kalibrovanie predovšetkým tyčových materiálov,
- obrábanie technologických základní.

Delenie hutného materiálu

Tyčový materiál: 1. rámové, kotúčové a pásové píly,
2. trecie píly,
3. upichovacie sústruhy,

4. abrazívne deličky (rozbrusovanie),
5. mechanické a hydraulické lisy (strihanie, lámanie, prerážanie materiálu).

Plechy: 1. strihanie (najlepšie uzavretý strih),
2. rezanie plameňom.

Rovnanie a kalibrovanie hutného materiálu

- odstránenie veľkých tvarových odchýlok väčšinou za studena (napr. pri obrábaní na revolverovom sústruhu nesme krivosť prekročiť 1 mm na 1 m dĺžky).
- a) *výkovky a výlisky* – za studena alebo za tepla na lise,
- b) *tyčový materiál* – medzi valcami rovnacieho stroja,
- c) *kusové polotovary* – na lisocho.

Obrábanie čiel a navrtávanie strediacich otvorov

- dôležité operácie prípravy polotovarov, ovplyvňujúce presnosť ustavenia takmer všetkých operácií pri výrobe súčiastok napr. typu hriadeľov. Ustavenie obrobku závisí na:
 - a) súosovosti strediacich otvorov (vzájomné a s osou polotovaru),
 - b) presnosti tvaru strediaceho otvoru,
 - c) na konštantnej hĺbke vyvrtania strediacich otvorov,
 - d) na kolmosti čiel obrobku na os rotácie.

Výroba rotačných súčiastok

- 70 % z celkového objemu vyrábaných súčiastok podľa početnosti výskytu, 60 % podľa prácnosti obrábania.

Podľa *funkcie* a *tvaru* (hlavne podľa štíhlostného pomeru λ) delíme do 4 hlavných konštrukčno-technologických súborov:

- hriadele $3 < \lambda \leq 6$ (prípadne 10 pre dlhé hriadele),
- čapy $1 < \lambda \leq 3$,
- puzdra $1 < \lambda \leq 3$,
- kotúče $\lambda \leq 1$.

Typový operačný sled výroby hriadel'ov

- závisí na východiskovom polotovare (tyč alebo výkovok).
1. Delenie materiálu (iba v prípade tyčového materiálu).
 2. Zarovnanie čiel a navrtanie strediacich jamiek (príprava technologických základní).
 3. Sústruženie vonkajších tvarov na hrubo.
 4. Tepelné spracovanie pre odstránenie vnútorných napätí po hrubovaní.
 5. Sústruženie vonkajších tvarov na čisto.
 6. Brúsenie na hrubo koncových čapov (ak slúžia ako vedľajšie základne pre obrábanie druhoradých plôch – drážok, dier a pod.).
 7. Obrábanie druhoradých plôch – frézovanie drážok a malých plôch, vrtanie a zahlbovanie, výroba závitov dier atď.
 8. Hrubovanie a obrábanie na čisto tvarových funkčných plôch – ozubenie, viacdrážkové profily a pod.
 9. Tepelné spracovanie pre zlepšenie mechanických vlastností (napr. cementovanie, kalenie, popúšťanie).
 10. Rovnanie (v prípade dlhých hriadel'ov).
 11. Brúsenie strediacich jamiek (pre vyčistenie po tepelnom spracovaní).

12. Hrubé a jemné brúsenie vonkajších valcových a kuželových plôch.
13. Hrubé a jemné brúsenie tvarových funkčných plôch (ozubenie, viacdrážkové profily, závitov a pod.).
14. Dokončovanie veľmi presných funkčných plôch – napr. valčekovanie, superfinišovanie, lapovanie a pod.

Konkrétny výrobný postup sa zostaví z príslušných činností podľa výskytu konštrukčno-technologických prvkov a ich kvality. Okrem uvedených technologických operácií je potrebné doplniť postup o kontrolné operácie podľa druhu, zložitosti a kvality súčiastky.

Typový operačný sled výroby čapov

1. Delenie polotovaru (pri výrobe z tyčového polotovaru).
2. Sústruženie na hrubo a na čisto vonkajších a vnútorných rotačných plôch.
3. Dokončenie sústružených plôch z druhej strany.
4. Frézovanie drážok, rovinných plôch a vybrání.
5. Vrtanie dier mimo os rotácie, vrátane výroby súvisiacich tvarových plôch (hlavne vnútorných závitov).
6. Brúsenie osadení pre valcovanie závitov.
7. Výroba vonkajších závitov v osi rotácie (valcovaním, sústružením frézovaním).
8. Tepelné spracovania pre zlepšenie mechanických vlastností.
9. Brúsenie vonkajších valcových, resp. tvarových plôch.

Technologická základňa – spravidla vonkajší valcový povrch a jedno z čiel.

Upínanie – klieštiny alebo rýchloupínacie skľučovadlá. Pri frézovaní frézovaných prvkov a vrtaní dier mimo os rotácie skľučovadlá, prizmu alebo zverák s prizmatickými čeľuštami.

Výroba súčiastok typu puzdier

- tvarová príbuznosť k súčiastkam typu čapov \Rightarrow analogický sled výrobných operácií,
- výraznejší podiel činností pre výrobu vnútorných rotačných plôch (vrtanie, vystružovanie, vnútorné brúsenie).

Typový operačný sled výroby kotúčov

1. Tepelné spracovanie (odstránenie napätí, zlepšenie obrobitelnosti).
2. Hrubé zhotovenie vonkajších a vnútorných rotačných plôch (valcových a čelných) z jednej strany obrobku.
3. Hrubé sústruženie vonkajších a vnútorných rotačných plôch z druhej strany.
4. Sústruženie na čisto vonkajších a vnútorných rotačných plôch z jednej a druhej strany (postupne).
5. Obrábanie vnútorných tvarových plôch (drážky, viacdrážkové profily).
6. Vrtanie dier mimo os rotácie, vrátane dokončovania, či výroby závitov v nich.
7. Frézovanie rovinných plôch, vybraní a podobných vonk. Prvkov.
8. Obrábanie vonkajších tvarových funkčných plôch (ozubení, drážkovaní).
9. Tepelné spracovanie pre zlepšenie mechanických vlastností.
10. Dokončovanie vnútorných rotačných plôch.
11. Dokončovanie vonkajších rotačných, príp. čelných plôch.
12. Dokončovanie tvarových funkčných plôch (hlavne brúsenie a zabiehanie ozubení).
13. Dokončovanie veľmi presných funkčných plôch (superfinišovanie, lapovanie, honovanie).

Konkrétny postup je výber z typového operačného sledu podľa výskytu konštrukčných a technologických prvkov a požiadaviek kvality. Okrem toho je nutné zaradiť aj kontrolu.

Obrábanie nerotačných súčiastok

- okolo 30 % súčiastok z celkového počtu podľa početnosti výskytu, 40 % z celkovej prácnosti,
- na rozdiel od rotačných súčiastok rovnomerné rozloženie prácností základných profesii (frézovania, vŕtania a vyvrtávania).

Základné rozdelenie:

- *skriňové* súčiastky (vreteníky, prevodovky, suportové skrine a pod.),
- *rovinné* súčiastky (lišty, páky, dosky, veká, ojnice, ploché súčiastky, ploché výlisky),
- *objemové* súčiastky (armatúry, rozvádzače hydrauliky atď.)

Základné a druhoradé operácie pre skriňové súčiastky

1. Obrábanie jednej, príp. dvoch rovinných plôch maximálnych rozmerov (tvorba čistej technologickej základne).
2. Obrábanie *dvoch* strediacich otvorov na obrobenej základnej ploche (podľa možnosti čo najďalej od seba; slúžia pre ustavenie obrobku v upínači, prípravku, technologickej palete atď.).
3. Hrubovanie a obrábanie na čisto ostatných funkčných plôch rovinných.
4. Hrubovanie a obrábanie na čisto základných dier obrobku (funkčných plôch).
5. Obrábanie malých rovinných plôch (náliatkov, dosadacích plôch skrutiek a pod.).
6. Vŕtanie, zahlbovanie, vyhrubovanie, vystružovanie, vyvrtávanie malých dier, rezanie závitov a pod.
7. Jemné obrábanie rozmerov a tvarov základných otvorov – operácie dokončovacie.
8. Jemné obrábanie rovinných plôch (dokončenie brúsením, hlavne aj sa vyžaduje dodržanie kolmosti čiel a osí presných otvorov).

Ďakujem za pozornosť.