



Ústav Strojírenské
technologie

Speciální technologie

Cvičení

Zhotovení strojní součásti pomocí moderních technologií

č. zadání:

Poznámky:

Zadání:

Pro zadanou strojní součást (hotový výrobek) dle pořadového čísla viz **Tab. 1** / vlastní výběr po dohodě s vyučujícím vytvořte 3D model a výrobní výkres součásti s využitím libovolné CAx aplikace. Proveďte základní výpočet dle dodaných podkladů a realizujte výrobu pomocí technologie rapid prototyping s využitím metody FDM.

Uveďte základní principy a použitelnost dostupných technologií rapid prototyping s využitím **Tab. 2**. Rozdělení proveďte dle jednotlivých metod na bázi:

- a) Fotopolymerů.
- b) Práškových materiálů.
- c) Tuhých materiálů.

Zadané hodnoty:

Viz jednotlivé přílohy, dle pořadového čísla.

Náčrt zadané součásti:

Zhotovení strojní součásti pomocí moderních technologií

Poznámky:

Řešení:

Dle zadaného materiálu (hustota ρ) proveďte výpočet čisté hmotnosti součásti.

$$Q_s = \quad \quad \quad [\text{kg}]$$

$$Q_s =$$

Výpočet strojních nákladů pro daný stroj/zařízení:

Kalkulované odpisy [Kč/rok]

Kalkulované úroky [Kč/rok]

Prostorové náklady [Kč/rok]

Náklady na energie [Kč/rok]

Náklady na opravy [Kč/rok]

Strojní náklady [Kč/rok]

Použité vzorce:

$$\text{Kalkulované odpisy [Kč/rok]} = \frac{\text{pořizovací cena [Kč]}}{\text{doba životnosti [roky]}}$$

$$\text{Kalkulované odpisy [Kč/rok]} =$$

$$\text{Kalkulované úroky [Kč/rok]} = \frac{\text{pořizovací cena [Kč]}}{2} \times \text{úroková míra}$$

$$\text{Kalkulované úroky [Kč/rok]} =$$

$$\text{Prostorové náklady [Kč/rok]} = \text{plocha pracoviště [m}^2\text{]} \times \text{náklady na 1 m}^2\text{/rok}$$

$$\text{Prostorové náklady [Kč/rok]} =$$

$$\text{Náklady na energii [Kč/rok]} = \text{využ. čas. fond [hod.]} \times \text{nákl. na energii [Kč/hod.]}$$

$$\text{Náklady na energii [Kč/rok]} =$$

$$\text{Náklady na opravy [Kč/rok]} = \text{kalkulované odpisy [Kč]} \times \text{faktor oprav}$$

$$\text{Náklady na opravy [Kč/rok]} =$$

Zhotovení strojní součásti pomocí moderních technologií

Poznámky:

Výpočet strojní hodinové sazby daného stroje/zařízení:

$$\text{Strojní hod. sazba [Kč/hod.]} = \frac{\text{strojní náklady [Kč/rok]}}{\text{využitelný časový fond stroje [hod./rok]}}$$

Strojní hod. sazba [Kč/hod.] =

Výpočet strojních nákladů pro kalkulaci vlastních nákladů výroby:

$$\text{Strojní náklady [Kč]} = \sum_1^n (\text{norma času na 1 operaci [hod.] x} \\ \text{strojní hod. sazba [Kč/hod.]})$$

Strojní náklady [Kč] =

n počet operací podle technologického postupu

Zhotovení strojní součásti pomocí moderních technologií

Poznámky:

Základní údaje o strojní součásti (hotovém výrobku) viz **Tab. 1.**

Název výrobku:
 Materiál:
 Polotovar: tyčový materiál
 Hmotnost: [kg]
 Velikost dávky: 500 ks (1 dávka představuje právě 1 zakázku)

Výrobní postup:

Číslo operace	Číslo pracoviště	Pracoviště	Čas [min.]	
			t_{AC}	t_{BC}
1.	-	3D tiskárna uPrint		
2.	04124	Soustruh SV18RA/750		
3.	09863	Kontrola	-	-
4.	05161	Frézka F2V		
5.	04618	Vrtačka VS16		
6.	-	Úprava modelu	-	-
7.	09863	Kontrola	-	-

t_{AC} – čas jednotkové práce s podílem času směnového [min],

t_{BC} – čas dávkové práce s podílem času směnového [min].

Výpočet strojních hodinových sazeb:

1) Základní údaje o použitých strojích / zařízeních

	3D tiskárna uPrint	Soustruh SV18RA/750	Frézka F2V	Vrtačka VS16
Pořizovací cena [Kč]				
Doba životnosti [roky]				
Plocha pracoviště [m ²]				
Cena za 1m ² /rok [Kč/m ²]				
Výkon motoru/příkon zařízení [kW]				
Cena za 1 kWh [Kč/kWh]	4,76	4,76	4,76	4,76
Faktor oprav	0,5	0,5	0,5	0,5

Zhotovení strojní součásti pomocí moderních technologií

Poznámky:

2) Stanovení strojních nákladů v [Kč/rok]

Předpoklady:

- lineární forma odpisování,
- úroková míra 15%,
- náklady na el. energii závisí na časovém využití strojů/zařízení,
- využití výkonu strojů (zařízení) na 60%,
- cena za 1 kWh odvozena z typu sazby D02d, E.ON, a.s.
(stále platby neuvažovány vzhledem k jednotlivým strojům/zařízením),
- dvousměnný provoz.

Nákladová položka	3D tiskárna uPrint	Soustruh SV18RA/750	Frézka F2V	Vrtačka VS16
Kalkulované odpisy [Kč/rok]				
Kalkulované úroky [Kč/rok]				
Prostorové náklady [Kč/rok]				
Náklady na energii [Kč/rok]				
Náklady na opravy [Kč/rok]				
Strojní náklady [Kč/rok]				

3) Stanovení strojní hodinové sazby [Kč/hod.]

$$\text{Strojní hod. sazba [Kč/hod.]} = \frac{\text{strojní náklady [Kč/rok]}}{\text{využitelný časový fond stroje [hod./rok]}}$$

Strojní hod. sazba [Kč/hod.] =

Za předpokladu **dvousměnného provozu** a využitelného časového fondu strojního pracoviště E_s [hod/rok] je hodinová sazba stroje:

Zhotovení strojní součásti pomocí moderních technologií

Poznámky:

Roční využitelné časové fondy:

Roční fond ručního pracoviště v jedné směně:

$$E_r = (365 - 52 - 52) \cdot 8 = 2088 \text{ hod / rok} \cdot 2 = 4176 \text{ hod / rok}$$

Roční fond strojního pracoviště v jedné směně:

$$E_s = E_r - 0,11 \cdot E_r = 3717 \text{ hod / rok} \quad (2 \text{ směny})$$

Efektivní časový fond dělníka:

$$E_d = E_r - (15 + 15) \cdot 8 = 1848 \text{ hod / rok} \cdot 2 = 3696 \text{ hod / rok}$$

Směnnost strojních pracovišť: $s_s = 2$

Směnnost ručních pracovišť: $s_r = 2$

Koeficient překračování norem:

Strojní: $k_{pns} = 1,20$

Ruční: $k_{pnr} = 1,20$

Stroj/zařízení	Strojní hodinová sazba [Kč/hod.]
3D tiskárna uPrint	
Soustruh SV18RA/750	
Frézka F2V	
Vrtačka VS16	

Kalkulace výrobních nákladů na zakázku:

1) kalkulační schéma:

Přímý materiál [Kč] = norma spotřeby materiálu [Kč/ks] x počet ks v dávce

Přímý materiál [Kč] =

Přímé mzdy [Kč] = \sum_1^n (norma času dávkového na 1 operaci [hod.] x příslušný mzdový tarif [Kč/hod.])

Přímé mzdy [Kč] =

Zhotovení strojní součásti pomocí moderních technologií

Poznámky:

Strojní náklady [Kč] = \sum_1^n (norma času dávkového na 1 operaci [hod.] x
strojní hodinová sazba [Kč/hod.]

Strojní náklady [Kč] =

Zbytková výrobní reže = přímé mzdy x režijní přírážka

Zbytková výrobní reže =

Vlastní náklady výroby [Kč]

n počet operací podle technologického postupu

2) stanovení jednotlivých položek nákladů:

a) přímý materiál

- hmotnost $Q_s = \dots\dots\dots$ [kg/ks]
- cena 5 245 [Kč/kg]
- norma spotřeby materiálu $\dots\dots\dots$ [Kč/ks]
- velikost dávky 500 [ks/dávka]
- přímý materiál $\dots\dots\dots$ [Kč]

Zhotovení strojní součásti pomocí moderních technologií

Poznámky:

b) přímé mzdy a strojní náklady

Číslo operace	Číslo pracoviště	Čas dávky [hod.]	Mzdový tarif [Kč/hod.]	Strojní hod. sazba [Kč/hod.]	Přímé mzdy [Kč]	Stroj. náklady [Kč]
1.	-					
2.	04124					
3.	09863	-	-	-	-	-
4.	05161					
5.	04618					
6.	-	-	-	-	-	-
7.	09863	-	-	-	-	-
Celkem						

c) zbytková výrobní režie

- přímé mzdy Kč
- režijní přírážka 200 %
- zbytková výrobní režie Kč

3) Stanovení vlastních nákladů výroby na zakázku

Vlastní náklady výroby na zakázku stanovíme podle následujícího kalkulačního předpisu:

- přímý materiál Kč
- přímé mzdy Kč
- strojní náklady Kč
- zbytková výrobní režie Kč

-
- vlastní náklady výroby Kč

Pokud bychom chtěli stanovit úplné vlastní náklady na zakázku, museli bychom k vlastním nákladům výroby připočítat položky správní a odbytové režie zjištěné na základě přírážkové techniky kalkulace.

Zhotovení strojní součásti pomocí moderních technologií

Poznámky:

Volba polotovaru

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,

$$k_m = \frac{Q_s}{N_m} \quad [-]$$

Q_s je čistá hmotnost součásti [kg],

N_m je norma spotřeby materiálu [kg],

k_m 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.

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

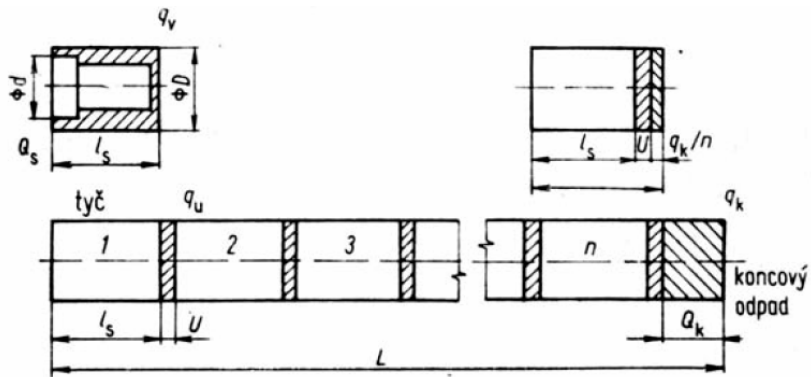
- statistickou metodou, vycházející ze stat. záznamů o spotřebě mat. podobné součásti. Lze použít pouze pro předběžné určení spotřeby mat.,
- rozborově propočtovou metodou, která vychází z podrobného propočtu ovlivňující spotřebu mat. Stanovení spotřeby materiálu z tyčového mat.

Polotovary z tyčového materiálu (přířezy) se získávají dělením na pilách, soustruzích, frézkách, apod. Celkové ztráty při výrobě součásti obráběním z_m se skládají ze:

- ztráty vzniklé obráběním polotovaru q_o [kg/ks],
- ztráty vzniklé dělením tyče q_u [kg/ks].

Zhotovení strojní součásti pomocí moderních technologií

Poznámky:



Ztráty z materiálu u polotovaru z přířezu z tyče.

Ztráty vzniklé z nevyužitého konce tyče:

$$q_k = \frac{Q_k}{n} \text{ [kg/ks]}$$

$$q_k =$$

Norma spotřeby materiálu N_m [kg/ks]:

$$N_m = Q_s + q_o + q_u + q_k = Q_s + z_m \text{ [kg/ks]}$$

$$N_m =$$

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

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

$$q_o =$$

Po dosazení do vztahu pro výpočet normy spotřeby materiálu N_m :

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

$$N_m =$$

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

$$k_m = \frac{Q_s}{N_m} \text{ [-]}$$

$$k_m =$$

Zhotovení strojní součásti pomocí moderních technologií

Poznámky:

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, atd. Přibližuje-li se koeficient využití materiálu k_m jedné tzn., 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 a tím zvýšení produktivity práce.

Přidávky na obrábění

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

- druhu a rozměru obrobku,
- typu výroby,
- vlivu technologického postupu,
- druhu nástroje a stavu jeho ostří,
- vlivu materiálu a druhu polotovaru,
- vlivu nepřesnosti ve výrobě.

Přidávky je možno určit empirickým výpočtem, nebo technickým propočtem. Empirické vztahy pro výpočet přidavku jsou poměrně nepřesné, např.

$p_c = 0,05 \cdot d_{\max} + 2$ [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.

Základní vztah pro volbu polotovaru pro rotační součástku:

$$\phi d = 1,05 \cdot d_{\max} + 2 \text{ [mm]}$$

$$\phi d =$$

(rozměr polotovaru dle ČSN 426510)

$$\phi d =$$

Empirický vzorec slouží k základnímu orientačnímu určení průměru polotovaru.

Zhotovení strojní součásti pomocí moderních technologií

Uved'te základní principy a použitelnost dostupných technologií rapid prototyping s využitím Tab. 2. Rozdělení proved'te dle jednotlivých metod na bázi:

- a) Fotopolymerů.
- b) Práškových materiálů.
- c) Tuhých materiálů.

Poznámky: