

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Technologický postup výroby prahového profilu pro vlaky NIM
Technological Process of Production Threshold Profile for NIM Trains

Student:

Bc. Petr Bobovský

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Marek Pagáč, Ph.D.

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Petr Bobovský**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Specializace: 20 Strojírenská technologie
Téma: **Technologický postup výroby prahového profilu pro vlaky NIM**
Technological Process of Production Threshold Profile for NIM Trains
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Rozbor problematiky a současný stav výroby.
3. Návrh nového technologického postupu výroby.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. 1. vyd. Žilina : Žilinská univerzita v Žiline, EDIS, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-TU Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [3] HAVRILA, Michal; ZAJAC, Jozef; BRYCHTA, Josef; JURKO, Jozef; *Top trendy v obrábění, I. část – Obráběné materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o. Žilina, 2006. 205 s. ISBN 80-968954-2-7.


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Marek Pagáč, Ph.D.**

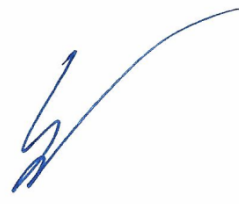
Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016





doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.
vedoucí katedry

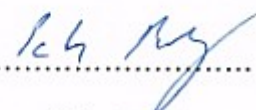


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne: 19. května 2016


.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB – TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB – TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- bylo sjednáno, že VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užit své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby.

V Ostravě: 19. května 2016


.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Petr Bobovský

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Karola Šmidkého 1816/10

Ostrava – Poruba

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. BOBOVSKÝ, P.; *Technologický postup výroby prahového profilu pro vlaky NIM*: diplomová práce. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2016, 42 s. Vedoucí práce: Ing. Marek Pagáč, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá návrhem racionalizace výroby prahového profilu pro vlaky. V úvodu je popsána původní technologie výroby. Na základě popisu stávající technologie je navržena racionalizace výroby. Navržená racionalizace výroby spočívá v použití vodního paprsku, která je aplikována do výroby částečně na jiném pracovišti. Použitím vodního paprsku se dosáhlo snížení výrobních časů a tím i výrobních nákladů. V závěru je uvedeno technicko-ekonomické zhodnocení a matematické výpočty strojních časů a nákladů výroby. Ověřená technologie se využívá pro výrobu dalších prahových dílů.

ANNOTATION DIPLOMA THESIS

Bc. Bobovský, P.; *Technological process of the threshold profile for trains NIM*: thesis. Ostrava: VSB-Technical University of Ostrava, Faculty of Engineering, Department of Machining, Assembly and Engineering Metrology, 2016, 42 s. Supervisor: Ing. Marek Pagáč, Ph.D.

This diploma thesis deals with the rationalization of production threshold profile for trains. The introduction describes the original production technology. Based on the description of existing technology is designed to rationalize production. The proposed rationalization of production involves the use of water jet, which is applied to the manufacture of the part to another department. Using a water jet to achieve a reduction in production times and therefore production costs. In conclusion, there is a technical-economic evaluation and mathematical calculations of machine time and production costs. Verified technology is used for manufacturing other parts of threshold.

Obsah

Seznam použitých zkratk	7
1. Úvod	8
1.1. Představení společnosti	9
1.2. Rozčlenění provozu Lichna Trade CZ, s. r. o.	10
2. Rozbor problematiky a současný stav výroby	11
2.1. Popis prahového dílu	12
2.2. Pracoviště pro výrobu	12
2.3. Řezné nástroje pro opracování	14
2.4. Původní technologie výroby	16
2.4.1. Vyhrubování částí profilu s přídávkem 5 mm na plochu	16
2.4.2. Opracování po vyhrubování	20
2.4.3. Opracování vnitřní strany	20
2.4.4. Opracování vybrání	21
2.4.5. Opracování vybrání 1375 × 140	23
2.4.6. Frézování zámku podle bokorysu a řezu „M-M“	25
2.4.7. Frézování R1190 podle nárysu	26
2.4.8. Opracování pohledové strany	27
2.4.9. Opracování podélné drážky dle bokorysu a pohledu „J“	28
3. Návrh nového technologického postupu výroby	30
3.1. Nová technologie hrubování R1190 s přídávkem 5 mm	33
3.2. Nová technologie řezání vybrání 1375 × 140 s přídávkem 5 mm	34
4. Technicko-ekonomické zhodnocení	36
5. Závěr	47
6. Seznam použité literatury	48
7. Seznam příloh	51

Seznam použitých zkratk

a_p	-	hloubka záběru	[mm]
D_n	-	nástroj	[mm]
f	-	velikost posuvu	[mm]
H	-	hloubka drážky	[mm]
i	-	počet průchodů	[-]
j	-	počet záběrů	[-]
L_{zd}	-	délka obráběné plochy	[mm]
n	-	otáčky	[min ⁻¹]
N_o	-	náklady na operaci	[Kč]
N_{tA}	-	náklady na hlavní čas	[Kč]
N_{tAC}	-	náklady na výrobní čas	[Kč]
N_{tB}	-	náklady na vedlejší čas	[Kč]
P_v	-	počet výměn	[-]
t_A	-	hlavní strojní čas na jednu operaci	[min]
t_{A1}	-	hlavní strojní čas pro všechny operace	[min]
t_{AC}	-	výrobní čas	[min]
t_B	-	vedlejší čas	[min]
v_c	-	řezná rychlost	[m.min ⁻¹]
v_f	-	posuvová rychlost	[mm.min ⁻¹]
t_{Bv}	-	všechny vedlejší časy	[min]
Z	-	počet zubů	[ks]
M_k	-	krouticí moment	[Nm]

1. Úvod

Úspěšnost firmy je v dnešní době přímo určena efektivitou a flexibilitou procesů, kterými jsou poskytovány její služby či produkty. Což vzhledem k panujícímu silnému konkurenčnímu prostředí přináší na straně výrobců nutnost pružně reagovat.[8]

Jedním ze základních principů, kterým se prosazuje rentabilita průmyslových podniků, je zvyšování úrovně optimalizace, organizace a řízení výroby. Je to oblast, kterou se snažíme stále zdokonalovat, a taky se to daří, avšak stále jsme krok zpět v porovnání s průmyslově vyspělejšími zeměmi. Hlavním cílem organizace a řízení výroby, tedy i optimalizace výrobních procesů, je zvyšování její technicko - ekonomické úrovně. Patří sem využití, navrhování, zdokonalování dosavadních a realizace nových ucelených soustav výrobních procesů a jejich základních činitelů, k nimž patří pracovní síly, pracovní prostředky, pracovní předměty a další činitelé.[8]

K problematice organizace a řízení výroby počítáme studium racionalizace práce, manipulace s materiálem včetně řízení materiálového hospodářství, technologickou přípravu výroby, řízení samotného výrobního procesu spolu s evidencí výroby, řízení jakosti výrobků apod. Systémový přístup, využití moderní výpočetní techniky s modelováním organizačních i technických výrobních soustav jsou soudobými nástroji racionalizace a optimalizace výroby. [8]

Činnost optimalizace, organizace a řízení výroby je stále důležitější, protože každý podnik je složitý sociálně-ekonomický systém s mnoha prvky, ve vzájemné interní i externí interakci a vazbami na okolní prostředí. Neodmyslitelnou součástí každé firmy a správným předpokladem k úspěchu vlastních výrobků na trhu je pochopení všech aspektů organizace a řízení výroby a osvojení si základních podmínek. [8]

1.1. Představení společnosti

Společnost Lichna Trade CZ, s. r. o., představuje jednu z nejrychleji se rozvíjejících firem na severní Moravě, která vznikla transformací sdružení 2 fyzických osob – Milana a Čestmíra Lichny, kteří se strojírenskou výrobou zabývají již od roku 1992. [9]

Lichna Trade CZ, s. r. o., je stabilizovaná a dynamicky se rozšiřující firma nejen s narůstajícím obchodním obratem, ale i výrobními kapacitami a možnostmi. V současné době má společnost výrobní provozovny ve Sviadnově, v Lískovci u Frýdku-Místku a také v Opavě. [9]

V roce 2014 společnost Lichna Trade CZ, s. r. o., koupila firmu ANKRA, spol. s r.o., čímž rozšířila výrobu o komponenty pro těžební a důlní průmysl. [9]

Firma Lichna Trade CZ, s. r. o., se zaměřuje na strojírenskou výrobu a to na kovoobrábění, svařování, soustružení, frézování a dělení materiálu formou pálení či řezání laserem nebo plazmou. Dalším souvisejícím oborem je strojírenská kovovýroba strojních dílů, oprava kolejových vozidel, železničních vagónů nebo výroba železničních podvozků. [9]

Strojírenská kovovýroba probíhá na zakázku, nabízíme dlouholeté zkušenosti a vysokou kvalitu. Strojírnoství vyžaduje volbu kvalitního materiálu, který často dělíme laserem nebo plazmou a tím dokážeme zajistit vysokou jakost nejen pro Českou republiku, ale i Evropskou unii. [9]

Firma nabízí zakázkovou výrobu pro železniční vagóny, jejich díly a zároveň i opravy veškerých kolejových vozidel a vagónů. Specializuje se i na výrobu jednotlivých dílů. S výrobou a opravami jednotlivých dílů kolejových vozidel a vagónů má dlouholeté zkušenosti. [9]

1.2. Rozčlenění provozu Lichna Trade CZ, s. r. o.

Společnost Lichna Trade, s. r. o., má tyto provozy:

- **Sviadnov** – slouží především k svařování rozměrných kusů a dále zajišťuje obráběcí kapacity těchto nadměrných kusů,
- **Lískovec** – sloužící zejména k zabezpečení dodávky materiálu pro Sviadnov a Opavu. Tato pobočka je vybavena unikátními stroji, jako jsou plazma, laser, vodní paprsek a obráběcí centra,
- **Opava** – zabezpečuje výrobu malých svařovaných kusů a jejich opracování,
- **Stavební činnost** – zabezpečující montáž námi vyrobených kusů ve velkých firmách, jako jsou ArcelorMittal, OKD a jiné,
- **Ankra** – zajišťuje výrobu a dodávky důlních komponentů pro OKD. [9]

2. Rozbor problematiky a současný stav výroby

Výroba prahových dílů je velmi náročná, je kladen důraz hlavně na přesnost tohoto výrobku, protože přijde zavařit do sestavy, kde se pohledová strana již neopravováá, pouze se lakuje. Prahový díl je vyráběn z hliníku, proto i upínání je velmi obtížné, musí se dávat pozor na deformaci kusu a také na jeho poškrábání. Tímto je kladen vysoký požadavek na kvalifikaci daných pracovníků.

Stručný popis upnutí a najetí nulových bodů prahového profilu

Výroba tohoto dílu probíhá z plného profilu, který si dodává zákazník sám (obr. 1). Profil je tažený, tím dochází k tvarovým nepřesnostem. Obrobek bude upnut k úhelníkům, na kterých jsou opracovány hliníkové podložky. Před opracováním je nutné profil proměřit, z důvodu již dříve zmiňované nepřesností tak, aby mohly být všechny obráběné plochy obrobny. Najetí nulových bodů bylo sjednoceno se zákazníkem tak, aby zámky pasovali přesně do sebe a tím na sebe navazovaly pohledové strany. Pro sjednocení byla navržena šablona (obr. 2), která byla vyrobena ve dvou provedeních. Jedna pro účely firmy, druhá pro zákazníka. Šablona má přesný tvar pohledové strany profilu a po provedení všech těchto důležitých úkonu se mohl profil opravovávat.



Obr. 1 – Hliníkový profil pro výrobu prahového dílu



Obr. 2 – Šablona pro najetí nulových bodů

2.1. Popis prahového dílu

Základní rozměry a hmotnost prahového profilu

- materiál - EN AW-6005A/T6
- hmotnost - 190 kg
- rozměry - 2585 × 285 mm
- šířka profilu - 60 mm

2.2. Pracoviště pro výrobu

Pro frézování bylo vybráno pracoviště s ohledem na velikost otáček a posuvové rychlosti. Pro výrobu byla zvolena horizontální vyvrtávačka WRD 130 s řídicím systémem Heidenhain a s řízeným NC stolem. Otočný stůl lze zatížit polotovarem o váze 30 tisíc kg. Horizontální vyvrtávačka WRD 130 s upnutým prahovým dílem je uvedena na (obr. 3). Technické parametry stroje jsou uvedeny v tab. 1 a 2.



Obr. 3 – Upnutý prahový díl na otočném stole WRD 130

Tab. 1 – Hlavní technické parametry stroje WRD 130 [10]

Hlavní údaje stroje	WRD 130
Průměr vřetena	130 mm
Upínací kužel ve vřetenu	ISO 50
Rozměr pinoly (š × v)	400 × 400 mm
Max. krouticí moment na vřetenu	8 800 Nm
Zvýšený M_k při pr. příruby 190 mm	15 700 Nm
Max. krouticí moment na fréz. vřetenu	35 000 Nm
Otáčky vřetena plynule v rozsahu	10–3 000 min^{-1}
Posuvová rychlost vřetena s pinolou	1–10 000 $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$
Posuvová rychlost vřeteníku	1–10 000 $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$
Posuvová rychlost stojanu	1–10 000 $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$
Rychloposuvy vřetena a pinoly	10 000 $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$

Tab. 2 – Technické parametry otočného stolu S30 [10]

Rozměry upínací desky	2 500 × 2 200 mm
Výška stolu od základny k upínací ploše	1 430 mm
Výška stolu nad podlahou dílny	300 mm
Délka základního lože	4 000 mm
Šířka vedení	2 600 mm
Pojezd stolu po základním loži	2 500 mm
Nosnost stolu	30 000 kg

2.3. Řezné nástroje pro opracování

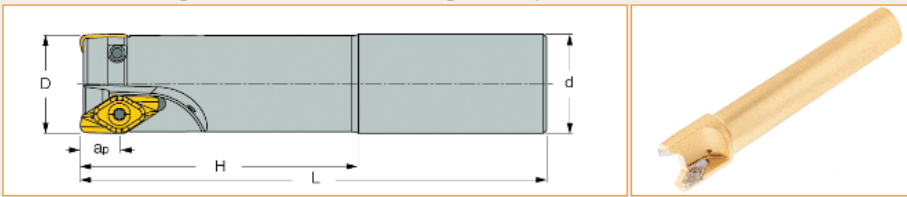
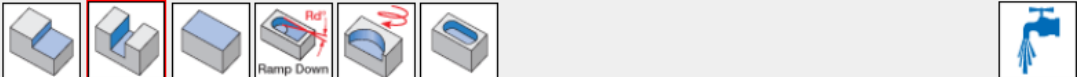
Pro obrábění prahového dílu byl použit nástroj firmy Iscar (obr. 3) a vyměnitelné břitové destičky (obr. 4). Pro frézování rádiusového vybrání byla použita kopírovací fréza firmy Dormer-Pramet (obr. 5) s vyměnitelnými břitovými destičkami (obr. 6).

Parametry řezného nástroje Iscar HSM90S ALE-D40-2-C32-14:

průměr $D = 40 \text{ mm}$,

počet zubů $z = 2$.

HELIALU
HSM90S EAL-14 : Long reach endmills used for machining aluminum, with HSM90S APCR 1405... inserts.

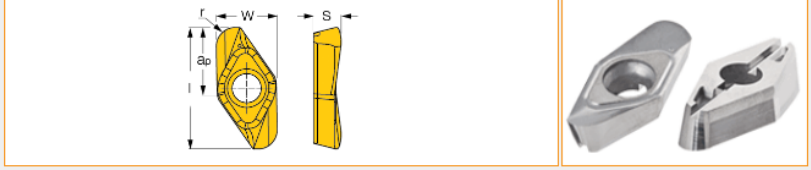



Designation	D	ap	Z	H	L	d	RPM max	Rd°	Kg
HSM90S EAL-D32-2-C32-14	32.00	10.00	2	80.00	200.00	32.00	37500	10.0	1.020
HSM90S EAL-D40-2-C32-14	40.00	10.00	2	45.00	220.00	32.00	37000	10.0	1.248

Obr. 3 – Parametry frézy firmy Iscar [11]

Doporučené břitové destičky **HSM90 S APCR 1405**

Frézování Druh : **HSM90S APCR 1405** HELIALU super positive and polished rake inserts, for machining aluminum at high rotation speed. The insert features a groove on its bottom, designed to improve resistance to centrifugal force. Označení : HSM90S APCR 140508R-P



W	r	ap	l	S	fz(min)	fz(max)
12.50	0.80	10.00	25.00	6.05	0.10	0.30

Katalogové č.	Grade & Vc	Alternativa	Primary View File(2D)	Model (3D)
5606644	IC28		DXF	STP


Obr. 4 – Vyměnitelné břitové destičky [11]

Kopírovací fréza **Dormer - Pramet 20K3R070B25-CXP20**

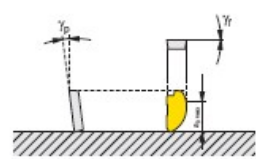
Průměr $D = 20$,

Počet břitů $z = 3$.

K3-CXP



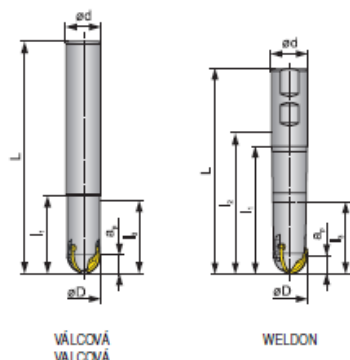
γ_p	-5°	κ_r	-
γ_r	0°	$a_{p,max}$	-



Všechny rozměry v [mm]. / Všechny rozměry v [mm].

**KOPÍROVACÍ FRÉZY
KOPÍROVACIE FRÉZY**

MULTISIDE XP



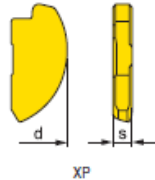

VÁLCOVÁ VALCOVÁ WELDON

Z^{*} - Počet zubů / Počet zubov

WELDON											
16K3R060B20-CXP16	■	16	111	60	86,5	44,4	20	3	XP 16..	8,0	0,20
20K3R070B25-CXP20	■	20	127	70	95,5	46,3	25	3	XP 20..	10,0	0,36
25K3R080B25-CXP25	■	25	137	80	105	-	25	3	XP 25..	12,5	0,44

Obr. 5 – Kopírovací nástroj firmy Dormer - Pramet [12]

Doporučená břitová destička XP 20ER-FM

K3-CXP		KOPÍROVACÍ FRÉZY KOPÍROVACIE FRÉZY										
												
VYMĚNITELNÉ BŘITOVÉ DESTIČKY / VYMNITELNÉ REZNÉ DOŠTIČKY												
ISO	Materiály										Rozměry / Rozmery	
	M8310	M8346	6220								d	s
XP 16ER-FM	■	■	■								16,00	2,00
XP 20ER-FM	■	■	■								20,00	2,50
XP 25ER-FM	■	■	■								25,00	3,17
XP 32ER-FM	■	■	■								32,00	4,00

Obr. 6 – Břitové destičky pro kopírovací frézu [12]

Při výběru rezného nástroje se vycházelo z katalogů tuzemských a zahraničních firem.

2.4. Původní technologie výroby

Původní technologie opracování byla navržena pouze pro horizontální vyvrtávačku. Veškeré frézování bylo zdlouhavé, protože profil je plný a docházelo tak k velkému úběru materiálu.

2.4.1. Vyhrubování částí profilu s přídavkem 5 mm na plochu

Profil je upnutý pohledovou stranou k úhelníkům a vycentrován. Najetí nulových bodů je provedeno pomocí šablony (obr. 2). Vyhrubování se týkat největšího vybrání rozměr 1375 × 140 mm a tvarového vybrání R1190 po úhlem 60° (příloha A). Příklad 5 mm na plochu je ponechán z důvodu možné deformace profilu. V tomto případě není vhodné k odstranění pnutí tepelné zpracování z důvodu křehnutí profilu.

Rámcový technologický postup frézovací operace 5 mm na plochu

operace	pracoviště	normo hodiny	popis operace
010	13	9	1. A) Odvrtání technologického otvoru pro vyhrubování vybrání 1375 × 140 mm B) Hrubovat vybrání 1375 × 118 mm s přídavkem 5 mm na plochu C) Hrubovat sražení 45° s přechodem R40 s přídavkem 5 mm na plochu dle řezu „B-B“ 2. A) Hrubovat rádius R1190 dle pohledu s přídavkem 5 mm na plochu

Hrubování je provedeno frézou od firmy Iscar. Při frézování jsme dosáhli výrobcem doporučených řezných parametrů. Parametry udávané výrobcem jsou uvedeny v tab. 3 a 4. Dosažením řezných podmínek udávaných výrobcem usuzuji, že stroj mnou vybraný je vyhovující. Níže uvádím, výpočet řezné rychlosti na základě maximálního možného počtu otáček vřetene a následně výpočet minutového posuvu.[4]-[5]

Výpočet řezné rychlosti:

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (2.1)$$

kde:

- průměr nástroje...D = 40 mm,
- otáčky stroje...n = 2000 min⁻¹.

Po dosazení do vzorce 2.1 je řezná rychlost:

$$v_c = \frac{\pi \cdot 40 \cdot 2000}{1000} = 251,38 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

Výpočet posuvové rychlosti:

$$v_f = f \cdot z \cdot n \quad (2.2)$$

kde:

- posuv na zub..... $f = 0,3 \text{ mm}$,
- počet zubů..... $z = 2 \text{ ks}$,
- otáčky stroje..... $n = 2000 \text{ min}^{-1}$.

Po dosazení do vzorce 2.2 je posuvová rychlost:

$$v_f = 0,3 \cdot 2 \cdot 2000 = 1200 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$$

Tab. 3 – Řezné parametry pro hrubovací operace vybrání $1375 \times 140 \text{ mm}$ [11]

NÁSTROJ	Firma	Iscar		
	Číslo nástroje	HSM90S ALE-D40-2-C32-14		
	Označení / (počet zubů)	2		
	VBD (označení)	HSM90 S APCR 1405		
	Jakost SK			
		Použité	Doporučené výrobcem	
PRACOVNÍ PODMÍNKY	Řezná rychlost [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]	251,38		260
	Otáčky [min^{-1}]	2000		2000
	Posuvová rychlost [$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$]	1200		
	Posuv na zub [mm]	0,30		
	Hloubka záběru a_p [mm]	3		
	Počet záběrů (i)	5		
	Délka obráběné plochy [mm]	7085		
	Hl. zapichování [mm]	60		

Tab. 4 – Řezné parametry pro hrubovací operace R1190 [11]

NÁSTROJ	Firma	Iscar			
	Číslo nástroje	HSM90S ALE-D40-2-C32-14			
	Označení / (počet zubů)	2			
	VBD (označení)	HSM90 S APCR 1405			
	Jakost SK				
		Použité		Doporučené výrobcem	
PRACOVNÍ PODMÍNKY	Řezná rychlost [$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$]	251,38		260	
	Otáčky [min^{-1}]	2000		2000	
	Posuvová rychlost [$\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$]	1200			
	Posuv na zub [mm]	0,30			
	Hloubka záběru a_p [mm]	3			
	Počet záběrů (i)	2			
	Délka obráběné plochy [mm]	926,66			
	Hl. zapichování [mm]	60			

Na obr. 7 je vyhrubovaný prahový díl připravený ke konečnému opracování. Před uvedením do výroby byly provedeny zkoušky na stejném materiálu, abych si ověřil řezné podmínky a také i konečné opracování.



Obr. 7 – Vyhrubovaný prahový díl

2.4.2 Opracování po vyhrubování

Po vyhrubování následuje přeprnutí profilu a znovu přecentrování. Tím se odstraní deformace, které vznikly při hrubování. Profil se bude obrábět ve třech polohách.

Rozdělení poloh:

- opracování vnitřní strany,
- opracování pohledové strany,
- opracování podélné drážky dle bokorysu a řezu „F-F“.

2.4.3 Opracování vnitřní strany

V první poloze bude upnutí probíhat obdobně jako u předchozí operace. Najetí nulových bodů bude také stejné.

Technologie po vyhrubování se skládá z více operačních úkonů, které jsou níže popsány.

Rozdělení operačních úkonů:

- opracování pěti vybrání dle řezu „A-A“, „C-C“, „D-D“, „E-E“,
- opracování vybrání 1375 × 140 mm,
- frézování zámku dle bokorysu a řezu „P-P“,
- frézování R1190 dle nárysu.

Rámcový technologický postup frézování

operace	pracoviště	normo hodiny	popis operace
020	13	1440	Frézovat 1. A) Opracovat 5 × vybrání podle pohledu „P“ a dle řezu „A-A“, „C-C“, „D-D“, „E-E“ B) Hotově opracovat vybrání 1375 × 140 mm s přechodovým rádiusem R40 dle řezu „B-B“ C) Hotově opracovat zámek dle bokorysu D) Opracovat vybrání R1190 pod úhlem 60° podle narysu 2. A) Přepnout obrobek a hotově opracovat vybrání 1375 × 20 mm dle řezu „B-B“ 3. A) Přepnout obrobek a hotově opracovat drážku dle bokorysu a řezu „F-F“

Rámcový postup obsahuje dvě operace po vyhrubování. Rozdíl mezi těmito operacemi bude pouze v hloubce třísky ($a_p = 1$ mm) a v počtu průchodů ($i - 2$). Obsahuje také nové operace.

2.4.4 Opracování vybrání

Následná fáze technologie výroby je opracování pěti kapes (obr. 8 a 9). Pro tuto operaci bude použit nástroj fa. Iscar. Řezné parametry jsou stejné, jako v předchozí operaci (tab. 3 a 4), rozdíl bude pouze v délce frézování.

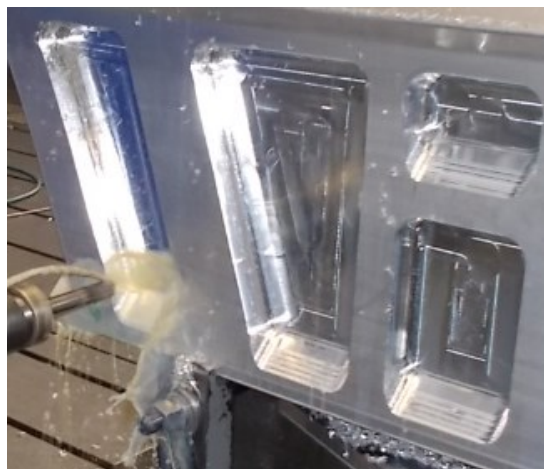


Obr. 8 – Frézování vybrání



Obr. 9 – Frézování vybrání

Následně budou frézovány úkosy s přechodem R10 dle řezu „A-A“, „C-C“, „D-D“, „E-E“ (obr. 10).



Obr. 10 – Vyfrézované úkosy s přechodem R10

2.4.5 Opracování vybrání 1375 × 140

Další postup výroby je opracování vybrání 1375 × 140 dle výkresové dokumentace (obr. 11). Toto vybrání bude opracováváno ze dvou stran. Nástroj je odlišný oproti předchozích operacích (obr. 12). Řezné parametry uvádí v tab. 5. Tento nástroj je vyroben na zakázku – pouze pro opracování hliníku.

Tab. 5 – Řezné parametry

NÁSTROJ	Firma	Broušeno na zakázku		
	Označení / (počet zubů)	3		
	VBD (označení)			
	Jakost SK	Tvrdokov D20-R3		
PRACOVNÍ PODMÍNKY	Řezná rychlost [$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$]	188		
	Otáčky [min^{-1}]	3000		
	Posuvová rychlost [$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$]	2700		
	Posuv na zub [mm]	0,3		
	Hloubka záběru a_p [mm]	5		
	Počet záběrů	1		
	Délka obráběné plochy [mm]	2990		
	Hl. zapichování [mm]	60		



Obr. 11 – Opracování vybrání 1375 × 140



Obr. 12 – Fréza na hliník

Součástí této operace je opracování sražení 45° dle řezu „B-B“ (obr. 13). Pro tento úkon použijte kopírovací frézu Dormer - Pramet 20K3R070B25-CXP20. Řezné parametry uvádím v tab. 6.

Tab. 6 – Řezné parametry pro kopírovací frézu [12]

NÁSTROJ	Firma	Dormer - Pramet		
	Číslo nástroje	20K3R070B25-CXP20		
	Označení / (počet zubů)	3		
	VBD (označení)	XP 20ER-FM		
	Jakost SK			
		Použité	Doporučené výrobcem	
PRACOVNÍ PODMÍNKY	Řezná rychlost [$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$]	157,1		175
	Otáčky [min^{-1}]	2500		2500
	Posuvová rychlost [$\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$]	1125		
	Posuv na zub [mm]	0,15		
	Hloubka záběru a_p [mm]	0,8		
	Počet záběrů (i)	1		
	Délka obráběné plochy [mm]	1475		
	Hl. zapichování [mm]	95,16		



Obr. 13 – Opracování dle řezu „B-B“

2.4.6 Frézování zámku podle bokorysu a řezu „P-P“

Po dokončení poslední operace na vnitřní straně následuje opracování spojovacího zámku dle bokorysu a řezu „P-P“. Stůl se otočí o 90° a znova se najedou nulové body. Zámek musí být přesně ve středu profilu, z důvodu spojení s protikusem. Pro tuto operaci použijí frézu na hliník D20 - R3 kterou jsem zmínil v kapitole 2.4.5. Tato fréza je vhodná pro tuto operaci, protože v řezu „P-P“ je vidět na dně zámku R3. Na obr. 14 je vidět opracování zámku. Řezné parametry zůstanou stejné, jak uvádím v tab. 5.



Obr. 14 – Opracování spojovacího zámku

2.4.7 Frézování R1190 podle nárysu

Při této operaci probíhá vše stejně jako v kapitole 2.4.6. Pro opracování je použita kopírovací fréza Dormer-Pramet. Řezné parametry jsou stejné jako v předchozích operacích. Rozdíl mezi těmito operacemi je pouze v hloubce řezu (a_p) a v počtu průchodů (i). Opracování R1190 (obr. 15).



Obr. 15 – Opracování R1190

2.4.8 Opracování pohledové strany

Pro opracování pohledové strany se musí prahový profil přepnout do druhé polohy (obr. 16). Najetí nulových bodů je stejné jako při první poloze. Z pohledové strany se bude pouze dokončovat zbytek vybrání 1375×140 mm dle řezu „B-B“. Pro tuto operaci použijí frézu od fa Iscar. Na obr. 17 je vidět opracování vybrání 1375×20 mm do hloubky 36,8 mm s R3 ve dně vybrání. Řezné parametry pro opracování uvádím v tab. 3 v kapitole 2.4.1, jiná je pouze délka obrábění.



Obr. 16 – Přepnutý prahový profil



Obr. 17 – Opracování z pohledové strany

2.4.9 Opracování podélné drážky dle bokorysu a řezu „F-F“

Pro tuto operaci je nutné, prahový profil přepnout do třetí pozice (obr. 18). Po ustavení profilu se natočí stůl o 45° a opracuje se výška na rozměr 275,4 mm. Pro tuto operaci použijí čelní frézu od fa Dormer-Pramet, řezné podmínky uvádím v tab. 7. Další úkony v této pozici provedu stejnými nástroji, které používám v předchozích operacích. Jedná se o frézu D20-R3 z kapitoly 2.4.5 a o kopírovací frézu ze stejné kapitoly.

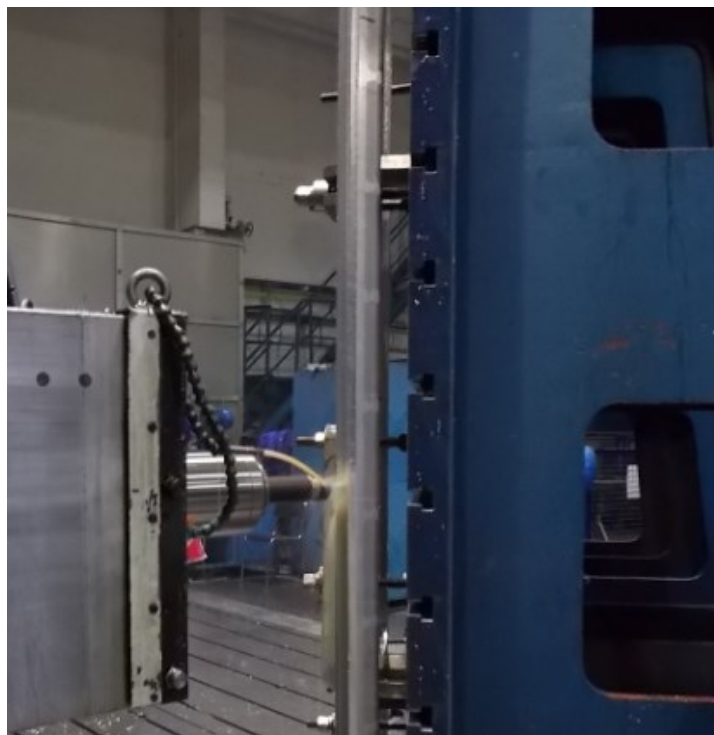
Tab. 7 – Řezné parametry pro čelní frézu[12]

NÁSTROJ	Firma	Dormer -Pramet			
	Číslo nástroje	100B8R-S90AP16D			
	Označení / (počet zubů)	8			
	VBD (označení)	ADMX 160616SR-M			
	Jakost SK				
		Použité	Doporučené výrobcem		
PRACOVNÍ PODMÍNKY	Řezná rychlost [m.min ⁻¹]	267		195-275	
	Otáčky [min ⁻¹]	850		800	
	Posuvová rychlost [mm.min ⁻¹]	2040			
	Posuv na zub [mm]	0,3			
	Hloubka záběru a _p [mm]	3			
	Počet záběrů (i)	1			
	Délka obráběné plochy [mm]	2585			
	Hl. zapichování [mm]	6			

Po ukončení poslední operace zámečníci prahový profil ojehlí a vyleští, je provedena výstupní kontrola a následně je finální výrobek expedován ke konečnému zákazníkovi.



Obr. 18 – Upnutý prahový profil



Obr. 19 – Opracování podélné drážky

3. Návrh nového technologického postupu výroby

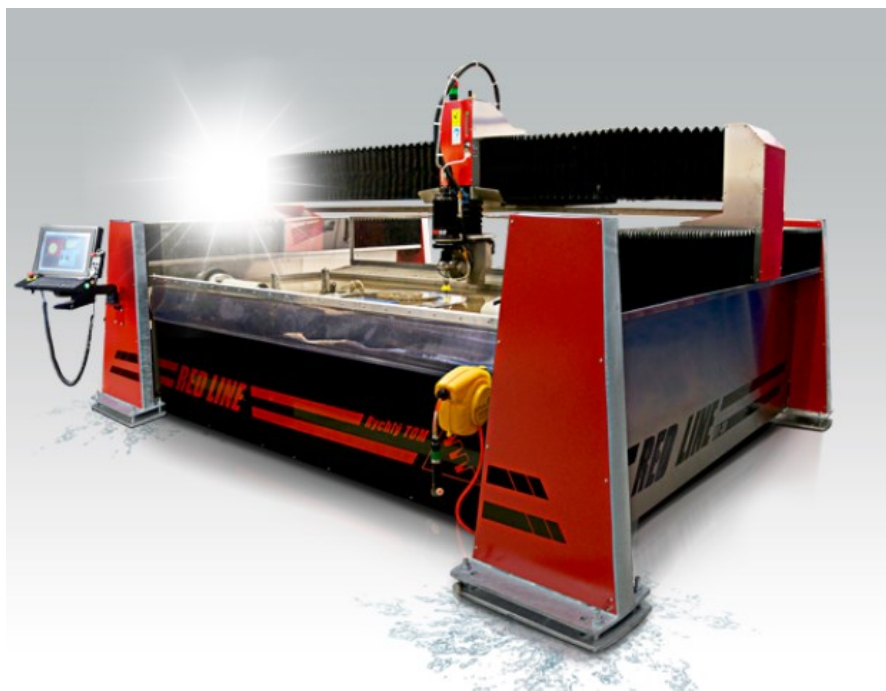
Ze stávající technologie výroby prahového dílu je patrné, že časy na obrábění jsou vysoké. Z důvodu ceny za obrábění jsem navrhnul racionalizaci výroby a zkrácení výrobních časů. Racionalizace výroby spočívá v zapojení vodního paprsku do hrubovací operace. Jedná se o vyřezání vybrání 1375×140 mm a R1190. Ostatní operace budou probíhat stejně.

Řezání vodním paprskem – tvarové řezy ve 3D

Na nejmodernějších strojích s pětiosým systémem ovládní pak je nejen úspěšně kompenzován úhel kužele vodního paprsku, ale lze řezat s plynule se měnícím úhlem – tedy tzv. ve 3D. Zvláště u obtížně obrobitelných materiálů se tak vodní paprsek stává skvělou a ekonomicky výhodnou alternativou k drahé práci obráběcích center. Řezání vodním paprskem se uplatňuje u materiálů křehkých i s vysokou pevností, měkkých, tvrdých i houževnatých. Nevhodné je pouze pro materiály s vysokým vnitřním pnutím – např. kalené sklo. Řezat tedy například lze veškeré oceli včetně ušlechtilých a nerezů, barevné kovy, pryž, sklo, plasty, dřevo, papír, kámen, kompozitní materiál. Parametry pětiosých strojů tedy jsou: maximální rozměr 3000×6000 mm tloušťka materiálu od 0,1 až 250 mm šířka řezu 0,1 až 1 mm přesnost až 0,05 mm. [13]

Vodní paprsek

Jedná se vodní paprsek Rychlý TOM, který máme k dispozici na jedné z poboček (obr. 20). Technické parametry uvádím níže pod obrázkem. Tento stroj je schopen pracovat v 3D s přesností, kterou uvádí v tab. 8. Přesnosti uváděné v tabulce jsou specifikovány pro řezy v hliníku.



Obr. 20 – Vodní paprsek Rychlý TOM [13]

- Lapač oddělený od pojezdů, pojezdy na ocelových nosících
- Použití kuličkových šroubů na osách X, Y, Z s rotačními maticemi (mimo osy Z) nebo lineárních motorů podle délky a provedení
- Přejezdová rychlost 20 m/min (dle provedení pohonů)
- Pracovní rychlost 0,1 - 15000 mm/min
- Přesnost polohování 0,02mm
- Osa Z se zdvihem 350mm
- Rotační osa PAC $\pm 60^\circ$ s možností kontinuální rotace bez nutnosti polohových korekcí v osách X, Y a Z při úhlových pohybech
- Řídicí počítač na operačním systému Windows
- Ruční kabelové dálkové ovládání stroje s mikro krokováním pro přesné ruční pohyby
- krycí měchy portálu a podélných os
- pneumatická regulace výšky hladiny vody v lapači
- Integrovaný elektrorozvaděč v konstrukci krytu stolu
- Elektronický dávkovač abraziva umožňuje plynulou regulaci řízenou z CNC programu
- Laserový kříž pro rychlé nastavení startovních bodů
- Tlaková doprava abraziva o objemu 280 g/min a propojením s řídicím systémem
- 3 D programovací software instalovaný i do řídicího systému, možné programování i u stroje

Tab. 8 – Běžné výrobní tolerance při 3D dělení podle kvality řezu pro hliník [13]

<u>Materiál</u>	<u>Tloušťka</u> <u>(mm)</u>	<u>Tolerance</u> <u>Q1(+/-)</u>	<u>Tolerance</u> <u>Q2(+/-)</u>	<u>Tolerance</u> <u>Q3(+/-)</u>	<u>Tolerance</u> <u>Q4(+/-)</u>
Hliník	0 - 10	0,35 mm	0,35 mm	0,4 mm	0,55 mm
	10 - 30	0,4 mm	0,45 mm	0,6 mm	1 mm
	30 - 60	0,45 mm	0,8 mm	1,2 mm	1,4 mm
	60 - 100	1 mm	1,5 mm	2,1 mm	2,5 mm
	100 - 150	1,5 mm	2,1 mm	2,6 mm	3,2 mm
	150 - 200	2,2 mm	3 mm	3,4 mm	4,2 mm
	200 - 250	2,8 mm	3,4 mm	4,5 mm	-

Tím, že vodní paprsek použiji pouze pro dělicí řezy, budu se pohybovat v toleranci Q3, které uvádí v tab. 7. Z obr. 21 je vidět kvalita řezu, která je pro mne dostačující. Námí používané abrazivum:

Typ abraziva - ART00073 MESH 80

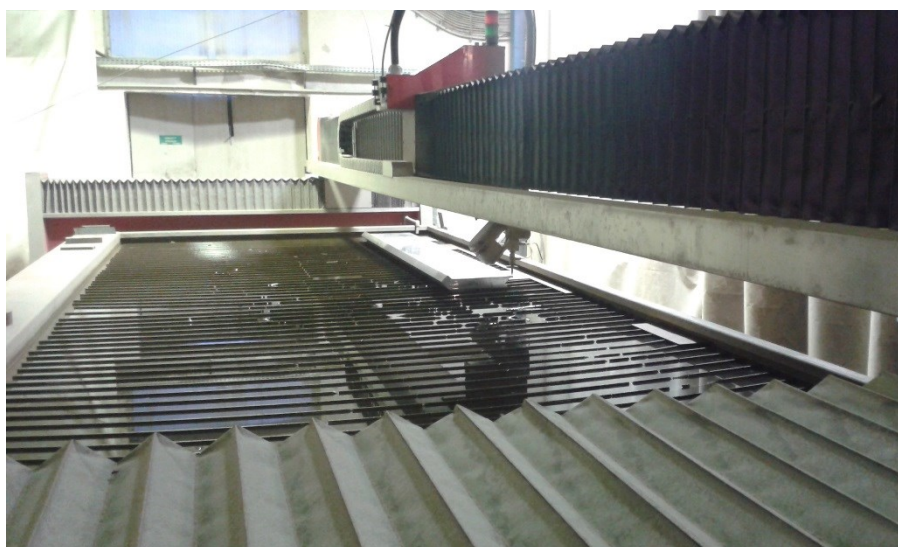


- Q1 - Ra 3,2
- Q2 - Ra 3,2 až 6,3
- Q3 - Ra 6,3 až 12,5
- Q4 - dělicí řez

Obr. 21 – Kvalita řezu vodního paprsku

3.1 Nová technologie hrubování R1190 s přídavkem 5 mm

Při použití nové technologie je prahový díl položen a vycentrován na pracovní část stolu (obr. 22). Dále následuje najetí nulových bodů a zapsání do 3D softwaru (obr. 23). Následně je spuštěn program na vyřezání R1190. Přídavek 5 mm na plochu je v programu. Na obr. 24 je vidět řezání daného rádiusu. Řezné parametry pro řezání uvádím v tab. 9.



Obr. 22 – Upnutý prahový profil



Obr. 23 – Najetí nulových bodů a zapsání do softwaru



Obr. 24 – Řezání R1190

Tab. 9 – Řezné parametry pro řezání R1190 [13]

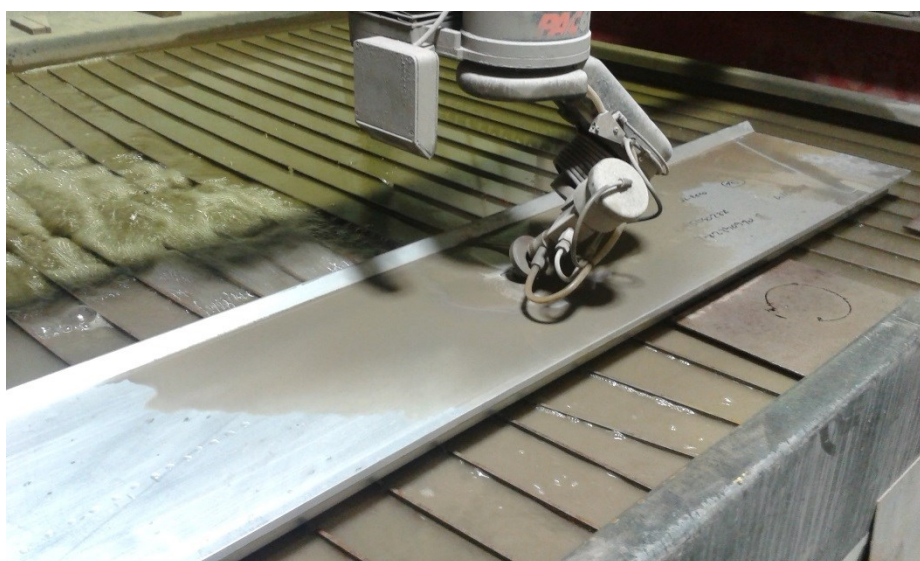
STROJ	Firma	Rychlý TOM		
	Pumpa [bar]	4000		
	Max. výtlač abrasiva [g/min]	280		
	Upínací plocha [mm]	6000x3000		
	Jakost SK			
		R1190		
PRACOVNÍ PODMÍNKY	Posuvová rychlost [$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$]	37,6		
	Hloubka řezu a_p [mm]	95,16		
	počet záběrů	1		
	Délka obráběné plochy [mm]	463,33		

3.2 Nová technologie řezání vybraní 1375 × 140 s přídatkem 5 mm

Řezání vybraní 1375 × 140 mm proběhne na jedno upnutí s R1190. Řezné parametry zůstanou stejné jako v předchozí operaci, jenom se změní délka obrábění, jak uvádím v tab. 10. Na obr. 25 je vidět řezání vybraní vodním paprskem.

Tab. 10 – Řezné parametry pro řezání vybrání 1375 × 140 mm [13]

STROJ	Firma	Rychlý TOM		
	Pumpa [bar]	4000		
	Max. výtlačk abraziva [g/min]	280		
	Upínací plocha [mm]	6000x3000		
	Jakost SK			
		Vybrání 1375x140		
PRACOVNÍ PODMÍNKY	Posuvová rychlost [mm. min ⁻¹]	37,6		
	Hloubka řezu a _p [mm]	95,16		
	počet záběrů	1		
	Délka obráběné plochy [mm]	3106		



Obr. 25 – Řezání vybrání 1375 × 140 mm

Na následné obr. 26 je vyřezaný prahový profil připravený k dalšímu opracování. Dále při opracování postupujeme podle původní technologie.



Obr. 26 – Vyřezaný prahový profil k dalšímu opracování

4. Technicko-ekonomické zhodnocení

Tato kapitola je zaměřena na porovnání a vyhodnocení stávající technologie výroby na stroji WRD 130 a mnou navržené nové technologie s použitím vodního paprsku.

Technologické pracoviště určené k výrobě prahového profilu je dostačující. Nástroje určené k výrobě splnily řezné parametry udávané výrobcí. Pro ekonomické zhodnocení bude počítáno s náklady na výrobu 1 kusu prahového profilu. Pro novou technologii výroby nemusí být zakoupeny nové nástroje a stroje.

Výrobní náklady na stroji WRD 130 jsou počítány s režijní sazbou 1 500 Kč/hod. Režijní sazba je stanovena s ohledem na velikost a přesnost stroje.

Režijní sazba vodního paprsku Rychlý TOM je stanovena na 1 200 Kč/hod.

Výpočty pro původní technologii

Výpočet záběrů vybrání 1375×140 mm při hrubování 5 mm

$$j = \frac{H}{a_p} \cdot i \quad (4.1)$$

kde:

- hloubka drážky..... $H = 60$ mm
- hloubka záběru..... $a_p = 3$ mm
- počet průchodů..... $i = 5$

Po dosazení do vzorce 4.1 vypočítám počet záběrů:

$$j = \frac{60}{3} \cdot 5 = 100$$

Výpočet záběrů vybrání R1190 při hrubování 5 mm

$$j = \frac{H}{a_p} \cdot i \quad (4.2)$$

kde:

- hloubka drážky..... $H = 60$ mm
- hloubka záběru..... $a_p = 3$ mm
- počet průchodů..... $i = 2$

Po dosazení do vzorce 4.2 vypočítám počet záběru:

$$j = \frac{60}{3} \cdot 2 = 40$$

Opracování vybrání 1375×140 mm

$$t_A = \frac{L_{zd}}{v_f} \cdot j \quad (4.3)$$

kde:

- délka frézované plochy... $L_{zd} = 4355$ mm
- posuvová rychlost.... $v_f = 1\,200$ mm.min⁻¹
- počet záběrů $j = 100$

Po dosazení do vzorce 4.3 vypočítám čas opracování:

$$t_A = \frac{4355}{1200} \cdot 100 = 362,92 \text{ min}$$

Opracování vybraní R1190

$$t_{AR} = \frac{L_{zd}}{v_f} \cdot j \quad (4.4)$$

kde:

- délka frézované plochy.... $L_{zd} = 926,6$ mm
- posuvová rychlost..... $v_f = 1\,200$ mm.min⁻¹
- počet záběrů $j = 40$

Po dosazení do vzorce 4.4 vypočítám čas opracování:

$$t_{AR} = \frac{926,66}{1200} \cdot 40 = 30,89 \text{ min}$$

Výsledný čas obou operací

$$t_{A1} = t_A + t_{AR} \quad (4.5)$$

kde:

- opracování vybraní 1375×140 mm $t_A = 362,92$ min
- opracování R1190 $t_{AR} = 30,89$ min

Po dosazení do vzorce 4.5 vypočítám čas opracování:

$$t_{A1} = 362,92 + 30,89 = 393,81 \text{ min}$$

Výpočet vedlejšího času

$$t_B = P_v + 2 \cdot t_{BV} \quad (4.6)$$

kde:

- počet výměn $P_v = 1$ min
- všechny vedlejší časy $t_{BV} = 15$ min

Po dosazení do vzorce 4.6 vypočítám vedlejší čas:

$$t_B = (1 + 2) \cdot 15 = 45 \text{ min}$$

Výpočet výrobního času

$$t_{AC} = t_{A1} + t_B \quad (4.7)$$

kde:

- čas pro opracování $t_{A1} = 393,81 \text{ min}$
- vedlejší časy $t_B = 45 \text{ min}$

Po dosazení do vzorce 4.7 vypočítám výsledný čas pro opracování:

$$t_{AC} = 393,81 + 45 = 438,81 \text{ min}$$

Výpočty s použitím vodního paprsku

Výpočet záběrů vybrání $1375 \times 140 \text{ mm}$ při hrubování 5 mm

$$j = \frac{H}{a_p} \cdot i \quad (4.8)$$

kde:

- hloubka drážky..... $H = 95,16 \text{ mm}$
- hloubka záběru..... $a_p = 95,16 \text{ mm}$
- počet průchodů..... $i = 1$

Po dosazení do vzorce 4.8 vypočítám počet záběrů:

$$j = \frac{95.16}{95.16} \cdot 1 = 1$$

Výpočet záběrů vybrání R1190 při hrubování 5 mm

$$j = \frac{H}{a_p} \cdot i \quad (4.9)$$

kde:

- hloubka drážky..... $H = 95,16$ mm
- hloubka záběru..... $a_p = 95,16$ mm
- počet průchodů..... $i = 1$

Po dosazení do vzorce 4.9 vypočítám počet záběru:

$$j = \frac{95.16}{95.16} \cdot 1 = 1$$

Opracování vybrání 1375 × 140 mm

$$t_A = \frac{L_{zd}}{v_f} \cdot j \quad (4.10)$$

kde:

- délka řezání..... $L_{zd} = 2990$ mm
- posuvová rychlost... $v_f = 37,6$ mm.min⁻¹
- počet záběrů $j = 1$

Po dosazení do vzorce 4.10 vypočítám čas opracování:

$$t_A = \frac{2990}{37.6} \cdot 1 = 79,52 \text{ min}$$

Opracování vybraní R1190

$$t_{AR} = \frac{L_{zd}}{v_f} \cdot j \quad (4.11)$$

kde:

- délka řezání..... $L_{zd} = 463,3$ mm
- posuvová rychlost... $v_f = 37,6$ mm.min⁻¹
- počet záběrů $j = 1$

Po dosazení do vzorce 4.11 vypočítám čas opracování:

$$t_{AR} = \frac{463,33}{37,6} \cdot 1 = 12,32 \text{ min}$$

Výsledný čas opracování

$$t_{A1} = t_A + t_{AR} \quad (4.12)$$

kde:

- opracování vybraní 1375×140 mm $t_A = 79,52$ min
- opracování R1190 $t_{AR} = 12,32$ min

Po dosazení do vzorce 4.12 vypočítám čas pro opracování:

$$t_{A1} = 79,52 + 12,32 = 91,84 \text{ min}$$

Výpočet vedlejšího času

$$t_B = P_v + 2 \cdot t_{Bv} \quad (4.13)$$

kde:

- počet výměn $P_v = 1$ min
- všechny vedlejší časy. $t_{Bv} = 15$ min

Po dosazení do vzorce 4.13 vypočítám vedlejší časy:

$$t_B = (1 + 2) \cdot 15 = 45 \text{ min}$$

Výpočet výrobního času

$$t_{AC} = t_{A1} + t_B \quad (4.14)$$

kde:

- čas pro opracování $t_{A1} = 91,84$ min
- vedlejší časy $t_B = 45$ min

Po dosazení do vzorce 4.14 vypočítám výsledný čas pro opracování:

$$t_{AC} = 91,84 + 45 = 136,84 \text{ min}$$

Porovnání pracovních a výrobních nákladů při hrubování 5 mm na plochu před konečným opracováním jsou uvedeny v tab. 11 a 12.

Tab. 11 – porovnání výrobních časů

	Stávající technologie	Navržená technologie
t_A	362,92 min	79,52 min
t_{A1}	30,89 min	12,32 min
t_{A1}	393,81 min	91,84 min
t_B	45 min	45 min
t_{AC}	438,81 min	136,84min
rozdíl	+301,97 min	

Výrobní časy jsou s použitím vodního paprsku nižší o 301,97 min.

Náklady na původní technologii

Náklady na strojní opracování

$$Nt_A = \frac{t_{A1}}{60} \cdot 1\,500 \quad (4.15)$$

kde:

- výsledný čas opracování..... $t_{A1} = 393,81$ min
- hodinová sazba stroje.....1 500 Kč

Po dosazení do vzorce 4.15 vypočítám náklady pro opracování:

$$Nt_A = \frac{393,81}{60} \cdot 1\,500 = 9\,845,25 \text{ Kč}$$

Náklady na vedlejší časy

$$Nt_B = \frac{t_B}{60} \cdot 1\,300 \quad (4.16)$$

kde:

- výsledný čas opracování..... $t_B = 45$ min
- hodinová sazba stroje.....1 500 Kč

Po dosazení do vzorce 4.16 vypočítám náklady pro opracování:

$$Nt_B = \frac{45}{60} \cdot 1\,500 = 1\,125 \text{ Kč}$$

Celkové náklady

$$Nt_{AC} = Nt_A + Nt_B \quad (4.17)$$

kde:

- náklady na strojní opracování..... $Nt_A = 9\,845,25$ Kč
- náklady na vedlejší časy..... $Nt_B = 1\,125$ Kč

Po dosazení do vzorce 4.17 vypočítám celkové náklady:

$$Nt_{AC} = 9\,845,25 + 1\,125 = 10\,970,25 \text{ Kč}$$

Náklady pro vodní paprsek

Náklady na strojní opracování

$$Nt_A = \frac{t_{A1}}{60} \cdot 1\,200 \quad (4.18)$$

kde:

- výsledný čas opracování..... $t_{A1} = 91,84$ min
- hodinová sazba stroje.....1 200 Kč

Po dosazení do vzorce 4.18 vypočítám náklady pro opracování:

$$Nt_A = \frac{91,84}{60} \cdot 1\,200 = 1\,836,81 \text{ Kč}$$

Náklady na vedlejší časy

$$Nt_B = \frac{t_B}{60} \cdot 1\,200 \quad (4.19)$$

kde:

- výsledný čas opracování..... $t_B = 45$ min
- hodinová sazba stroje.....1 200 Kč

Po dosazení do vzorce 4.19 vypočítám náklady pro opracování:

$$Nt_B = \frac{45}{60} \cdot 1\,200 = 900 \text{ Kč}$$

Celkové náklady

$$Nt_{AC} = Nt_A + Nt_B \quad (4.20)$$

kde:

- náklady na strojní opracování..... $Nt_A = 1\,836,81$ Kč
- náklady na vedlejší časy..... $Nt_B = 900$ Kč

Po dosazení do vzorce 4.20 vypočítám celkové náklady:

$$Nt_{AC} = 1\,836,8 + 900 = 2\,736,8 \text{ Kč}$$

Tab. 12 – porovnání nákladů

	Stávající technologie	Navržená technologie
Nt_A	9 845,25 Kč	1 836,8 Kč
Nt_B	1 125 Kč	900 Kč
Nt_{AC}	10 970,25 Kč	2 736,8 Kč
rozdíl	+8 233,45 Kč	

Díky nové technologii se snížily náklady na hrubování o 8 233,45 Kč, jak je uvedené v tab. 12. Dokončovací operace budou časově i nákladově stejné jako v původní technologii. Navržená technologie je progresivnější a úspornější jak vyplývá z výpočtu. Při výrobě patnácti kusu měsíčně je snížení výrobních nákladů pro firmu znatelné.

5. Závěr

Vzhledem k rostoucí výrobě prahových dílů, bylo cílem této práce prostudovat stávající technologii výroby prahového dílu a zaměřit se na vypracování nové technologie s cílem snížení výrobních časů a nákladů.

Výsledkem práce je navržená nová technologie hrubování, která spočívá v použití vodního paprsku. Pro novou technologii výroby nemusíme pořizovat nové stroje a nástroje, použil jsem stroj, který již vlastníme, proto nemusí zohledňovat pořizovací náklady. Tento stroj byl několikrát vyzkoušen a testován v provozních podmínkách a dosahuje přesnosti udávané výrobcem. Tyto přesnosti jsou pro novou technologii dostačující. Použití stroje prokázalo, že úspora času je velmi znatelná.

Z hlediska rostoucího objemu zakázek tohoto typu bylo nutno navrhnout novou technologii a aplikovat ji do výroby. Zavedením nové technologie se urychlila výroba.

Z nově navržené technologie vyplývají následující závěry:

- úspora času při hrubování prahového dílu
- snížení nákladů na výrobu
- dosažení relativní úspory režie a mezd

Úspory na 1 kusu prahového dílu:

- výrobní čas - 301,97 min
- výrobní náklady - 8 233,45 Kč

Nová technologie využívá stávající strojní zařízení výrobního podniku a je technologií progresivnější. Z dosažených výsledků je patrný reálný předpoklad zvýšení objemu výroby prahových dílů, uspokojení poptávky a udržení si konkurenčního postavení na evropském a světovém trhu.

Poděkování:

Práce byla podpořena ze Studentské grantové soutěže Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava v rámci projektu SP2016/172 Vliv technologických parametrů na obrobený povrch a SP2016/174 Studium procesu obrábění progresivních materiálů s cílem zvýšit a podpořit vědecko-výzkumné aktivity studentů doktorských a magisterských studijních programů ve spolupráci s akademickými pracovníky.

6. Seznam použité literatury

[1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 1. díl*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, s. 126. ISBN 978-80-248-1641-8.

[2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 2. díl*. Ostrava: Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008, s. 150. ISBN 978-80-248-1822-1.

[3] ČEP, R.; BRYCHTA, J.; SADÍLEK, M.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2007, s. 251. ISBN 978-80-248-1505-3.

[4] HAVRILA, M.; ZAJAC, J.; BRYCHTA, J.; JURKO, J. *Top trendy v obrábění, I. Část – Obráběné materiály*. Žilina: Media/ST, s.r.o Žilina, 2006, s. 205. ISBN 80-968954-2-7.

[5] ZAJAC, J.; JURKO, J.; ČEP, R. *Top trendy v obrábění, II. Část – Nástrojové materiály*. Žilina: Media/ST, s.r.o Žilina, 2006, s. 193. ISBN 80-968954-2-7.

[6] STEPHENSON, David A. a John S. AGAPIOU. *Metal cutting theory and practice*. New York: Marcel Dekker, 1997, s. 898. ISBN 08-247-9579-2.

[7] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábění*. vyd. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, EDIS, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.

[8] *Vitkovice a. s.* [online]. 2009 [cit. 2016-03-13]. Dostupné z: <http://www.vitkovice.com/9/cs/node/130>

[9] *Strojírenská výroba, kovovýroba ... laserem - Lichnatrade.cz. Strojírenská výroba, kovovýroba ... laserem - Lichnatrade.cz* [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.lichnatrade.cz/>

[10] *Výrobce horizontálních frézovacích a vyvrtávacích strojů a obráběcích center. Výrobce horizontálních frézovacích a vyvrtávacích strojů a obráběcích center* [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z: <http://www.tosvarnsdorf.cz/cz/produkty/horizontalni-vyvrtavacky-stolove/whn-130-q-mc/>

[11] NÁSTROJE PRO FRÉZOVÁNÍ. In: *Iscar* [online]. 2016 [cit. 2016-02-28]. Dostupné z:

<http://www.iscar.com/eCatalog/item.aspx?cat=3105997&fnum=3141&mapp=ML&app=0&GFSTYP=M>

[12] Pramet Tools, s.r.o. *Pramet Tools, s.r.o.* [online]. [cit. 2016-04-18]. Dostupné z:

<http://ecat.pramet.com/>

[13] Rychlý TOM s.r.o. *Http://www.rychlytom.cz/* [online]. [cit. 2016-03-11]. Dostupné z:

<http://www.rychlytom.cz/>

7. Seznam příloh

Příloha A - Technický výkres prahového dílu