

Broušení kovových součástí

Hela Švarcová

Bakalářská práce
2018



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Hela Švarcová**
Osobní číslo: **T17836**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Broušení kovových součástí**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracování literární studie na dané téma.
2. Proces broušení v praxi z pohledu malé firmy.
3. Zhodnocení nejefektivnějších způsobů.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. KOCMAN, Karel a PROKOP, Jaroslav. Technologie obrábění. Brno: CERM, 2001, ISBN 80-214-1996-2
2. KOCMAN, Karel. Speciální technologie obrábění. Brno: PC-DIR Real, s.r.o., 1993, ISBN 80-214-1187-2
3. AB SANDVIK COROMANT – SANDVIK CZ s.r.o. Příručka obrábění – Kniha pro praktiky, Praha, Scientia, s.r.o., 1997, ISBN 91-97 22 99-4-6.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. František Volek, CSc.
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

2. ledna 2018

Termín odevzdání bakalářské práce:

18. května 2018

Ve Zlíně dne 19. února 2018



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: Švarcová Hela

Obor: Technologická zařízení

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské 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 právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 16. 5. 2019

Švarcová Hela

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlázení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlídně k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Teoretická část této bakalářské práce se věnuje historickému vývoji procesu broušení, popisuje v dnešní době běžně používané metody broušících procesů vhodných pro kovové součásti a uvádí vybrané broušící materiály a stroje. Druhá část práce posuzuje problematiku procesu broušení z pohledu malé firmy, která musí zvažovat optimální volbu z hlediska efektivity procesu, plnění kvalitativních požadavků i bezpečnosti práce. Cílem práce tedy je analýza a vyhodnocení procesu broušení v konkrétní firmě dle požadovaných sledovaných kritérií.

Klíčová slova: broušení, obrobek, brusivo, nástroj, broušící stroj

ABSTRACT

The theoretical part of this thesis is linked to a historical development of a grinding process itself. Consequently it describes the current working processes of the grinding technology, which are suitable for a grinding of metal parts and it presents the particular grinding materials and machines. The second practical part of this thesis evaluates the issue of the grinding in reference to an optimal choice among the quality, the effectivity and the safety from a point of view of the small company. The main aim of this thesis is to make an analysis about the particular process at the specific company.

Keywords: grinding, work piece, abrasive, tool, grinding machinery

Tímto bych ráda poděkovala svému vedoucímu, panu Ing. Františku Volkovi, CSc., za jeho odborné rady, trpělivé vedení a ochotu předávat praktické zkušenosti a poznatky ze své dlouholeté praxe. Dále bych chtěla poděkovat firmě Bří Švarcové s. r. o. za příležitost k získání nových kontaktů a informací po celou dobu naší spolupráce. V neposlední řadě poděkování patří také mému příteli a především mé rodině za jejich trvalou podporu a víru v mé odhodlání.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

OBSAH	6
ÚVOD.....	8
I TEORETICKÁ ČÁST.....	9
1 PROCES BROUŠENÍ.....	10
1.1 HISTORICKÝ VÝVOJ PROCESU BROUŠENÍ	11
1.2 SOUČASNÉ METODY BROUŠENÍ.....	12
1.2.1 Účel procesu.....	13
1.2.2 Způsob procesu z pohledu aktivní části brousícího kotouče.....	13
1.2.3 Vzájemná poloha brousícího kotouče a obrobku	13
1.2.4 Povrch a způsob jeho vytváření	13
1.2.5 Pohyb obrobku vzhledem k brousícímu kotouči.....	14
1.2.6 Typ brousícího nástroje.....	14
1.3 BROUSÍCÍ NÁSTROJE	14
1.3.1 Brusiva	15
1.3.2 Pojiva.....	16
2 STROJE A NÁŘADÍ UŽÍVANÉ V SOUČASNOSTI K BROUŠENÍ KOVOVÝCH OBROBKŮ.....	18
2.1 BROUSÍCÍ STROJE	18
2.1.1 Účel stroje	18
2.1.2 Přesnost zpracování.....	19
2.1.3 Druh provedení práce	19
2.1.4 Způsob ubírání materiálu	19
3 BEZPEČNOST PRÁCE PŘI PROCESU BROUŠENÍ	20
3.1 ZÁKLADNÍ ZÁSADY BEZPEČNÉ PRÁCE NA BROUSÍCÍCH STROJÍCH:.....	20
4 KRITÉRIA PRO HODNOCENÍ PROCESU BROUŠENÍ	22
4.1 DOSTUPNOST TECHNOLOGIE - VÝBĚR ZPŮSOBU BROUŠENÍ	22
4.2 CENA A DOSTUPNOST BROUSÍCÍCH NÁSTROJŮ VHODNÝCH PRO ZAMÝŠLENÝ MATERIÁL.....	22
4.3 EFEKTIVITA PROCESU A JEHO NÁROČNOST NA KVALIFIKOVANOU PRÁCI.....	22
4.4 VÝSLEDNÁ KVALITA PROVEDENÍ POVRCHU A JEJÍ UDRŽITELNOST	22
II PRAKTICKÁ ČÁST	23
5 CÍL PRÁCE	24
5.1 POPIS AKTUÁLNÍHO STAVU.....	24
5.2 POROVNÁNÍ DANÝCH KRITÉRIÍ	25
5.2.1 Dostupnost technologie.....	26
5.2.2 Cena a dostupnost brousících nástrojů vhodných pro zamýšlený materiál.....	28
5.2.3 Efektivita procesu a jeho náročnost na kvalifikovanou práci	28
5.2.4 Výsledná kvalita provedení povrchu a její udržitelnost.....	31

5.3	VYHODNOCENÍ DANÝCH KRITÉRIÍ	33
ZÁVĚR		34
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		35
SEZNAM OBRÁZKŮ		36
SEZNAM TABULEK		38
SEZNAM PŘÍLOH		39

ÚVOD

Proces broušení kovových součástí, tak jak je vnímán a zajišťován v dnešní době, prošel dlouhým vývojem, na kterém se podílely historické události a objevy z různých oblastí lidské činnosti. Mnohdy je uváděn jako proces patřící mezi nejstarší známé metody obrábění kovů.

Jeho význam narůstal s přibývajícimi požadavky, kdy nejspíš prvotní funkce broušení byla výhradně spjata s výrobou loveckých zbraní, předmětů využívaných pro náboženské obřady, zbraní útočných či obranných, dále pak často nástrojů pro zpracování masité potravy a později i nástrojů používaných v zemědělství. Broušení tedy bylo velmi důležitým procesem, který byl nutný pro zachování jednotlivce či společnosti obecně. S dalším vývojem civilizace se využíval proces broušení taktéž při výrobě šperků, tedy v oblasti, která již nijak nesouvisela s prvotní potřebou ochrany či obživy.

V dnešní době má proces broušení svoji nezastupitelnou úlohu i nadále. Spolu s vývojem zpracování kovů se proces broušení nejen zdokonalil, ale stal se základním kamenem pro většinu dílčích obráběcích operací, při kterých je kvalita prováděné operace přímo závislá na ostrosti používaného nástroje. Je taktéž běžně používanou dokončovací operací u většiny vyráběných dílů, které musí splňovat požadavky na předepsanou kvalitu povrchu. Ať už se jedná o pohledové díly, kdy nelze docílit požadované kvality povrchu dostupnou výrobní technologií, nebo vysoce přesné funkční díly, zůstává broušení nadále nenahraditelným procesem, který váže leckdy i více jak 20% nákladů všech obráběcích operací. [1] Jelikož se jedná o proces, který ovlivňuje vhodně zvolená technologie, kvalita výchozího materiálu a především odbornost a zkušenosti individuálního pracovníka, nelze řízení tohoto procesu a nákladů s ním spojených ve všech případech standardizovat.

Z tohoto pohledu je tedy pro dobře fungující firmy velmi důležité, aby měly jasnou představu o nákladech a efektivnosti procesu broušení.

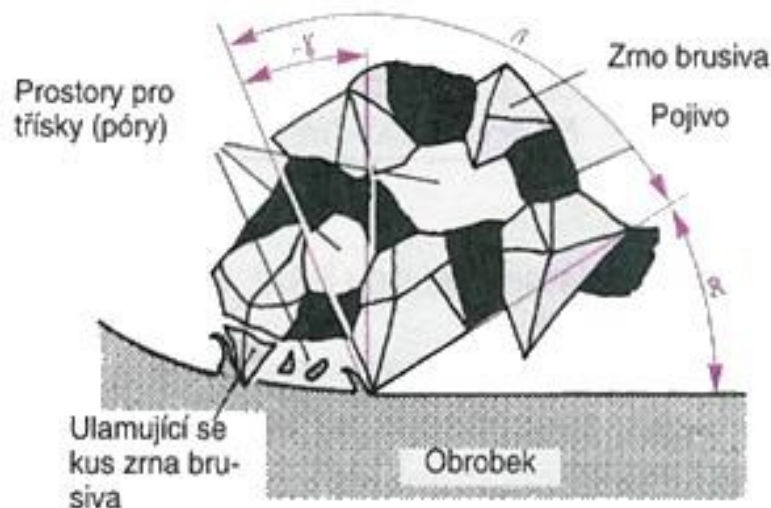
I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PROCES BROUŠENÍ

Broušení představuje proces odebrání materiálu z povrchu součásti pomocí nástroje, kterým je nejčastěji brusný kotouč vykonávající rotační pohyb. Kotouč je tvořen zrny brusiva a vhodným pojivem. Tvar zrn a jejich poloha je nepravidelná, tedy i řezné úhly nemají jednotnou geometrii. Odebírání povrchových vrstev probíhá většinou při velmi vysokých rychlostech, od 20 až do 180 m.s⁻¹. Řezný odpor při broušení je větší než při operaci frézování, neboť průřezy odebíraných třísek jsou velmi malé. Velikost průřezu třísek se pohybuje v rozmezí od 0,0001 do 0,002mm². [1]

Při broušení tak vznikají v místech styku materiálů velmi vysoké okamžité teploty, a to především díky plastickým deformacím na povrchu broušeného materiálu a práci vnějšího tření zrn brusiva a pojiva o tento povrch. Z tohoto důvodu odlétávají třísky v podobě jisker. Čím větší plochou dochází ke kontaktu a tedy i ke tření, tím vyšším teplotám jsou obrobek a nástroj vystaveny. Z toho logicky vyvozujeme, že veliký vliv na teplotu má opotřebení brusného nástroje.

Jednotlivá zrna na povrchu jsou rozložena nepravidelně a v místech chybějících zrn tak vznikají póry, tedy prázdné vzduchové prostory, jimiž mohou odcházet nejen plyny, které se tvoří v důsledku teplotních změn, ale především vznikající třísky.

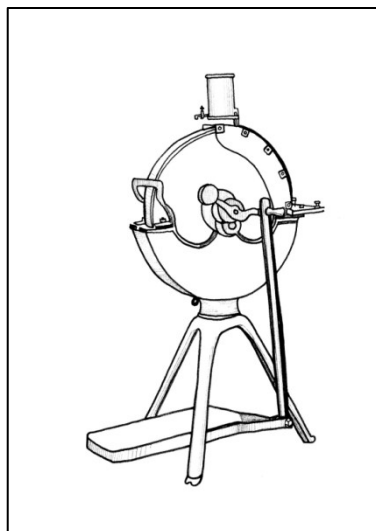


Obrázek 1 Geometrie brusných zrn

1.1 Historický vývoj procesu broušení

První zmínky o procesu broušení kovů pochází z období 3100 let př.n.l. z oblasti Egyptské říše, kde se výrazně rozvinula metalurgie zpracováním bronzu. Broušení bylo prováděno ručně a bylo považováno za velmi uznávanou a hodnotnou dovednost. Prvotní brousící nástroje představovaly některé druhy kamenů, převážně pískovec s různorodou procentuální příměsí křemene, korundu, hematitu či magnetitu, nebo také dodnes používaný diamant.

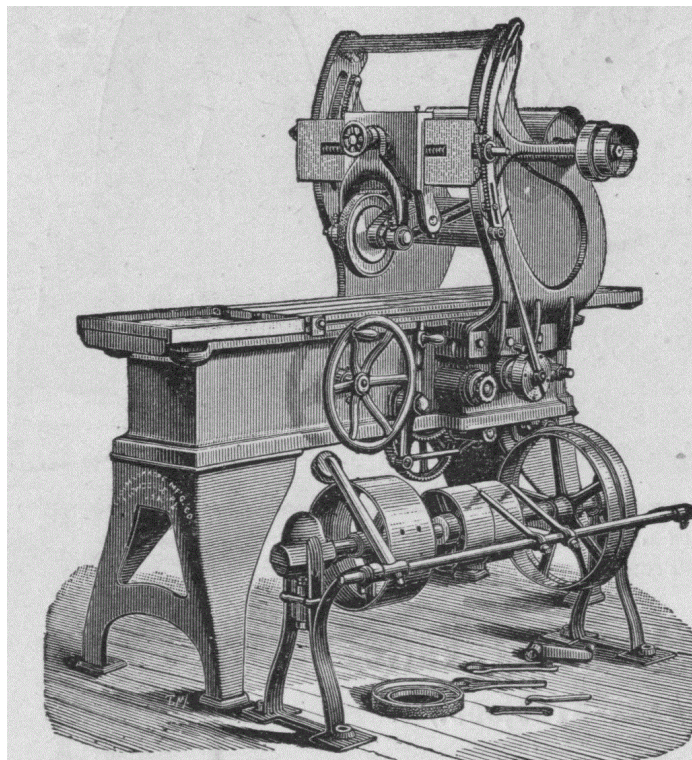
V raném středověku se obdobné materiály používaly převážně k ostření a leštění zbraní a zbroje. V následujících stoletích, se právě díky rozvíjení válečné techniky zvyšují požadavky na dokonalejší povrch. Kolem roku 1400 n.l. se u přenosných děl objevují projektily o průměru 25 mm, které se po odlití ještě přebrušovaly, a proces broušení tak vstoupil i do nově vznikajícího odvětví puškařství. S následným rozmachem hodinářského řemesla se začaly prokazatelně běžněji používat brousící zařízení na ruční pohon, tedy na kliku, nebo o něco později na šlapací pohon, a to v Evropě. Toto zařízení, zvané brus, již využívalo celistvý brusný kotouč z přírodního kamene a hřídel, jako základní prvky stroje. Pro chlazení teplot vznikajících při broušení se využívala výhradně voda, a proto bylo zařízení umístěno tak, aby kotouč při otáčení zčásti procházel nádobou s vodou. První vyrobené umělé brousící kotouče, obsahující zrna korundu či diamantu a přírodní pojivo na bázi šelakových pryskyřic, jsou dokladovány v Indii na počátku let 1800 n.l. Tyto kotouče byly zhotoveny za účelem broušení drahokamů. [3]



Obrázek 2 Mechanický brus
na nožní pohon

Asi nejvýznamnější posun ve vývoji broušení velmi úzce souvisel s průmyslovou revolucí, kdy prvním navrženým univerzálním zařízením pro broušení byl stroj vyvinutý firmou Brown and Sharpe Manufacturing Company, sídlící v Providence, Rhode Island, USA, a to v roce 1876. Přestože zcela první samostatný patent v oblasti broušení kovů registroval Ambrose Webster až v roce 1885 pod číslem US 417615 A.

Dalším zásadním objevem, který formoval oblast broušení, byla syntéza technického diamantu firmou General Electric, která si nechala proces výroby patentovat v roce 1955. Tímto se začal technický diamant masově využívat v oblasti obrábění, a vznikaly první brusné kotouče ze syntetických diamantových prášků právě pro broušení kovů.



Obrázek 3 První univerzální brousící stroj z roku 1878, který byl nabízen veřejnosti

1.2 Současné metody broušení

Na současné metody procesu broušení kovových obrobků můžeme pohlížet z různých hledisek. Variabilita procesu a požadavků je skutečně široká. I když se dnes již zcela běžně používají převážně automatizované stroje, setkáme se i s výhradně manuálním broušením

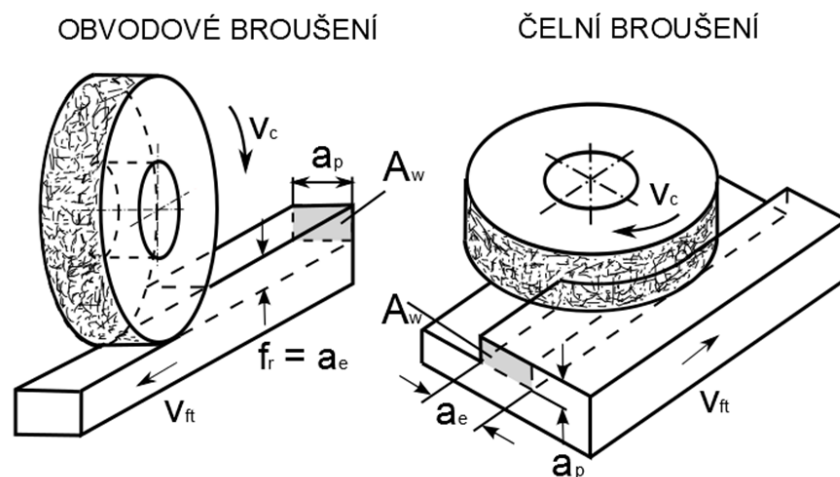
pomocí ručního elektrického nástroje. Je tedy důležité rozlišit, jaké jsou skutečné požadavky a možnosti konkrétní výroby pro danou operaci. Nejdůležitější hlediska procesu broušení jsou:

1.2.1 Účel procesu

- finální operace k dokončení kvalitního povrchu vyráběného obrobku
- ostření tvrdých a těžko obrobitelných materiálů nástrojů

1.2.2 Způsob procesu z pohledu aktivní části brousícího kotouče

- obvodové broušení (broušení obvodem kotouče),
- čelní broušení (broušení čelem kotouče kolmým k jeho ose) [2]



Obrázek 4 Základní druhy rovinného broušení dle [2].

1.2.3 Vzájemná poloha brousícího kotouče a obrobku

- vnější broušení (broušení vnějšího povrchu obrobku),
- vnitřní broušení (broušení vnitřního povrchu obrobku) [2].

1.2.4 Povrch a způsob jeho vytváření

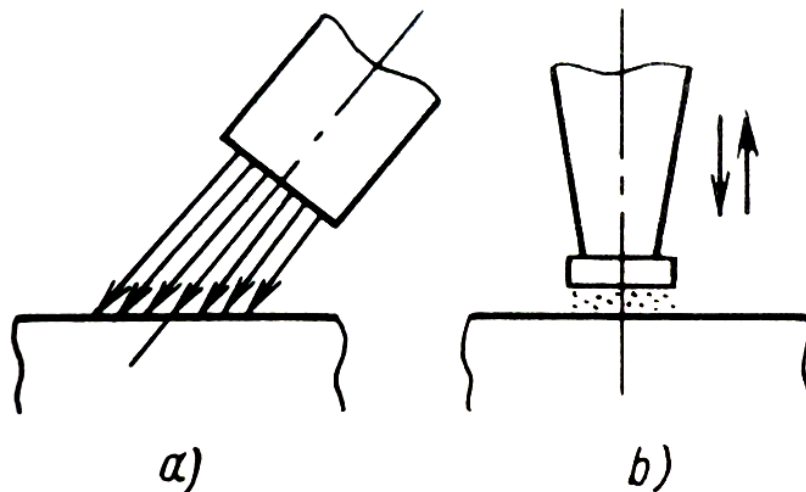
- rovinné broušení (výsledkem je rovinná plocha),
- broušení do kulata (výsledkem je rotační pohyb), [2].

1.2.5 Pohyb obrobku vzhledem k brousícímu kotouči

- axiální
- radiální
- tangenciální

1.2.6 Typ brousícího nástroje

- pevné brusivo (brusivo stmelené pojivem do tvaru kotouče či nástroje jiného tvaru)
- pružné brusivo (zrna přilepená k pružnému podkladu představující brousící pás)
- volné brusivo (brusivo ve formě prášku pro broušení kapalinou či ultrazvukem)



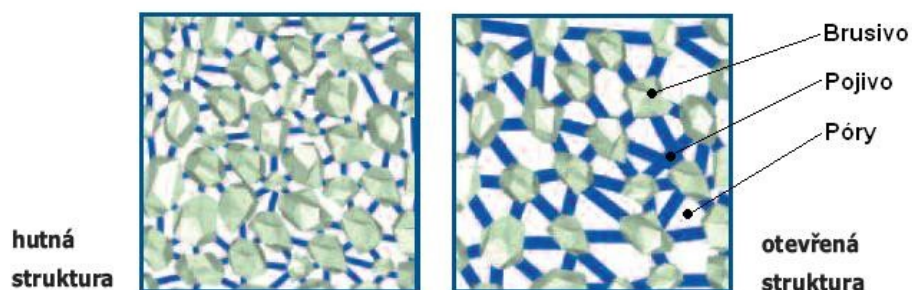
Obrázek 5 Základní způsob broušení volným brusivem a) kapalinou; b) ultrazvukem

1.3 Brousící nástroje

Brousící nástroje jsou brousící zrna spojená pojivem v celistvá tělesa vhodného geometrického tvaru. Můžeme říct, že díky této koncepci se jedná o nástroj s tisíci řeznými body. Mezi jednotlivými zrny jsou volná místa, v tomto případě označena jako póry. Zrna fungují jako řezné břity, póry pak plní funkci zubových mezer, skrze které proniká chladicí kapalina, a v nichž se shlukují třísky, které se dále přenášejí z pórů do okolí.

Nejběžněji se brousící nástroje dělí dle geometrie na pilníky, kotouče, pásy, hroty a tělíska. Dále je důležité jejich složení, tedy obsah konkrétního brusiva a pojiva. Významné normalizované charakteristiky představují také soudržnost nástroje a strukturu, ta udává poměr objemu pórů k celkovému objemu brousícího nástroje. Soudržnost nástroje označujeme také jako tvrdost, která značí relativní pevnost pojiva a sílu, kterou drží brusná zrna v kotouči.

Zrnitost je zásadním parametrem při volbě brousícího nástroje z hlediska požadavku na drsnost a úběr materiálu. Jedná se o množství zrn na délku jednoho palce (25,4mm).



Obrázek 6 Struktura brousícího kotouče

1.3.1 Brusiva

Brusivo představuje základní složku brousícího nástroje. Nejdůležitějším faktorem, podle kterého zrno vybíráme pro danou brousící operaci, je jeho tvrdost, musí být tedy tvrdší než obráběný materiál, a jeho struktura, musí umožňovat jeho různé štěpení.

Brusivo rozdělujeme dle původu na brusivo přírodní a syntetické. Mezi přírodní brusiva patří různé druhy dostupných hornin a minerálů jako je křemen, břidlice, korund či diamant. Tyto však již v dnešní době při operaci broušení kovových obrobků nepoužíváme, ale nahrazujeme je právě syntetickými.

Umělé vyráběná, tedy syntetická brusiva zahrnují umělý korund, karbid křemíku, nitrid boru, kubický nitrid boru, zirkon, syntetický diamant. V dnešní době je sortiment nabízených umělých brusiv obrovský, kdy neustálý vývoj přináší nové poznatky a zdokonalení stávajících produktů.



Obrázek 7 Syntetický diamant



Obrázek 8 Syntetický korund - růžový

1.3.2 Pojiva

Pojivo má zásadní vliv na charakteristiku tvrdosti brousícího nástroje, ovlivňuje i jeho samoostření, a samozřejmě zajišťuje požadovanou geometrii nástroje. Jedná se o látku, která drží brusná zrna v brousícím nástroji a vytváří tak můstky mezi jednotlivými zrny. Pojiva dělíme na anorganická, mezi něž patří keramická, silikátová, magnezitová a kovová. Druhou skupinu tvoří organická pojiva, zahrnující pryžová, pryskyřičná či polyuretanová.

Tabulka 1 Specifikace značení standardních brousících kotoučů [5].

Charakteristika	Vyjádření	Označení	
		ČSN 22 4501	ČSN ISO 525 (22 4503)
3 - Materiál brousících zm	SiC černý	C 48	C
	SiC zelený	C 49	
	Al ₂ O ₃ bílý	A 99 B	A
	Al ₂ O ₃ barvený	A 99	
	Al ₂ O ₃ růžový	A 94	
	Al ₂ O ₃ manganový	A 98 M	
	Al ₂ O ₃ hnědý	A 96	
	Al ₂ O ₃ zirkonový	A 97 E	
	Al ₂ O ₃ mikrokrytalický	A 97 M	
	Al ₂ O ₃ polokřehký	A 97 P	
4 - Zrnitost	velmi hrubá	250, 200, 160	<i>není</i>
	hrubá	125, 100, 80, 63	4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 22, 24
	střední	50, 40, 32, 25	30, 36, 40, 46, 54, 60
	jemná	20, 16, 12, 10	70, 80, 90, 100, 120, 150, 180
	velmi jemná	8, 6, 5	220, 240, 280, 320, 360, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200
	zvlášť jemná	4, 3, M32, M22, M15	<i>není</i>
5 - Tvrdost	velmi měkký	G, H	<i>není</i>
	měkký	I, J, K	A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K
	střední	L, M, N, O	L, M, N, O, P, Q
	tvrdý	P, Q, R, S	R, S, T, U, V, W, X, Y
	velmi tvrdý	T, U	<i>není</i>
	zvlášť tvrdý	V, W, Z	
6 - Sloh (struktura)	velmi hutný	1, 2	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, atd.
	hutný	3, 4	
	polohutný	5, 6	
	pórovitý	7, 8	
	velmi pórovitý	9, 10	
	zvlášť pórovitý	11, 12, 13	
7 - Pojivo	keramické	V	V
	silikátové	S	<i>není</i>
	pryžové	R	R
	pryžové s výztuží	RF	RF
	umělá pryskyřice	B	B
	umělá pryskyřice s výztuží	BF, BF-Flex	BF
	šelakové	E	E
	magnezitové	Mg	Mg
	polyuretanové	U	<i>není</i>

2 STROJE A NÁŘADÍ UŽÍVANÉ V SOUČASNOSTI K BROUŠENÍ KOVOVÝCH OBROBKŮ

Provádíme-li operaci broušení z důvodu dělení materiálu, snížení drsnosti povrchu dílů či úpravy opotřebených nástrojů, používáme k tomu účelu vhodně zvolené stroje a nástroje, které splňují bezpečnostní normy a mají optimální parametry pro daný úkon.

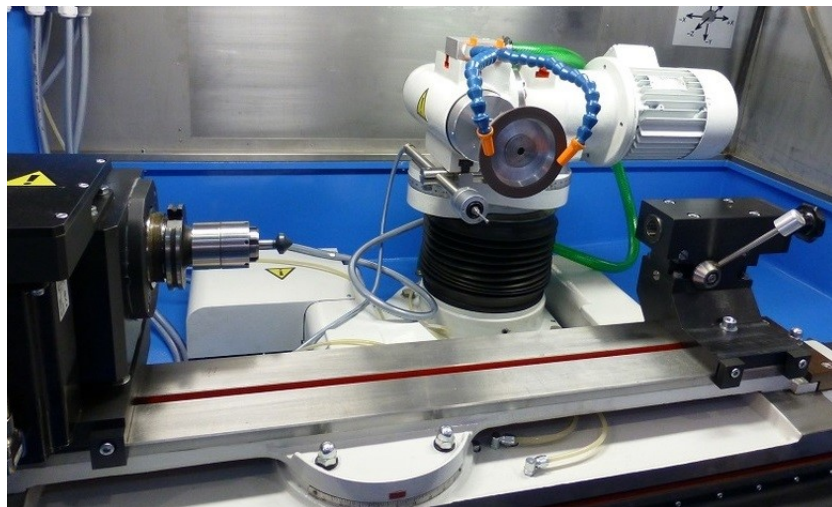
V dnešní době můžeme využít širokou škálu plně automatizovaných či konvenčních strojů, stejně jako nám v některých případech zcela dostatečně poslouží ruční nářadí s vlastním pohonem, které je stále využívaným pracovním prostředkem.

2.1 Brousící stroje

Nejrozšířenějším brousícím strojem je bruska. Hlavní řezný pohyb u brusek provádí rotující nástroj, případně vzájemná rotace nástroje i obrobku. Posuvný přímočarý pohyb vykonává buď nástroj vůči obrobku, nebo obrobek vůči stroji. Brusky mohou být konstruovány jako stacionární stroje nebo jako ruční přenosné strojní nářadí s pohonem. Brousící stroje můžeme rozdělit do určitých oblastí dle hledisek, jako jsou:

2.1.1 Účel stroje

- nástrojové (ostření nástrojů)
- produkční (broušení strojních součástí)



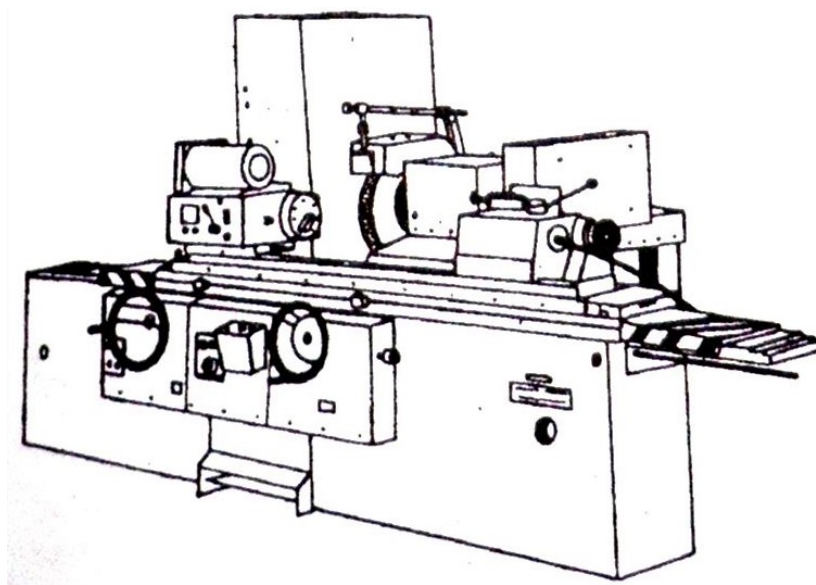
Obrázek 9 Bruska nástrojářská

2.1.2 Přesnost zpracování

- brusky na hrubé broušení bez dostatečného vedení obrobku
- brusky na přesné broušení s dokonalým vedením obrobku
- brusky na broušení vnějších a vnitřních válcových a kuželových ploch
- brusky na broušení rovinných ploch
- univerzální brusky

2.1.3 Druh provedení práce

- brusky hrotové
- brusky bezhroté
- brusky na díry
- brusky rovinné
- brusky na ostření nástrojů
- speciální brusky (na závity, na ozubená kola, klikové hřídele)



Obrázek 10 Vodorovná rovinná bruska [2]

2.1.4 Způsob ubírání materiálu

- brusky pro postupný úběr materiálu
- brusky pro silové broušení

3 BEZPEČNOST PRÁCE PŘI PROCESU BROUŠENÍ

Všechny dostupné brousící stroje jsou velmi výkonné, finančně nákladné a můžou při neopatrné či neodborné obsluze představovat bezpečnostní riziko. Základem práce s těmito stroji je znalost zásad správného ovládání a řízení stroje. Kromě všeobecných bezpečnostních zásad je potřeba u brousících strojů dbát specifických rizik spojených s vysokou rychlostí, teplotou a vznikem jisker.

3.1 Základní zásady bezpečné práce na brousících strojích:

1. Brousící stroj může uvádět do chodu a obsluhovat jej jen pracovník, kterému byl stroj přidělen a který byl o jeho obsluze řádně poučen.
2. Všechny převody a vyčnívající části otáčejících se součástí stroje musí být vhodným způsobem zakryté.
3. Před spuštěním brusky se musí přezkoušet, zda je správně upnutý brusný kotouč na přírubách i na vřetenu.
4. Nesmí se pracovat s brusným kotoučem bez ocelového ochranného krytu.
5. Pracovní a obvodové rychlosti nesmějí překročit hodnoty uvedené na štítku brousícího kotouče.
6. Při broušení za sucha se musí pracovat s odsávacím zařízením.
7. Při práci se musí používat ochranné brýle nebo musí být stroj vybaven průhledným krytem.
8. Stroj se musí vždy vypnout:
 - při výměně brusného kotouče
 - při upínání a odepínání obrobku
 - při čištění, mazání a seřizování stroje
 - při přerušení práce na stroji
9. Brousící kotouče, které se v danou chvíli nepoužívají, musí být řádně uloženy, aby nebyly vystaveny znečištění a nebezpečí poškození, které je při křehkosti kotoučů velké.
10. Před začátkem broušení je nutné se přesvědčit zda:
 - Obrobek je řádně upnutý, aby se při práci neuvolnil.
 - Narážky podélného pohybu stolu jsou řádně nastaveny, aby kotouč do ničeho nenarazil.
11. Při práci nestojí pracovník nikdy proti brusnému kotouči.

12. Pracovník musí být při práci soustředěný a pozorný.
13. Pracovník musí:
 - mít řádně upravený svůj oděv
 - mít zapnuté rukávy a všechny knoflíky tak, aby neměl volně odstávající části oděvu
 - vlasy si chránit pokrývkou hlavy
 - při práci u stroje odložit osobní potřeby jako hodinky, náramky
 - na pracovišti udržovat pořádek
14. Je nutné znát vlastnosti brusného kotouče a být seznámen s obsluhou brousícího stroje
15. Jakékoliv zjištěné závady musí být ihned hlášeny.

4 KRITÉRIA PRO HODNOCENÍ PROCESU BROUŠENÍ

Proces broušení ve výrobní firmě zasahuje do různých oblastí, ovlivňuje náklady, efektivitu a bezpečnost. Je důležité zvolit vhodně nejen způsob broušení, ale taktéž vhodné brousící stroje a brousící nástroje včetně patřičných ochranných pomůcek.

Sledovaná kritéria v konkrétním případě této bakalářské práce jsou následující:

4.1 Dostupnost technologie - výběr způsobu broušení

Dostupnost technologie je jednoznačně dána technologickým vybavením konkrétní firmy a vyplývá z podstaty obrobku, jeho způsobu upnutí a požadované kvality. Pro účely této práce bude řešeno broušení konkrétních výrobků hřídelí.

4.2 Cena a dostupnost brousících nástrojů vhodných pro zamýšlený materiál

Volba brousícího nástroje se odvíjí od zpracovávaného materiálu a požadované přesnosti. Důležitým faktorem je také životnost a schopnost samoostření. Z pohledu běžného použití ve firmě je nutné přihlídnout i na dostupnost, jak nástrojů, tak vhodné chladicí kapaliny, včetně jejich dodacích termínů a bezpečného skladování.

4.3 Efektivita procesu a jeho náročnost na kvalifikovanou práci

Je nutné sledovat přípravný čas, výrobní čas a čas na kontrolu dílu. Náročnost procesu broušení je ovlivněna vstupní kvalitou materiálu a předchozích operací. Důležitou roli pak hraje bezpečnost práce a míra vzniku rizika neshodných výrobků.

4.4 Výsledná kvalita provedení povrchu a její udržitelnost

Výsledná kvalita povrchu musí odpovídat zadaným požadavkům vyplývajícím z technické dokumentace. K jejímu hodnocení se používá pohledová kontrola či měřicí přístroje. V této práci bude srovnávána pohledová kontrola s výhodami dostupných měřících přístrojů. Udržitelnost kvality je dána dodržováním stanoveného technologického postupu, kdy je nutné identifikovat tolerovatelné neshody a nejčastější příčiny vad.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 CÍL PRÁCE

Tato bakalářská práce si klade za cíl ověřit, zda je pro firmu Bří Švarcové s.r.o., výhodnější proces broušení zajišťovat externím dodavatelem, tedy formou kooperace, anebo zřízením vlastního pracoviště brusírny. Vedení firmy si samo určilo kritéria, která považuje ze svého pohledu pro vyhodnocení za klíčová.

5.1 Popis aktuálního stavu

Firma Bří Švarcové s.r.o. se zabývá výrobou vlastních strojních celků, vhodných pro klempířské zpracování tabulových plechů či sviteků tloušťky maximálně do 1mm. Jedná se o výhradně českou firmu, bez zahraniční účasti, která má k dispozici vlastní výrobní areál a zaměstnává na trvalý pracovní poměr 18 zaměstnanců.



Obrázek 11 Areál firmy Bří Švarcové s.r.o.

Zakladatel firmy započal v roce 1990 výrobu prvotního a dlouhou dobu stěžejního produktu a to, ručního obrubovacího stroje S-250/50. Následně se navázalo vývojem a výrobou dalších typů strojů, které byly již motorizované.



Obrázek 12 Obrubovací stroj S-250/50 bez pohonu

Firma si sama zajišťuje výrobu dílců z dodávaných polotovarů a kompletní montáž hotových výrobků. Pouze vybrané procesy zajišťuje u svých prověřených a dlouhodobých kooperantů, dodavatelů. V současné době ve firmě probíhá optimalizace procesů, kdy je zájem, co nejvíce zpřehlednit výrobu a vyhodnotit, které procesy je vhodnější zajišťovat dodavatelsky, anebo do kterých investovat formou dovybavení či přípravy nového pracoviště. K tomuto vyhodnocení budou sloužit přehledy zpracované na základě konkrétních dílů, do kterých daný proces vstupuje. U obrubovacího stroje je pro jeho bezproblémový chod nutný kvalitní broušený povrch hřídelí. Tato operace je v současnosti zajišťována u externí firmy formou kooperace brousícího procesu. Pro proces vyhodnocení byl zvolen díl hřídele dolní, jako typický představitel této skupiny výroby a k němu budou vztažena všechna kritéria.

Označení kooperovaného výrobku je Hřídel dolní SA-32. Je vyráběn z polotovaru kruhové tyče Kr 30 dle ČSN 42 5510.11, z materiálu 11 600 a s požadovanou drsností povrchu Ra 3,2 μm , kde na funkčních plochách je vyžadována drsnost Ra 0,8 μm . Výkres hřídele je součástí této práce a je veden jako samostatná příloha. Výrobní dávka, která se dodává ke kooperaci je 200 kusů měsíčně. Po finální operaci prováděné pracovníkem firmy, se obrobek ukládá do plastových přepravek, které slouží jako mezioperační balení pro přepravu ke kooperující firmě. Pravidelný závoz obrobků ke kooperaci je zajišťován vlastní dopravou firmy.

5.2 Porovnání daných kritérií

Firma si stanovila kritéria, která pokládá pro své rozhodnutí za klíčová, jelikož mají návaznost na další náklady a čas, který bude muset firma vynaložit pro případné změny v již zaběhlých procesech. Tedy vedle kritéria cenového, kdy náklady na požadované operace dílu jsou známé, stejně jako cena kooperace, jsou zde i další aspekty, které musí být při rozhodování zohledněny. Detailní cenové kalkulace požadované operace nejsou tedy předmětem tohoto srovnání. Firma je má k dispozici a přihlédne k nim při konečném rozhodnutí v porovnání s vyhodnocením závěru vyplývajícím z ostatních sledovaných kritérií.

5.2.1 Dostupnost technologie

Broušení hřídele s označením SA-32 dle výkresu, který je přiložen k této práci jako samostatná příloha, je technologicky vhodné na univerzální hrotové brusce. Jedná se tedy o vnější obvodové broušení na kulato. Kooperant má k dispozici hrotovou brusku BUAJ 28, rok výroby 1989, od českého výrobce TOS Hostivaře, kterou využívá v jednosměnném provozu. Výrobní areál kooperanta je vzdálen od areálu firmy 9 km. Pravidelný závoz probíhá 1 měsíčně.



Obrázek 13 Hrotová bruska na kulato BUAJ 28 TOS Hostivaře

Tabulka 2 Tabulka parametrů stroje

Max. průměr broušení	280 mm
Vzdálenost mezi hroty	630; 1000 mm
Otáčky brousícího vřetene	2560 ot/min
Otáčky unášecího vřetene	22-710 ot/min
Největší hmotnost obrobku broušeného v hrotech	70 kg
Celkový příkon	9,3 kW
Půdorysná ploch stroje včetně skříní (výška x šířka x délka)	1500mm x 1650mm x 2900mm
Hmotnost stroje s normálním příslušenstvím	2500 kg

Firma má k dispozici pracovní prostor, který by mohla vyčlenit pro pracoviště brusírny. Předpokládaná časová náročnost úpravy tohoto prostoru pro zamýšlený účel je zanedbatelná. V majetku firmy je taktéž nevyužívaný stroj, hrotová bruska 2UC 750, od výrobce TOS Hostivaře, rok výroby 1959, který by bylo možné po revizní kontrole pro operaci broušení využívat. Chladicí kapalinou je zde zamýšlena vodní emulze s označením SPIRIT WBF 5400, stejně tak jako u stroje kooperanta.



Obrázek 14 Hrotová bruska na kulato 2UC 750

Tabulka 3 Tabulka parametrů stroje

Max.průměr broušení	290 mm
Vzdálenost mezi hroty	750 mm
Otáčky brousícího vřetene	1638 ot/min
Otáčky unášecího vřetene	38-380 ot/min
Největší hmotnost obrobku broušeného v hrotech	60 kg
Celkový příkon	9 kW
Půdorysná ploch stroje včetně skříní (výška x šířka x délka)	1500mm x 1520mm x 3340 mm
Hmotnost stroje s normálním příslušenstvím	2250 kg

5.2.2 Cena a dostupnost brousících nástrojů vhodných pro zamýšlený materiál

Hřídel je z materiálu oceli 11 600, proto volba brusného nástroje je kotouč s označením 99A 60 M8V40 v rozměrech 350x30x127 od českého výrobce, firmy Tyrolit. Jedná se o kotouč, který je vyroben z umělého bílého korundu s keramickým pojivem, jak již vyplývá z jeho označení dle normy ČSN EN 12413. Alternativně by mohl být použit i kotouč 99A 46 M8V40.



Obrázek 15 Brousící kotouč Tyrolit

Tyto kotouče jsou ve standardním sortimentu dodavatele, se kterým firma spolupracuje v oblasti náradí a technický prostředků. Není tedy potřeba tento materiál držet skladem ani ho dlouhodobě rezervovat. Pokud by bylo zapotřebí, bude skladování tohoto typu brusného materiálu vedeno ve standardní evidenci spotřebního materiálu provozu. Cena zvoleného brusného kotouče se pohybuje v rozmezí od 1197,- Kč s DPH do 1528,- Kč s DPH dle konkrétního dodavatele. Dodací lhůta je 2 týdny.

5.2.3 Efektivita procesu a jeho náročnost na kvalifikovanou práci

Před operací broušení tohoto obrobku je nutné zohlednit přípravný čas, který zahrnuje upevnění brusného kotouče, případně jeho vyvážení a orovnění, dále čas na upnutí samotného obrobku. Čas upnutí zvoleného kotouče byl stanoven na 15 minut, jelikož se u obou typů brusek kotouč upíná pomocí upínacích přírub. Tento čas zahrnuje i zvukovou zkoušku poklepem, která se provádí z bezpečnostních důvodů, aby se zamezilo roztržení kotouče

vlivem vnitřních trhlin. Vyvážení kotouče, které je nutné před jeho prvním použitím a při orovnávaní po opotřebení kotouče, bude prováděno pouze statickou metodou, která je díky daným rozměrům kotouče dostatečná. K vyvážení je již k dispozici vyvažovací stojánek s lyžinami dle obrázku 16. Prakticky ověřený čas potřebný k vyvážení je 30 minut pro již proškoleného pracovníka. Obrobek je upnut do hrotů brusky, čas upnutí byl na základě praktického měření stanoven na 2 minuty.



Obrázek 16 Statické vyvažování brusného kotouče na stojánku

Výpočet jednotkového strojního času na plánované brusce TOS UC7 750:

Řezná rychlost V_c [$m \cdot s^{-1}$]

$$V_c = \frac{\pi * d_s * n_s}{60 * 1000}$$

$$V_c = \frac{\pi * 350 * 1638}{60 * 1000}$$

$$V_c = 0,6258 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

d_s - průměr brousícího kotouče [mm]

n_s - frekvence otáčení brousícího kotouče [min⁻¹]

l_{pa} – délka přeběhu v axiálním směru [mm]

$$l_{pa} = l_{na} + \frac{b_s}{2}$$

$$l_{pa} = 3 + \frac{30}{2}$$

$$l_{pa} = 18 \text{ mm}$$

l_{na} – délka náběhu v axiálním směru [mm]

b_s – šířka brousícího kotouče [mm]

l_a – dráha pohybu stolu brusky v axiálním směru [mm]

$$l_a = l_{na} + l_w + l_{pa}$$

$$l_a = 3 + 393 + 18$$

$$l_a = 414 \text{ mm}$$

l_w – délka obrobku [mm]

l_{pa} – délka přeběhu v axiálním směru [mm]

l_{na} – délka náběhu v axiálním směru [mm]

t_{AS} - jednotkový strojní čas [s]

$$t_{AS} = \frac{l_a}{f_a * n_w} * \frac{p}{2 * f_r}$$

$$t_{AS} = \frac{414}{15 * 15} * \frac{0,25}{2 * 0,08}$$

$$t_{AS} = 2,875 \text{ min}$$

f_r – radiální posuv stolu brusky na jeden axiální zdvih stolu [mm]

p – přídavek na broušení [mm]

n_w – otáčky obrobku [min^{-1}]

f_a – axiální posuv stolu brusky na jednu otáčku obrobku [mm]

l_w – délka obrobku [mm]

b_s – šířka brousícího kotouče [mm]

l_a – dráha pohybu stolu brusky v axiálním směru [mm]

Strojní jednotkový čas je jedním z podkladů k cenové kalkulaci. Cenová kalkulace obrobku zahrnuje kromě uvedeného strojního jednotkového času také všechny náklady, které se vážou k přípravnému času a celkové režijní náklady dané firmy. U obrobku hřídele SA-32 byla výsledná cena nákladů na operaci broušení ve firmě Bří Švarcové s.r.o. stanovena na 89,- Kč. U kooperanta představuje cenu nákladů na operaci broušení, cena koncová prodejní, tedy fakturovaná cena včetně DPH. Prodejní cena kooperanta činí 114,- Kč s DPH.

5.2.4 Výsledná kvalita provedení povrchu a její udržitelnost

Výsledná kvalita povrchu byla při vzorkování prvotní dávky 50 kusů měřena přenosným dotykovým drsnoměrem SurtonicDuo s diamantovým hrotem a piezoelektrickým snímačem, který má měřicí rozsah až 40 μm s přesností $\pm 5\%$ z naměřené hodnoty + 0,1 μm .



Obrázek 17 Drsnoměr SurtonicDuo (výrobce: Taylor-Hobson)

Dále již probíhá pouze namátková kontrola obrobků dle technologického postupu kooperanta. Měření je vždy první kus z výrobní dávky.

Ve firmě není, s ohledem na povahu výroby, obdobný přístroj pro měření povrchu k dispozici. Zjišťování shody s požadovaným povrchem by tedy bylo prováděno kvalitativním hodnocením lidskými smysly, tedy hmatem a zrakem. Hmatem lze rozpoznat rozdíl

v drsnosti až Ra 0,1 μ m. Z tohoto důvodu je tedy plánováno pořízení vzorkovnice broušených válcovaných ploch, sadu Rugotest 105, která splňuje ISO 2632/I, ISO 2632/II a NF E 05-05. Četnost kontroly bude shodná s četností kontroly, která probíhá u kooperanta. Požadavek na kontrolu z pohledu časové náročnosti byl ověřen a stanoven na 3 minuty pro každý kontrolovaný kus.



Obrázek 18 Vzorkovnice Rugotest 105

Pracovník brusírny bude také povinen sledovat výskyt možných vad, jako jsou například stopy po chvění, vzniklé nevyváženým kotoučem nebo rysky na broušené ploše materiálu, které jsou způsobeny nečistotami v chladicí kapalině.

5.3 Vyhodnocení daných kritérií

Dostupnost technologií je srovnatelná, nicméně na straně firmy je nevýhoda většího opotřebení stroje a jeho uvedení do chodu, kdy bude nutné nejdříve stroj repasovat. Brousící nástroje jsou dostupné, cena kotouče bude zohledněna ve výrobní dávce 200 kusů. Náklady na skladování a včasné zajištění jsou zanedbatelné. Chladicí kapaliny nevyžadují žádné zvláštní nároky na zajištění či nakládání s nimi, než běžně užívané kapaliny v již fungujícím provozu. Strojní čas je u kooperanta nižší. Přípravný čas procesu broušení je srovnatelný jako u kooperanta. Interní náklady na brousící operaci jednoho kusu obrobku hřídele byly vyčísleny na 89,- Kč. V ceně nákladů na broušení obrobku však nejsou zohledněny navýšené režijní náklady, které zahrnují především náklady na školení pracovníků a také pořízení standardních ochranných pomůcek využívaných pro bezpečný provoz brousících strojů. Další náklady jsou spojeny s počátečními investicemi do opravy stroje a pořízením vzorkovnice Rugotest 105. Při porovnání byla prodejní cena obrobku od kooperanta vyšší o 25,- Kč. Doprava obrobků ke kooperantovi a náklady na nakládku a vykládku činí 522,- Kč na každou dávku. Kontrola povrchu bude vyžadovat investici do vzorkovnice. Čas potřebný ke kontrole obrobku je srovnatelný. Přesnost měření je u kooperanta díky dotykovému drsnoměru SurtonicDuo přesnější.

ZÁVĚR

Pro tuto bakalářskou práci byl stanoven cíl zjistit aspekty, vyplývají ze zadaných kritérií popsaných v praktické části, které povedou k vyhodnocení, zda je pro firmu výhodné přesunout operaci broušení od současného kooperanta zpět do firmy a jak tento proces interně zajistit. Jak je z práce patrné, tak zavedení a nastavení procesu broušení pro malou firmu, představuje soubor různorodých operací a činností, které musí firma zohlednit. Nejedná se tedy pouze o porovnání strojních časů, ale o komplexní řízení tohoto procesu, tak aby odpovídal požadavkům na plnění kvality požadované operace. Nelze totiž uvažovat pouze výrobní náklady, které přímo souvisí s procesem broušení, ale je také nutno přihlídnout i k dalším nákladům a potřebám, které díky tomuto přesunu vzniknou a v současné době nejsou zahrnuty do režijních nákladů firmy. Kromě počátečních investic, jsou tedy zde i opakované režijní náklady, které je nutno zahrnout do konečné ceny výrobku.

Efektivnost procesu broušení v rámci současné spolupráce s kooperantem je podpořena především lepším strojním časem a nižším rizikem neshody, díky sofistikovanějšímu způsobu měření kvality obrobeneho povrchu.

Pro malou firmu, jako je firma Bří Švarcové s.r.o. není ekonomicky výhodné, při výrobní dávce 200 kusů obrobků měsíčně, investovat do vlastní brusírny a zaškoloovat pracovníky či investovat do kvalitních měřících zařízení.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] MALKIN, Stephen. *Grinding Technology – Theory and Applications of Machining with Abrasives*, 2vyd., Industrial Press, 2008
- [2] KOČMAN, Karel.; PROKOP, Jaroslav. *Technologie obrábění*. Brno: CERM, 2001, ISBN: 80-214-1996-2.
- [3] GROOVER, Michael P., *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*, John Wiley & Sons Inc, 2015. ISBN13: 97-811-1912-8694
- [4] MASLOV, J. *Teorie broušení kovů*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1979
- [5] Němec, Dobroslav, a kol. *Strojírenská technologie 3-Strojní obrábění*. 1.vyd. SNTL Praha, 1979

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Geometrie brusných zrn	10
Obrázek 2 Mechanický brus na nožní pohon.....	11
Obrázek 3 První univerzální brousící stroj z roku 1878, který byl nabízen veřejnosti.....	12
Obrázek 4 Základní druhy rovinného broušení dle [2].....	13
Obrázek 5 Základní způsob broušení volným brusivem a) kapalinou; b) ultrazvukem	14
Obrázek 6 Struktura brousícího kotouče	15
Obrázek 7 Syntetický diamant.....	16
Obrázek 8 Syntetický korund - růžový	16
Obrázek 9 Bruska nástrojářská	18
Obrázek 10 Vodorovná rovinná bruska [2]	19
Obrázek 11 Areál firmy Bří Švarcové s.r.o.	24
Obrázek 12 Obrubovací stroj S-250/50 bez pohonu.....	24
Obrázek 13 Hrotová bruska na kulato BUAJ 28 TOS Hostivaře	26
Obrázek 14 Hrotová bruska na kulato 2UC 750.....	27
Obrázek 15 Brousící kotouč Tyrolit	28
Obrázek 16 Statické vyvažování brusného kotouče na stojánku.....	29
Obrázek 17 Drsnoměr SurtonicDuo (výrobce: Taylor-Hobson)	31
Obrázek 18 Vzorkovnice Rugotest 105	32

SEZNAM ELEKTRONICKÝCH ZDROJŮ

<http://antiquemachinery.com/>

<http://eluc.kr-olomoucky.cz/>

[6] BARTOŇOVÁ Renata, Elektronická učebnice, Technologie broušení, 2010, dostupné z: http://moodle2.voskop.eu/download/teu/U01_Technologie_brouseni.pdf

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Specifikace značení standardních brousících kotoučů [5]

Tabulka 2. Tabulka parametrů stroje

Tabulka 3. Tabulka parametrů stroje

SEZNAM PŘÍLOH

P I - Výkres hřídele SA-32

PŘÍLOHA P I: VÝKRES HŘEDELE SA-32

