

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

**Hodnocení procesních kapalin používaných při
procesu vrtání slitin hliníku**

**Procedura Fluid Evaluation Used at the Process
of the Aluminium Alloys Drilling**

Student:

Bc. Roman Hynek

Vedoucí diplomové práce :

Ing. Lenka Petřkovská

Ostrava 2010

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: 19.5.2010

.....
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 jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- bylo sjednáno, že s 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 užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnou 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 její obhajoby.

V Ostravě: 19.5.2010


.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Roman Hynek

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Fischerova č.9 Olomouc

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

HYNEK, R. Hodnocení procesních kapalin používaných při procesu vrtání slitin hliníku

Ostrava: Katedra obrábění a montáže, Fakulta strojní VŠB- Technická univerzita Ostrava, 2010, 42 s. Diplomová práce, vedoucí Ing. Petřkovská, L.

Diplomová práce se zabývá návrhem procesní kapalin, kterou by používala naše firma při strojním opracování hliníku.

V úvodu je charakterizována problematika procesních kapalin, jejich použití a přehled vrtacích nástrojů.

V hlavní části je popsán postup experimentu opracování hliníku. Dále byl navržen postup posuzování procesních kapalin a provedení experimentu.

V poslední části je uvedeno vyhodnocení vrtaných ploch a technologicko ekonomické zhodnocení.

ANNOTATION OF THESIS

HYNEK,R. Procedura Fluid Evaluation Used at the Process of the Aluminium Alloies Drilling.

Ostrava: Department of Machining and Assembly , Faculty of Mechanical Engineering VŠB– Technical University of Ostrava, 2010, 42 p. Diploma Work, head: Ing. Petřkovská, L.

This diploma work deals with development of process fluids, which our company would use for the mechanical machining of aluminum.

In the introduction the problems of process fluids are characterized, their use and an overview of drilling tools.

The experiment procedure of machining aluminum is described in the main part. Furthermore, the procedure for assessment of process liquids and experiment execution has been proposed.

In the last part there is an evaluation of drilled areas and economic and technological assessment.

OBSAH

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE	5
1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY	9
1.1 POPIS PODNIKU	9
2 PRŮVODNÍ JEVY PROCESU OBRÁBĚNÍ	11
2.1 ŘEZNÉ KAPALINY A JEJICH VÝZNAM	11
2.1.1 Vodní roztoky.....	12
2.1.2 Emulzní kapaliny.....	12
2.1.3 Minerální oleje.....	12
2.1.4 Řezné oleje	12
2.1.5 Syntetické oleje	13
3 EKOLOGICKÉ TRENDY PŘI POUŽÍVÁNÍ ŘEZNÝCH KAPALIN	14
3.1 OBRÁBĚNÍ BEZ ŘEZNÝCH KAPALIN (TZV. SUCHÉ OBRÁBĚNÍ).....	14
3.2 OBRÁBĚNÍ SE SNÍŽENÝM MNOŽSTVÍM ŘEZNÉ KAPALINY	14
3.3 TRADIČNÍ OLEJE	15
4 FILTRACE ŘEZNÝCH KAPALIN	17
4.1 MECHANICKÉ FILTRY	18
4.2 MAGNETICKÉ FILTRY	20
4.3 ODSŤŘEDIVÉ FILTRY	21
4.4 SEPARÁTOR OLEJŮ Z EMULZÍ.....	22
5 TEORETICKÁ ČÁST VRTÁNÍ	24
5.1 VRTACÍ NÁSTROJE	24
5.1.1 Vrtací nástroje pro vrtání krátkých děr	24
5.2 OSTŘENÍ VRTÁKŮ, OSTŘIČKY A POMŮCKY KE KONTROLE NAOSTŘENÝCH VRTÁKŮ	28
5.3 TRVANLIVOST BŘITU NÁSTROJE.....	30
5.3.1 Trvanlivost a životnost břitu nástroje	31
5.3.2 Trvanlivost břitu T	31
6 HLINÍK A SLITINY HLINÍKU	33
7 NAVRHNUTÁ METODA POSUZOVÁNÍ PROCESNÍCH KAPALIN PŘI OPRACOVÁNÍ HLINÍKU	34
7.1 REALIZACE METODY	34
7.2 PROVEDENÍ METODY	35
7.3 VRTACÍ NÁSTROJ	36
7.4 UNIVERZÁLNÍ FRÉZKA S DIGITÁLNÍM ODMĚŘOVÁNÍM FHV-50 PD.....	36
7.5 POSTUP MĚŘENÍ	37
7.6 VÝSLEDKY MĚŘENÍ.....	38
7.7 VYHODNOCENÍ VYBRANÝCH VZORKŮ, OBROBENÉ POMOCÍ VRTNÉ METODY	39
8 HODNOCENÍ POMOCÍ VYSOKOVAKUOVÉHO MIKROSKOPU	40
8.1 VZOREK OPRACOVANÝ KAPALINOU OD 1. VÝROBCE.....	40
8.2 VZOREK OPRACOVANÝ KAPALINOU OD 2. VÝROBCE.....	40
8.3 VYHODNOCENÍ VRTANÝCH PLOCH.....	41
8.3.1 Vyhodnocení podle hrany	41
8.3.2 Vyhodnocení podle plochy.....	41
9 HODNOCENÍ VZORKŮ NA ZÁKLADĚ ZKOUŠKY MIKROTVRDOTI	42

9.1	PODSTATA ZKOUŠKY PODLE VICKERSE.....	42
9.2	PŘÍPRAVA VZORKŮ	43
9.3	POSTUP PŘI PROVÁDĚNÍ MIKROTVRDOSTI	43
9.4	VÝSLEDKY MIKROTVRDOSTI.....	43
9.4.1	<i>Podélné řezy</i>	44
9.4.2	<i>Příčné řezy</i>	46
10	INFRAČERVENÁ SPEKTROMETRIE ŘEZNÝCH KAPALIN	47
10.1	VYHODNOCENÍ KAPALIN.....	47
11	TECHNICKO EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	48
11.1	POROVNÁNÍ CENY OBOU VÝROBCŮ	48
12	ZÁVĚR	50
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	51

Seznam použitého značení, zkratk a jednotek

Ct	konstanta [-]
m	exponent [-]
Vc	řezná rychlost [m.min ⁻¹]
T	trvanlivost
HV	tvrdost podle Vickerse
F	zkušební zatížení v [N]
α	vrcholový úhel vnikacího tělesa
d	úhlopříčka vtisku v [mm]
Sm	spotřeba za měsíc
Cs	směnost
Csm	celková spotřeba za měsíc
Cn ₁	celkové náklady procesní kapaliny 1. výrobce
Cn ₂	celkové náklady procesní kapaliny 2. výrobce
C _{L1}	cena za 1 litr procesní kapaliny 1. výrobce
C _{L2}	cena za 1 litr procesní kapaliny 2. výrobce
C _ú	celková úspora
A _{λ}	čelo
A _{α}	hlavní ostří
A _{α2}	druhý vedlejší hřbet
S	ostří

1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY

V konstrukci ve výrobě čerpadel se dnes ve zvýšené míře využívá hliník. Jedním z hlavních důvodů je snižování hmotnosti a odolnosti vůči korozi. Hliník se používá jako materiál na výrobu přírub a jiných součástí čerpadel.

Cílem mé diplomové práce bylo navrhnout procesní kapalinu kterou jsem vybíral od dvou dodavatelů, které jsou využívány k dodávce procesních kapalin do našeho podniku. Teoretická část se věnuje typem procesních kapalin, které jsou v dnešní době na trhu a používají se k obrábění hliníku. Dále je zde popsán krátký přehled vrtacích nástrojů.

V praktické části je práce věnována zkouškám obrábění vybrané součásti z hliníkových slitin podle navržené metody a jejich vyhodnocení. Součástí metody bylo vyhodnocení různých variant aplikovaných procesních kapalin. Na vzorkách byly provedeny metalografické výbrusy a vzorky byly dále zkoumány. Byla měřena tvrdost podle Vickerse. Tvrdost podle Vickerse byla měřena jak v podélném, tak v příčném řezu. Z naměřených hodnot byly vyvozeny závěry a odpovídající hodnocení.

1.1 Popis podniku

Akciová společnost SIGMA GROUP a.s. je moderní a dynamicky se rozvíjející strojírenská firma, která stojí v čele uskupení nejvýznamnějších výrobců čerpací techniky v České republice.

Společnost ve svém podnikání úspěšně navazuje na slavnou tradici čerpadlářské výroby v regionu střední Moravy. Tato tradice sahá do roku 1868, kdy zakladatel původní firmy, Ludvík Sigmund, zahájil v obci Lutín u Olomouce výrobu dřevěných stojanových pump. Se stejným místem a výrobou jsou spjaty i proslulé ochranné známky SIGMA a NEPTUNŮV TROJZUBEC, které již od roku 1922 označují výrobky společnosti a tvoří její základní firemní symboly.

SIGMA GROUP a.s. se profiluje ve výzkumu, vývoji a výrobě středních, těžkých a unikátních čerpadel a čerpacích soustrojí pro průmyslové využití. V tomto segmentu se firma řadí mezi světovou špičku v oboru. Mezi klíčové zákazníky společnosti patří tuzemské a zahraniční průmyslové podniky, působící v oblasti lehkého i těžkého strojírenství, klasické a jaderné energetiky, petrochemie, těžby ropy, dobývání a zpracování nerostů a vodního hospodářství. Vlastní výzkum a výroba ve spojení

s dlouholetými aplikačními zkušenostmi umožňují společnosti nabídnout zákazníkům komplexní dodávky investičních celků v oboru čerpací techniky formou staveb „na klíč“.

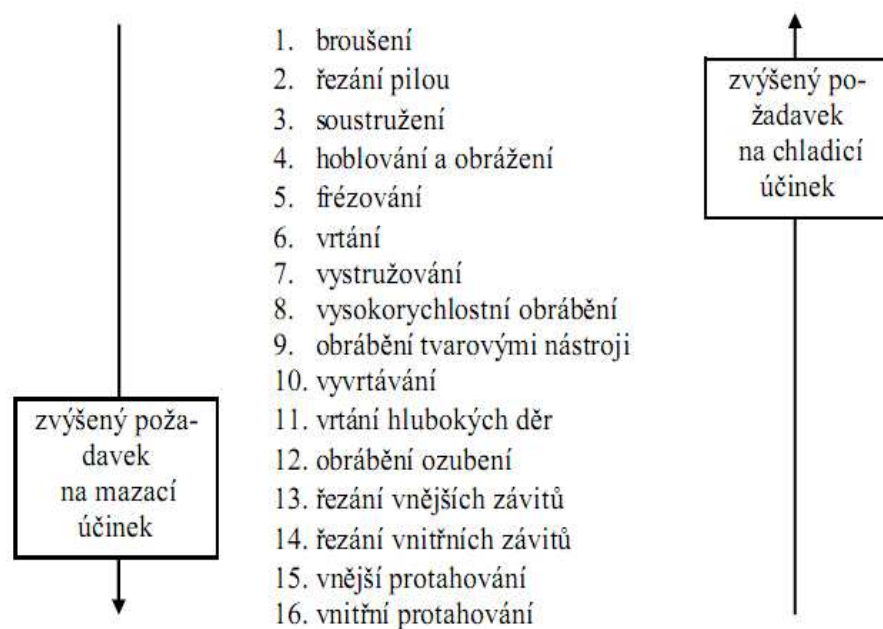
SIGMA GROUP a.s. čerpá z kvalifikace a zkušeností svých 600 zaměstnanců a nabízí vedle tradiční značkové kvality a vysoké spolehlivosti svých výrobků také stabilní technickou podporu. Společnost je držitelem certifikátu kvality podle EN ISO 9001, lídrem Svazu výrobců čerpadel České republiky a členem asociace evropských výrobců čerpací techniky EUROPUMP. [8]

2 PRŮVODNÍ JEVY PROCESU OBRÁBĚNÍ

Obrábění lze definovat jako technologický proces, při kterém je požadovaný tvar a rozměr součásti utvářen postupným odebráním materiálu z výchozího polotovaru. Materiál může být odebrán mechanickým pochodem, odtavováním částic materiálu nebo chemickým rozpouštěním částic materiálu. Charakteristickým rysem všech metod obrábění je oddělování materiálu ve formě třísek za současného vzniku tepla.

2.1 Řezné kapaliny a jejich význam

Většina energie dodaná do procesu řezání se přemění na teplo, které je z místa řezu odváděno obrobkem, nástrojem, třístou a řezným prostředím. Poměr tepla odvedeného řeznými prostředím můžeme výrazně zvýšit použitím řezných médií, především řezné kapaliny. Řezná kapalina, v dnešní době nazývaná procesní kapalina, má kromě již zmíněného chladicího účinku také mazací účinek, který snižuje vývin tepla a vyplachuje třísky z místa řezu. Zároveň by řezná kapalina měla být provozně stálá a zdravotně nezávadná a chránit materiál před korozí. Požadavky jednotlivých metod obrábění na chladicí a mazací účinek řezného média jsou znázorněny na (Obr.1)



Obr.1 Požadavky na chlazení a mazání z hlediska metod obrábění [1]

Nejběžnějším řezným médiem je řezná kapalina. Dělíme je do dvou skupin na kapaliny s převážně chladicím účinkem tj. chladicí kapaliny a na kapaliny převážně

s mazacím účinkem, tj. řezné oleje. Chladicí kapaliny mají jako základní složku vodu, která dobře vede teplo, její další výhodou je její nízká cena. Jako řezné oleje se používají minerální oleje nebo oleje živočišného a rostlinného původu.

2.1.1 Vodní roztoky

Jsou nejjednodušší řezné kapaliny, ale nejsou příliš vhodné z hlediska aplikace. Jejich základem je voda, která vyžaduje řadu úprav, jako je změkčování, přidávání antikoročních přísad, přísad pro zlepšení smáčivosti a proti pěnovosti. U těchto kapalin vzniká nebezpečí rozmnožování anaerobních bakterií, které způsobují nepříjemný zápach. [1]

2.1.2 Emulzní kapaliny

Jsou složeny ze dvou v sobě vzájemně nerozpustnými kapalinami. Obvykle jsou mikroskopické kapky oleje rozptýleny ve vodě s využitím další složky tzv. emulgátorů. Koncentrace oleje ve vodě se pohybuje v rozmezí 2 až 10%, v závislosti na typu obrábění a materiálu nástroje a obrobku. [6] Emulzní řezné kapaliny mají široké uplatnění, především díky relativně nízké ceně a dobrým užitným vlastnostem. Je to dáno dobrým odvodem tepla pomocí vody a mazacími schopnostmi oleje. Do emulze se také s výhodou přidávají prostředky zabraňující jejímu předčasnému stárnutí a také prostředky ochrany proti korozi. Mezi mastné oleje používané při obrábění patří především řepkový olej, ricinový olej a olej lněný. Oproti olejům minerálním mají lepší smáčivost a tím i lepší odvod tepla, jejich velkou nevýhodou je značný sklon ke stárnutí.

2.1.3 Minerální oleje

Se vyrábějí z ropy. Mají dobrou mazací a horší chladicí schopnost, jejich velkou výhodou je dobrá odolnost proti stárnutí, provozní stálost, proto tvoří základ běžně používaných řezných olejů.

2.1.4 Řezné oleje

Jsou zušlechtěné minerální oleje. Jako přísady se používají mastné látky, které zlepšují mazací schopnost za nízkých tlaků, dále se používají organické sloučeniny na bázi síry fosforu a chlóru, které za vysokých tlaku zabraňují kovovým mikrosvarům na třecích plochách a také se používají pevná maziva jako sgrafit nebo siričák molybdenu, které vytvářejí vrstvu odolnou proti tlakům a zlepšují mazací schopnosti oleje.

2.1.5 Syntetické oleje

Mají lepší chladicí a mazací účinky než oleje minerální, dobrou provozní stálost a ochranný účinek. Nevýhodou je však jejich cena.

Řezná média konzistentní, jako jsou tuky, nebo pevná, převážně prášková maziva jsou při obrábění využívána jen zřídka. Snižují sice tření mezi nástrojem a obrobkem, ale neumožňují intenzivní odvod tepla z místa řezu. Uplatňují se např. při řezání závitů nebo při speciálním obrábění. Chlazení plynem zatím není rozšířeno zejména kvůli komplikovanosti řešení. Vhodně zvolený plyn však může nejen odvádět teplo z místa řezu, ale také svými chemickými účinky také snižovat tření. V současnosti se často využívá jemně rozptýlených kapiček oleje ve vzduchu, tzv. olejové mlhy. [2]

Důležitou vlastností řezných kapalin je její viskozita. Její význam je jak při filtraci řezné kapaliny, tak při její dopravě do místa řezání. Vyšší viskozita značně zpomaluje proces filtrace a zvyšuje energetickou náročnost dopravy kapaliny. Zatímco kinematičká viskozita vody je $0,658 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ při teplotě 40°C , tak se kinematičká viskozita řezných olejů při stejné teplotě běžně pohybuje okolo $30 \text{ mm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

Ekonomické hledisko volby řezné kapaliny je určeno nejen její cenou, ale také její životností a vlivem řezné kapaliny na proces obrábění. Řezné oleje mají oproti emulzím značně vyšší pořizovací náklady, které jsou však částečně kompenzovány větší provozní stálostí a tím pádem i životností. Při jejich užití vzniká v prostoru obráběcího stroje olejová mlha, která jednak zhoršuje pracovní prostředí obsluhy, ale u které může dojít za určitých okolností ke vznícení. I když se bod vzplanutí u většiny řezných olejů pohybuje až kolem 400°C , při obrábění vyššími řeznými rychlostmi a při vylomení břitu nástroje k požáru může dojít. Tomu lze předejít odsáváním olejové mlhy a její následnou filtrací a zároveň je vhodné vybavit obráběcí stroj automatickým hasicím systémem.

V technické praxi se jako řezné kapaliny nejčastěji používá emulzních směsí vody a oleje. Je to především díky poměrně nízké ceně, prodloužení životnosti nástroje a zlepšením kvality obráběného povrchu.

3 EKOLOGICKÉ TRENDY PŘI POUŽÍVÁNÍ ŘEZNÝCH KAPALIN

Tradiční procesní kapaliny na obrábění (tzv. řezné kapaliny) na bázi ropy, často s přísadami sloučenin chlóru, fosforu a síry, je možné z ekologického hlediska kriticky hodnotit. Zvláštní postavení zaujímají emulze. Kromě základového oleje obsahují celou řadu přísad, včetně látek způsobujících ekzémy. V protikladu s kapalinami, které se nemísí s vodou, se většinou musí v pravidelných intervalech vyměňovat. Značné množství kapalin se musí regenerovat a také likvidovat.

Současná světová výroba je charakterizována sílícím mezinárodním ekologickým povědomím, požadavky na ekologii výroby, zpřísnujícími se předpisy a zákony. Pomocné technologické prostředky jsou používány u různých technologií. Z hlediska používaného objemu mají největší význam procesní kapaliny v technologii obrábění. [3]

3.1 Obrábění bez řezných kapalin (tzv. suché obrábění)

Je jednou z možných cest zlepšení ekologie strojírenské výroby. Může však být akceptováno pouze tehdy, pokud jsou zajištěny stejné kvalitativní parametry výroby a stejné výrobní náklady, jako při obrábění s řeznou kapalinou. Základním předpokladem pro suché obrábění je vždy analýza určitého případu obrábění.

Hlavní úlohy řezných kapalin: zmenšení tření mezi nástrojem a obrobkem, zvýšení odvodu tepla, eliminace ovlivnění struktury obrobeného povrchu, eliminace tvorby nárůstku, minimalizace minimální tloušťky odřezávané vrstvy, zajištění optimálních kvalitativních parametrů obrobené plochy. apod. Důležitou funkcí řezných kapalin je odvod třísek z místy řezu, zejména u některých technologií. Při suchém obrábění se redukuje, resp. odpadají tyto funkce řezných kapalin. To může vést k velkému opotřebení nástroje, ale také k pozitivním efektům, např. k odstranění tepelných šoků, a tak k praskání křehkých nástrojů. Vyšší teplota řezání ovlivňuje tvoření třísky. Mohou vznikat nevhodné tvary třísek. Mohou se připojit i další negativní aspekty obrábění.

3.2 Obrábění se sníženým množstvím řezné kapaliny

Má zvláštní význam ve spojitosti s redukcí ekologicky nepříznivých pomocných prostředků ve strojírenské technologii. Značné množství kombinací „obrobek – výrobní metoda“ se nedá realizovat bez řezných kapalin. To platí především pro vrtání,

vystružování a řezání vnitřních závitů, např. u některých legovaných ocelí, slitin hliníku, ale také při frézování hliníkových slitin stopkovými frézami a při vrtání hlubokých děr. U některých technologií je však možná výrazná redukce řezné kapaliny.

Řada technologických operací se neobejde bez použití řezných kapalin v obvyklém množství. Proto jsou vyvíjeny alternativní řezné kapaliny příznivé životnímu prostředí. Řezné kapaliny jsou principiálně složeny ze základových látek, přídavných a doprovodných látek. Základovými látkami jsou přírodní a umělé uhlovodíky, syntetické estery, rostlinné estery, polyglykoly nebo směsi z těchto látek. U vodou ředitelných látek je voda další základní přídavnou složkou. Úkolem přídavných látek (aditiv) je vytvořit svými fyzikálními a chemickými vlastnostmi optimální řeznou kapalinu pro určitý účel. Jde především o přídavné látky působící svým fyzikálním a chemickým účinkem na řezný proces (snižují opotřebení břitů, zvyšující pevnost mazacího filmu, resp. spolupůsobí na tvorbu nových chemických sloučenin na kontaktních plochách nástroje a obrobku apod.).

3.3 Tradiční oleje

Jsou na bázi ropy. Z hlediska ekologického jsou hledány nové základové kapaliny. V současnosti se jeví, jako vhodné prostředky např. estery nebo prostředky na rostlinné a živočišné bázi. Protože základové prostředky vesměs nesplňují požadavky kladené na řezné kapaliny z hlediska účinků na obráběcí proces, představují aditiva z hlediska toxikologického ještě větší nebezpečí než základové prostředky. Vývoj nových řezných kapalin šetrných k životnímu prostředí není tudíž jednoduchou záležitostí, jak z hlediska ekologického, tak z hlediska účinnosti na obráběcí proces. Je však nutné konstatovat, že dnes je na trhu k dispozici značný sortiment těchto alternativních látek.

Jedním z problémů při použití řezných kapalin příznivých životnímu prostředí je jejich znečištění cizími oleji. Hlavně jde o pronikání těchto látek z mazacích okruhů stroje, z hydrauliky, z převodovek a z kluzných vedení. Pronikání těchto látek do řezných kapalin ekologického typu způsobuje jejich znehodnocení z hlediska ekologického, z hlediska jejich účinku na proces obrábění, z hlediska snížení jejich trvanlivosti, zvýšení nákladů na jejich údržbu a likvidaci, a z hlediska zvýšení zdravotního rizika.

Možnost, jak řešit tuto problematiku, poskytují tzv. multifunkční oleje, které plní funkci řezných kapalin, hydraulických olejů, převodových olejů a olejů pro mazání vodících ploch. Je ovšem velmi obtížné realizovat takový produkt, který by spojoval odlišné požadavky na řezné kapaliny, hydrauliku, převody a mazání vodících ploch.

Alternativu tohoto řešení představují kapaliny, které jsou koncipovány na stejné bázi, jejichž viskozita se však liší podle toho, zda jde o oleje hydraulické, převodové, pro mazání vodících ploch nebo oleje řezné. Mohou se přidávat aditiva do řezných kapalin. Výhodou tohoto řešení je společný základ, avšak jejich speciální vlastnosti pro jednotlivé účely použití. Je ovšem zřejmé, že při jejich míšení dochází ke změnám jejich viskozity i vlastností. Požadavkem pro jejich nasazení je proto minimalizace průniku jednotlivých kapalin v rámci obráběcího stroje. [3]

Řezné kapaliny vytvářející méně emisí představují další oblast možné redukce nepříznivých ekologických důsledků řezných kapalin. Při použití řezných kapalin vznikají emise ve formě par a aerosolů. Aerosoly se tvoří při styku řezné kapaliny s rychle se otáčejícím obrobkem nebo nástrojem, při postříkání obrobku, nástroje nebo obráběcího stroje proudem řezné kapaliny nebo kondenzací odpařené kapaliny ve studeném vzduchu, resp. na studeném povrchu. Páry řezných kapalin vznikají při styku řezných kapalin s horkými plochami nástroje, obrobku nebo třísek. Trendem v obrábění jsou rostoucí řezné rychlosti a tudíž odpovídající vzrůst emisí. Byly proto vyvinuty nové produkty méně náchylné na jejich tvorbu. Jako základové oleje jsou vhodné např. modifikované rostlinné estery.

Emulze na bázi ropy mají velmi dobré chladicí, mazací, čisticí a další účinky. Jejich používání je však spojeno s některými problémy, zejména s jejich údržbou a likvidací. Proto je snahou přecházet z emulzí na řezné oleje.

Použití vodou neředitelných řezných kapalin je spojeno s řadou nevýhod, jako jsou vysoké náklady, silná náchylnost na odpařování a tvorbu mlhy, požadavky na uzavření pracovního prostoru, menší chladicí účinek, problémy s likvidací apod.

Při náhradě emulzí oleji jsou vyžadovány oleje s nižší viskozitou pro dosažení chladicího a čisticího účinku. Je požadována malá náchylnost na tvorbu emisí, spolu s vysokou teplotou vzplanutí a vysokou trvanlivostí. Možnost splnit tyto základní požadavky poskytují např. esterové oleje s nízkou viskozitou.

4 FILTRACE ŘEZNÝCH KAPALIN

Filtrace řezné kapaliny je důležitou součástí jejího pracovního cyklu. Hlavním úkolem filtrace je odstranit cizorodé látky, jako například třísky, otěry, popřípadě ztrátový olej. Správnou filtrací můžeme dosáhnout nejenom prodloužení intervalu výměny řezné kapaliny, ale také zmenšit opotřebení nástroje, zlepšit povrch obrobku a eliminovat znečištění oběhového systému stroje. Typ použité filtrace závisí na použité řezné kapalině, filtrovaném množství za časovou jednotku a typu filtrovaných nečistot.

Tab.1 Použití filtrů dle velikosti nečistot

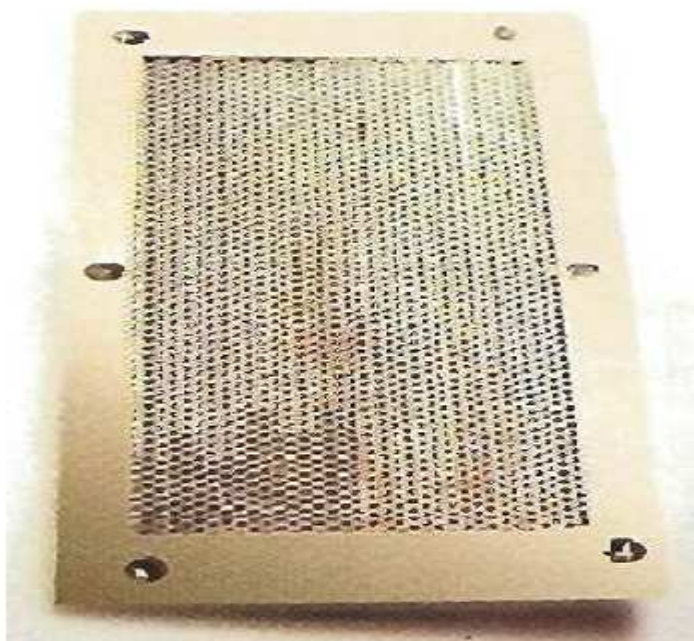
Použitelnost filtrů		Odlučovací komora					
		Cyklony					
			Mokrý filtr				
			Mechanické filtry vlhčené olejem				
			Vláknové filtry hrubé				
				Vláknové filtry jemné			
				Látkový filtr			
				Elektrofiltry			
Velikost příměsí		Viditelné pouhým okem		Mikroskopem	Elektronovým mikroskopem		
	[mm]	1,0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}

Oddělit nečistoty od řezné kapaliny lze buď dlouhodobým usazováním nebo filtrací. Usazování je nejjednodušší způsob čištění řezné kapaliny. Usazování však probíhá nerovnoměrně a pomalu, pro dokonalé usazení je nutný jeden den. [1] Používá se především u menších strojů v kombinaci se sítí pro odstranění hrubých nečistot. Proces usazování je možné vhodně usměrnit rozdělením zásobníku řezné kapaliny. Nevýhodou je komplikované odstranění usazených nečistot. Většího účinku při usazování lze dosáhnout uplatněním odstředivek. Filtrační zařízení lze rozdělit podle fyzikálního principu na

usazovací, mechanické a magnetické, podle konstrukce např. na pásové, bubnové, podle hnací síly filtrace na odstředivé, gravitační, přetlakové. Volba vhodného zařízení závisí na požadované množství přefiltrované kapaliny, na znečištění kapaliny, na požadované velikosti odfiltrovaných částic a na stupni automatizace.

4.1 Mechanické filtry

Princip filtrace je založen na zachycování nečistot porézní vrstvou. Na jemnosti filtru závisí velikost odfiltrovaných částic a také množství kapaliny přefiltrované na jednotku plochy filtru. Pro filtraci hrubých nečistot se používá děrovaná deska (Obr. 2) vyrobená nejčastěji v nerez oceli. Průměr děr se pohybuje z rozmezí 1-3 mm.



Obr. 2 Děrovaná deska

Bubnový filtr (Obr. 3) obvykle filtruje částice od 50 až 250 μm . Velkou předností jsou kompaktní rozměry, naopak nevýhodou je polokontinuální provoz a obtížná manipulace s filtrační přepážkou. Pro správnou funkci je nezbytná pravidelná kontrola. Děj je možno sledovat a řídit pomocí ukazatele rozdílu tlaků před a za filtrem. Filtrační přepážka bývá obvykle vyrobena z netkané textilie nebo speciálního papíru.



Obr. 3 Bubnový filtr

Pásový filtr (Obr. 4) umožňuje filtrovat nečistoty o velikosti od 10 μm . Jako filtrační přepážky se používá papírových nebo textilních filtrů navinutých v rolích, ze kterých jsou při provozu postupně odvíjeny.



Obr. 4 Pásový filtr

Kapalina určená k filtraci je přiváděná na filtrační tkaninu, která je rozvinuta na rošt prostoru v určeného pro filtraci. Filtrovaná kapalina protéká přes tkaninu a zbavuje se nečistot. Pokud je nečistota zachycené na filtrační tkanině snižují postupně její propustnost s tím, že hladina kapaliny na tkanině postupně stoupá. Po zanesení je nutno filtr odvinout ručně nebo automaticky. Automatické řízení samo sleduje výšku hladiny pomocí plováku.

V případě zanesení filtrační tkaniny přes válec se stíracím nožem vytahuje tkaninu, až do okamžiku kdy může kapalina určená k filtraci opět volně odtékat a plovák po snížení hladiny vypne pohonnou jednotku. Filtrační tkaniny pro pásové filtry vyrábí v šířkách 400 až 2040 mm, gramáž se nejčastěji pohybuje od 18 do 70 g/m², délka návinu bývá 100 až 200 metrů.



Obr. 5 Cartridge filter

4.2 Magnetické filtry

Magnetické filtry zaručují odstranění všech kovových nečistot. Při broušení jsou často spojovány s filtry mechanickými, protože nezaručují vyčištění kapaliny od uvolněných zrn brousícího kotouče. Vyrábí se jako průtokové nebo rotační. Především rotační elektromagnetické filtry dosahují velkých výkonů. [1] Magnetický filtr (Obr. 6) se skládá z několika magnetických disků, na kterých se zachycují pevné magnetické nečistoty, obsažené v chladicí kapalině. Provoz tohoto filtru je prakticky bez dalších nákladů na pomocné materiály. Nevýhodou je nemožnost použití pro filtraci nemagnetických nečistot, jako např. neželezných kovů, většiny nerez ocelí a vylomených zrn brusného kotouče. Velikost odfiltrovaných částic je od 100 μm výše, často bývá spojen s pásovým filtrem pro důkladnější filtraci.



Obr. 6 Magnetický filtr

4.3 Odstředivé filtry

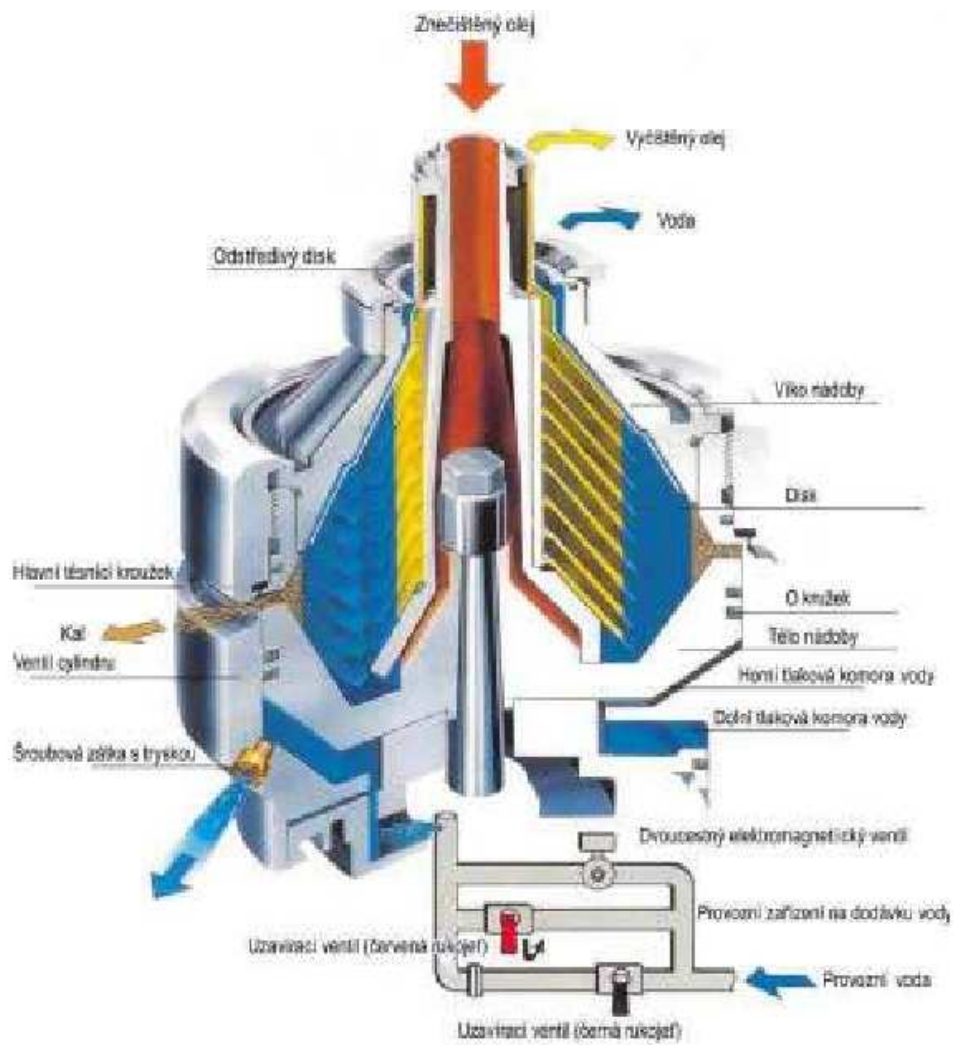
Odstředivé filtry (Obr. 7) využívají pro filtraci řezné kapaliny odstředivé síly. Rychlost procesu filtrace je velká, protože odstředivá síla je větší než gravitační, rychlost závisí na rychlosti otáčení bubnu a jeho průměru. Principiálně mohou být jak usazovací tak filtrační. Často se používají pro dodatečnou separaci řezné kapaliny z třísek. Prostým odtékáním může být vrácena méně než polovina řezné kapaliny ulpěné na šponách, oproti až 90% vrácených pomocí odstředování. Řezná kapalina může být obnovena a vrácena zpět do procesu obrábění přímo, nebo přes filtrační jednotku. Odstředování, filtrace řezných kapalin a přemístění suchých třísek může být dosaženo průběžnou činností systému třískové manipulace, kde ruční práce může často být zcela eliminována.



Obr. 7 Odstředivý filtr

4.4 Separátor olejů z emulzí

Po uplynutí doby životnosti řezné emulze je nutné ji zlikvidovat. I když obsahuje minimálně 90 % vody, je nutno s ní zacházet jako s nebezpečným odpadem. Kvůli obsahu oleje je nutno dát emulzi k likvidaci specializované firmě nebo vhodným způsobem odseparovat složky emulze. Pro oddělování olejů z emulzí se nejčastěji používají talířové odstředivky. V této odstředivce se kapalina rozdělí na vrstvy, a tím dosáhneme účinnějšího oddělování. Emulze se přivádí střední trubkou do dolní části bubnu a otvory v talířích se rozdělují na tenké vrstvy. Těžší kapalina postupuje dolů, hromadí se na obvodu bubnu, odkud se odvádí. Lehčí kapalina zas postupuje nahoru ke středu a odvádí se prstencovým kanálem. Otvory talířů jsou přibližně v místech, kde je rozhraní lehké a těžké frakce.



Obr. 8 Separátor

5 TEORETICKÁ ČÁST VRTÁNÍ

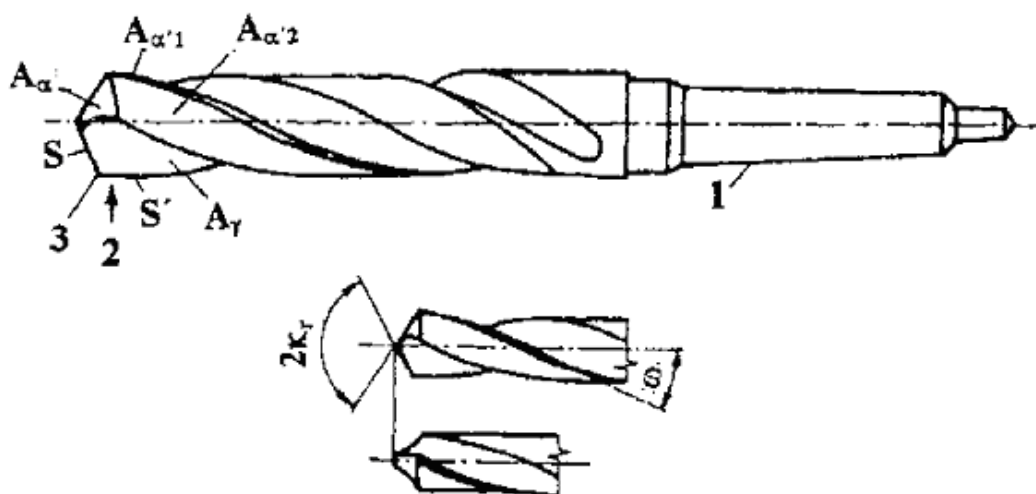
Je zhotovování děr průchozích i neprůchozích do plného materiálu zpravidla dvoubřítým nástrojem. Hlavní řezný pohyb (rotační) vykonává nástroj, vedlejší pohyb (přímočarý ve směru osy otáčení) vykonává taky nástroj. Řezná rychlost je u vrtacích nástrojů největší v obvodě (u středu je nulová). Řeznou rychlostí je obvodová rychlost největšího průměru vrtáku.

5.1 Vrtací nástroje

Vrtací nástroje je možné rozdělit na nástroje pro výrobu krátkých děr a nástroje pro obrábění hlubokých otvorů.

5.1.1 Vrtací nástroje pro vrtání krátkých děr

Pro vrtání krátkých děr se používají různé druhy vrtáků, z nichž jsou dále charakterizovány šroubovitě, kopinaté a frézovací vrtáky. Šroubovitě vrtáky z RO mají tvrdost řezné části 760HV



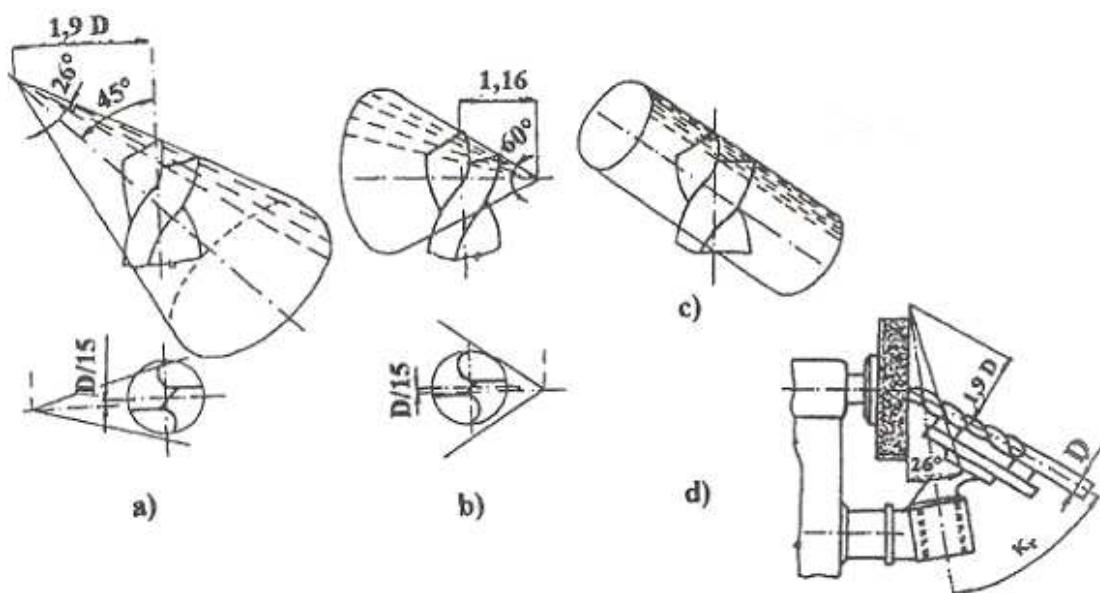
Obr. 9 Ostří a plochy na řezné části šroubovitého vrtáku

1- stopka, 2 –řezná část, 3 – špička, A_λ – čelo, A_α – hlavní ostří, $A_{\alpha 2}$ –druhý vedlejší hřbet, S – ostří,

Do průměru $D=20\text{mm}$ mají válcovou stopku, pro $D=10$ až 100 mm stopku Morse. Vysoce výkonné vrtáky jsou s oceli 19 857 a 19 861. Vrtáky pro běžné použití mají úhel $\omega=27^\circ$. Vrtáky s $\omega=12^\circ$ jsou vhodné pro vrtání tvrdších materiálů, dávajících drobeny třísku(bronz, mosaz, slitiny hořčíku, tvrdá pryž, bakelit, skelný laminát, tvrzený papír,

umakart, novodur, silon. Polystyrén, plexisklo). U nekovových materiálů se doporučuje $\kappa_r = 45^\circ$. Vrtáky s $\kappa_r = 40^\circ$ jsou vhodné pro vrtání měkkých materiálů, dávajících dlouhou třísku (hliník, měď, teflon, měkčený PVC, polyuretan). Vysoce výkonné vrtáky jsou vhodné pro vrtání chromové, austenitické, manganové, korozivzdorné, žáruvzdorné a žárovečné oceli, oceli na odlitky, šedé litiny vysoké tvrdosti, temperované litiny apod. Pro vrtání velmi tvrdých materiálů a také pro vrtání lehkých kovů a mědi se doporučuje $\kappa_r = 70^\circ$. Vrták je ve vrtané díře veden fazetkou. Průměr jádra vrtáku se od špičky ke stopce zvětšuje o 1,4 až 2 mm na 100 mm délky. Průměr vrtáku D se směrem ke stopce zmenšuje o 0,02 až 0,08 mm na 100 mm délky [5].

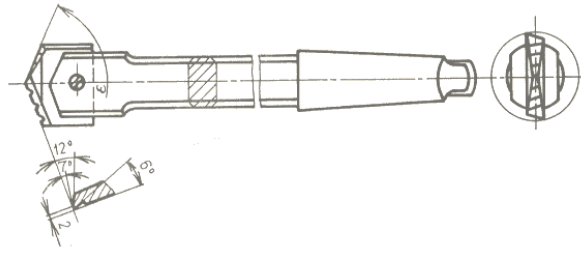
Základní podmínkou pro vrtací proces je správné, zpravidla strojní ostření (Obr. 10) šroubovitého vrtáku, které se provádí podbroušením hřbetu.



Obr. 10 Způsoby ostření šroubovitého vrtáku
a) kuželová plocha, osa kužele je mimoběžná s osou vrtáku b) kuželová plocha, osa kužele je kolmá na osu vrtáku c) válcová plocha, osa válce je skloněná k ose vrtáku
d) šroubová plocha

Kopinaté vrtáky

Je nejjednodušší druh vrtacích nástrojů. Řezná část je tvořena dvěma hlavními břity (Obr.11) a příčným ostřím. Čím je vrtaný materiál tvrdší, tím se volí úhel mezi hlavními ostřím větší. Vyměnitelné břitové destičky jsou z RO nebo SK. Nevýhodou těchto vrtáků je špatný odvod třísek, který se dá zlepšit přívodem dostatečného množství chladicí kapaliny, pro vrtání krátkých děr větších průměrů.



Obr. 11 Kopinatý vrták

Vrtací nástroje pro vrtání hlubokých děr

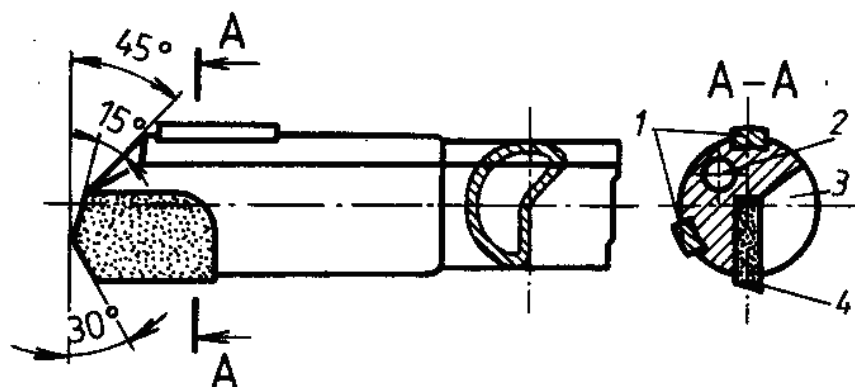
Pro vrtání hlubokých děr jsou vyvinuty speciální metody a nástroje, které zaručují plynulý vrtací proces bez zpětného vyjíždění a vyprazdňování třísek. Příslušné vrtací stroje jsou vybaveny přívodem tlakové řezné kapaliny až k ostří nástroje. Tlak a množství řezné kapaliny se volí v závislosti na vrtaném průměru. [4]

Podle způsobu, jakým je kapalina přiváděna k ostří se rozlišují nástroje s vnitřním, vnějším a kombinovaným přívodem kapaliny.

Typické nástroje pro vrtání hlubokých děr jsou hlavňové vrtáky, korunové trepanační hlavy a nástroje BTA.

Hlavňové vrtáky

K vrtání hlubokých děr (v délce několik desítek až stovek průměrů vrtáků, aniž by došlo k vybočení). Tělo i ostří konstruované pro co nejlepší vedení v díře. Obvykle koná jen posuvný pohyb (rotační koná obrobek). Před vrtáním je nutné částečně vyvrtat díru šroubovým vrtákem, aby byl dělový vrták dobře veden.

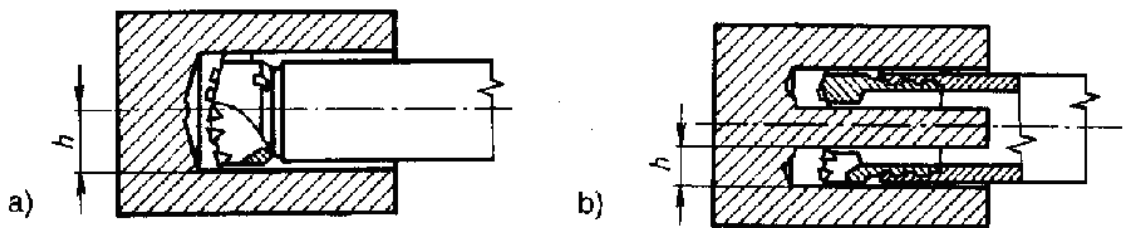


Obr.12 Dělový vrták s připájenou břitovou destičkou a vodícími lištami ze slinutého karbidu 1 – vodící lišty, 2 – přívod chladicí kapaliny, 3 – drážka pro odvod třísky, 4 – břitová destička

Řezná část z RO nebo SK. Držák tvořen trubkou (menší jak vrtaná díra), kterou je přiváděna chladicí kapalina, která vyplavuje třísky prostorem kolem trubky.

Korunové trepanační hlavy

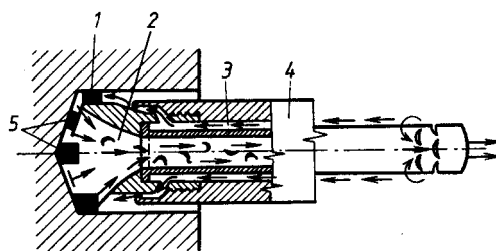
Se používají v širokém rozmezí průměru –30 až 500mm. Jedná se o několikabřité vrtací nástroje, u nichž je řezná kapalina přiváděna k místu řezu vnitřkem nástroje a odchází spolu s třískami vnitřkem nástroje mezi jednotlivými břitů ven z otvoru. Protože prostor pro odvod třísek je velmi omezen, je nutno věnovat velkou pozornost pečlivému rozdělení a tvarování třísek.



Obr.13 Vrtání vrtací hlavicí a) do plna, b) na jádro trepanačním (korunovým) vrtákem
(h - šířka řezu)

Nástroje BTA (Bohring and Trepanning Association)

Umožňují nejproduktivnější vrtání hlubokých děr. Vrtat lze do plného materiálu, na jádro, nebo zvětšovat předvrtanou díru.



Obr. 14. Vrtání metodou BTA s vnějším přívodem chladicí kapaliny
1 – vodítka, 2 – odvod třísek, 3 – chladicí kapalina, 4 – těleso, 5 – břitové destičky

Vrtací hlava do plna

Je používána pro výrobu hlubokých otvorů v rozsahu průměrů 20 až 60 mm. U menších průměrů jsou řezné i vodící plátky připájeny přímo do vrtací trubky, u větších průměrů je vrtací hlava přišroubována zpravidla plochým závitem k vrtací trubce. Protože šířka třísky vytvořená řezným plátkem je z hlediska jejího odplavování z místa řezu příliš

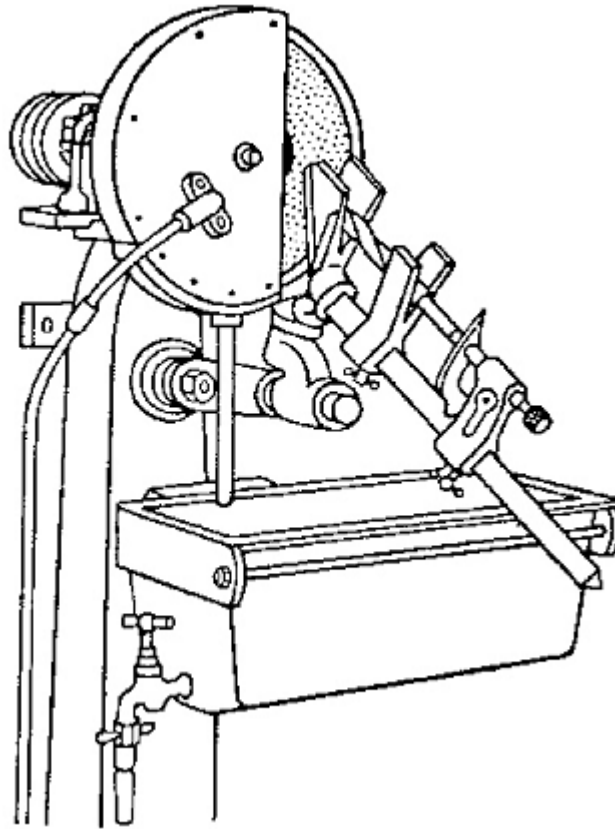
velká, je hlavní ostří provedeno odstupňované, aby došlo k rozdělení na menší celky viz (Obr. 13a).

Vrtací hlava na jádro

Je používána pro vrtání děr průměru 60 až 200mm. řezný plátek odebírá pouze mezikruží materiálu, takže uprostřed zůstává „jádro“. Tento způsob je výhodný zejména z energetického hlediska. Vyžaduje však zajištění dobrého dělení třísek. viz.(Obr 13 b)

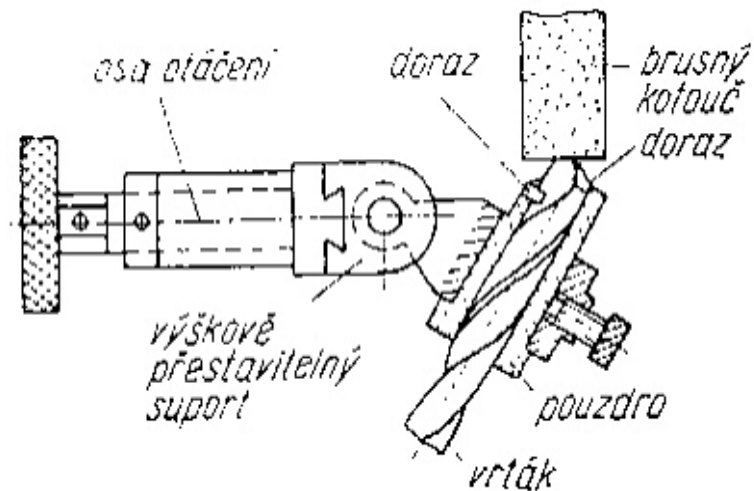
5.2 Ostření vrtáků, ostříčky a pomůcky ke kontrole naostřených vrtáků

O výkonu nástrojů na díry rozhoduje jakost břítu. Protože břity jsou při vrtání, zahlubování, vystružování a závitování vystaveny opotřebení, je nutné obnovovat jejich řezivost novým naostřením. Od běžných způsobů ostření se odlišuje zejména ostření šroubovitých vrtáků. Hlavní metodou ostření vrtáků je podbrušování hřbetních ploch hlavních břitů kuželovými plochami. Ostří se tak, že držák s vrtákem upnutým v čelistech se vzhledem k ložisku vykloní a pákou se natočí kolem osy kužele, jeho povrchová plocha vytvoří odvalením po čelní ploše brusného kotouče hřbetní plochu břítu. Ložisko, v němž se držák vrtáku otáčí, lze ustavit do různého úhlu vzhledem k čelní ploše brusného kotouče, a tím se mění úhel hrotu vrtáku. Sklon držáku vzhledem k ložisku je neměnný. Podle průměru vrtáku se však mění poloha osy kužele vzhledem k ose vrtáku. Ložisko brusného kotouče je upraveno tak, že při vykyvování vrtáku se brusný kotouč posouvá podél broušené plochy. Účelem toho je zajistit rovnoměrné opotřebení brusného kotouče a u větších vrtáků při úzké čelní ploše brusného kotouče obsáhnout celou délku břítu. [5]

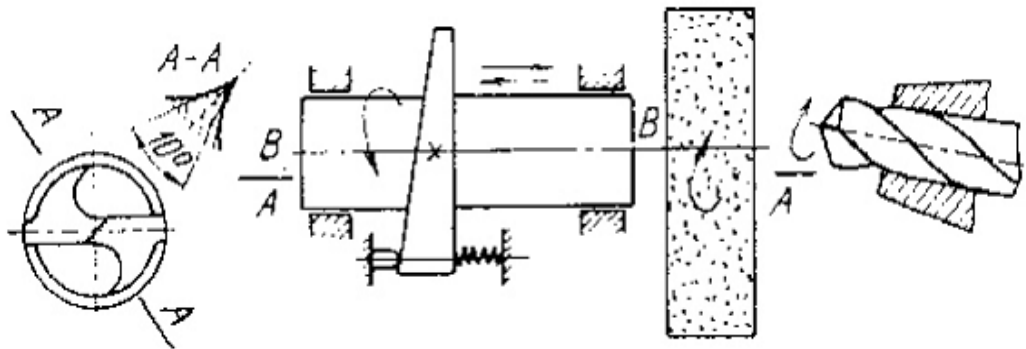


Obr. 15. Příkladná pomůcka k ostření vrtáku na dvoukotoučové brusce

Vrtáky do průměru 13 mm se ostří podle (Obr.16) na malé ostříčce tak, že hřbetní plochy hlavních břitů jsou vytvořeny válcem. Často používané jsou i ostříčky podle (Obr.17) Vrták se otáčí v závislosti na pohybech brusného kotouče, na jehož čelní ploše se lišty vrtáku ostří. Planetovým pohybem brusného kotouče, spojeným s podélným osovým pohybem řízeným vačkou, vytvoří se dutý výbrus hřbetní plochy u příčného břitu, sníží se podstatně vrcholový úhel příčného břitu a s ním i osové tlaky při vrtání.

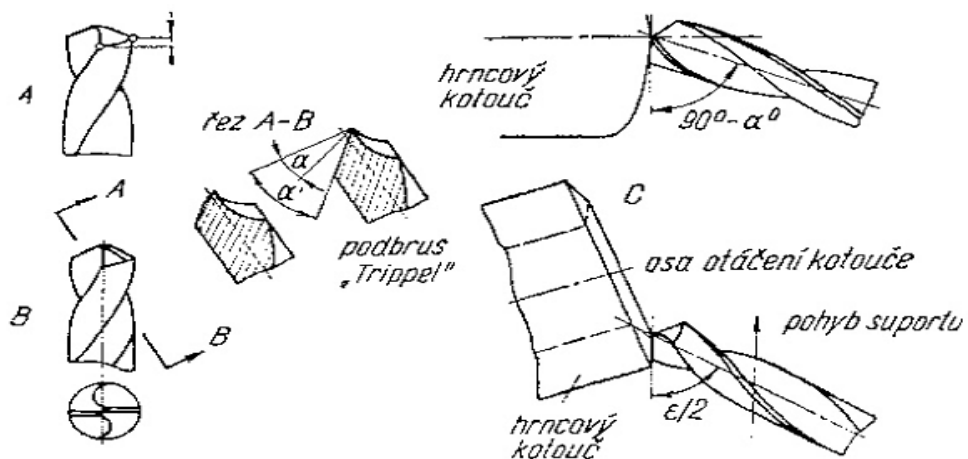


Obr. 16 Uložení vrtáku při podbrušování hřbetu válcovou plochou



Obr. 17 Kinematické schéma ostříčky na šroubovité vrtáky

Z kinematických důvodů je otáčivý pohyb hlavice k upnutí vrtáku mechanický. K občasnému ostření vrtáku se používá přídatných pomůcek k dvou kotoučovým stolním bruskám (Obr.17). Pomůcka podle (Obr.15) je k ostření metodou Washburneovou. Vrták se natáčí kolem čepu v ose kužele s vrcholem nad hrotem vrtáku



Obr. 18 Druhy podbrusu šroubovitých vrtáku: A- plochý, B- kuželový a lomený, C-hrncovým kotoučem

5.3 Trvanlivost bříty nástroje

Doba trvání řezného procesu, která koresponduje s provozuschopným stavem bříty se označuje jako trvanlivost. Je to doba, po kterou je nástroj schopen efektivně plnit požadované funkce, které jsou identifikovatelné příslušnými parametry. Trvanlivost nástroje je tedy určena intervalem mezi nasazením nástroje do řezného procesu a vznikem poruchy, kterou končí provozuschopný stav nástroje. [7]

Poruchy nástroje lze třídit z různých hledisek, přičemž z technologického hlediska se rozliší poruch postupná (postupná změna jednoho nebo více parametrů – např. opotřeben

nástroje) a náhlá (prudká změna jednoho nebo více parametrů – např. vylomení břitu, celková destrukce nástroje). Postupná porucha může být v závislosti na čase predikována, zatímco predikce náhlé poruchy je prakticky nemožná.

Jako kritérium vzniku poruchy resp. ukončení provozuschopného stavu nástroje se mohou diagnostikovat parametry opotřebení břitu, drsnost povrchu obrobené plochy, úchylnost rozměru obrobené plochy, velikost řezné síly a pod. V technologické praxi se velmi často trvanlivost vztahuje ke kritériu opotřebení břitu nástroje.

Z hlediska teorie spolehlivosti se řezný nástroj posuzuje jako neobnovovaný objekt, kdy po vzniku poruchy se neobnovuje jeho provozuschopný stav (vyměnitelná břitová destička s jedním břitem) nebo jako obnovovaný objekt, kdy po vzniku poruchy se provozuschopný stav obnovuje (šroubovitý vrták – přestřžení). U neobnovovaných nástrojů je trvanlivost identická s životností a koresponduje s dobou do poruchy. Pro obnovované nástroje koresponduje trvanlivost s dobou mezi poruchami a životnost s dobou technického života, která je dána součtem trvanlivosti za celou dobu používání.

5.3.1 Trvanlivost a životnost břitu nástroje

Se nejčastěji vyjadřuje jako čas řezného procesu [min] nebo jako dráha řezu [m,km]. Pro vrtání, vyhrubování a vystružování děr se trvanlivost nástroje často vyjadřuje jako délka obrobené díry [m,km].

V hromadné automatizované výrobě je vhodné určit trvanlivost břitu s ohledem na přeseřizování v počtech kusů obrobených součástí určitého typu.

5.3.2 Trvanlivost břitu T

Je obecně závislá na řezných podmínkách. Závislost trvanlivosti na řezné rychlosti se pro jinak konstantní podmínky popisuje jednoduchým Taylorovým vztahem ve tvaru.

$$T = f(v_c) = C_T * v_c^{-m} \text{ [min]}$$

C_T – konstanta [-]

m – exponent [-]

v_c – řezná rychlost [m.min⁻¹]

Konstanta C_T závisí především na materiálu obrobku a nástroje a nabývá hodnot 10^8 a 10^{12}

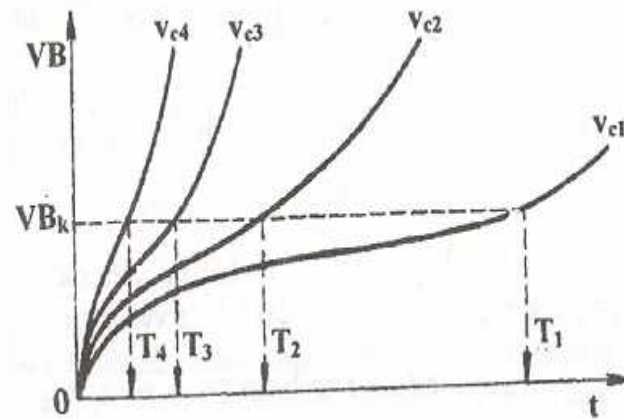
Velikost exponentu m charakterizuje především vlastnosti řezného nástroje:

nástrojové oceli $m = 10 - 8$

rychlořezné oceli $m = 8 - 5$

slinuté karbidy $m = 5 - 2,5$

řezná keramika $m = 2,5 - 1,5$



Obr. 19 Stanovení trvanlivosti břítu T_1, T_2, T_3, T_4 v závislosti na řezných rychlostech vc_1, vc_2, vc_3, vc_4 , pro kritické opotřebení břítu VB_k

6 HLINÍK A SLITINY HLINÍKU

Technický hliník je znečištěn železem, křemíkem, mědí a zinkem. Stupeň čistoty obsahu čistého hliníku je dán značkami Al 99,5, Al 99 a Al 98/99. Nejčistší hliník má po vyžhání pevnost v tahu 7 až 8 kg/mm²; železo a křemík pevnost zvětšují.

Při teplotách mezi 250 a 350°C se vylučuje volný křemík, čímž se zmenšují pevnost a tažnost.

Nejpříznivější í pevností vlastnosti v měkce žíhaném stavu získáme, jestliže hliník po co největším tváření za studna (po 70 procentní až 90 procentní redukci průřezu) měkce vyžháme při 360 až 400 ° C. Abychom dosáhli největší chemické odolnosti, žháme jej při 450 až 500 °C. Materiál má teplotním rozmezím 250 až 350 °C projít co nejrychleji; protože výhodné žhat jej v olovené nebo dusičnanové lázni. Zvláštní přednost hliníku jsou jeho malá měrná váha, velká odolnost proti vlivům atmosféry a mnohým chemickým látkám, jakož i velká tepelná a elektrická vodivost. Jeho použití je omezeno malou pevností. Hliník a slitiny hliníku nesmějí být bezprostředně spojovány s těžkými kovy, jako je měď a mosaz. Pro značná negativní elektrolytický potenciál v napětí kovů jsou při přímém spojení s elektroaktivními kovy vystaveny značné místní korosi.

Slitiny hliníku byly většinou vytvořeny jako slitiny na odlévání a tváření. Nejhlavnějšími legujícími prvky jsou měď, křemík, hliník, hořčík, zinek, nikl, mangan, titan, antimon. Hliníkokřemíkové slévárenské slitiny jsou zjemňovány přidáním zvláštních solí. Slitiny hliníku s mědí a hořčíkem, hliníku s mědí a niklem, hliníku s mědí a hliníku s hořčíkem a křemíkem je možno vytvrzovat, čímž se podstatně zvětšuje pevnost bez újmy houževnatosti. Vytvrzuje se ohřátím na teplotu, která je pro každou slitinu přesně předepsána (asi 500° C), zakalením do vody a stárnutím. Stárnutí probíhá u mnohých slitin např. u slitiny Al – Cu - Mg při teplotě okolí, u jiných slitin, např. u slitiny Al – Mg – Si, při 100 až 200°C. Hliníkové slitiny obsahují měď jsou málo odolné proti korosi.

Slitiny hliníku se dají svařovat a pájet s použitím zvláštních tavidel, která se pak musí pro nebezpečí korose pečlivě odstranit. Při sváření plamenem se pevnost a odolnost proti korosi vytvrzených nebo mechanicky zpevněných slitin zmenšují, proto

je výhodnější nýtování. Provozní teplota vytvrzených slitin je nižší než 120° C. Až do teploty -80° C jsou pevnostní vlastnosti dobré. Slitiny se žhají na měkko při 360° C až 400°C. Jejich povrch chráníme lakováním, stříkáním, plátováním čistým hliníkem, oxidací elektrolytickým eloxováním.

7 NAVRHNUTÁ METODA POSUZOVÁNÍ PROCESNÍCH KAPALIN PŘI OPRACOVÁNÍ HLINÍKU

Obrobení materiálu pomocí vrtného nástroje. Materiál (hliníkové slitiny) je položen na digitální váhu. Pomocí sloupové vrtačky s konstantním posuvem jsou do materiálu vyvrtány otvory. Celý vrtný proces je doprovázen řeznými kapalinami. Následně se provede řez a vyhodnocení.

Z vzniklých kusů, získaných při vzniku řezu materiálu, se vybrousí vzorek obsahující vrtný otvor v řezu. Následně se obrousí nerovnosti na řezu vzorku, vzniklým řezným nástrojem, rovnoběžným na samotný vrt. Postupným opracováváním nerovností na řezu se dosáhne dokonale ostrá hrana, která by měla být rovnoběžná s vrtem. Opracované vzorky se následně vyhodnotí např. na vysokovakuovém mikroskopu. Porovnáním ploch vzorků by se mělo docílit výsledků.

Vytvoření příčného a podélného řezu. Příčný i podélný řez se opracuje pomocí jemného brusného papíru, který je chlazený vodou. Po ukončení broušení se vzorky vyleští pomocí leštící pasty a alkoholu. Na příčném i podélném řezu se naměří mikrotvrdost pomocí Vickerse.

7.1 Realizace metody

Jedna z metod pro zjištění obrobitelnosti hliníkových slitin pomocí řezných kapalin je metoda vrtná. Jako zkušební materiál sloužila příruba, zhotoveny z hliníkových slitin.



Obr.20 Příruba

7.2 Provedení metody

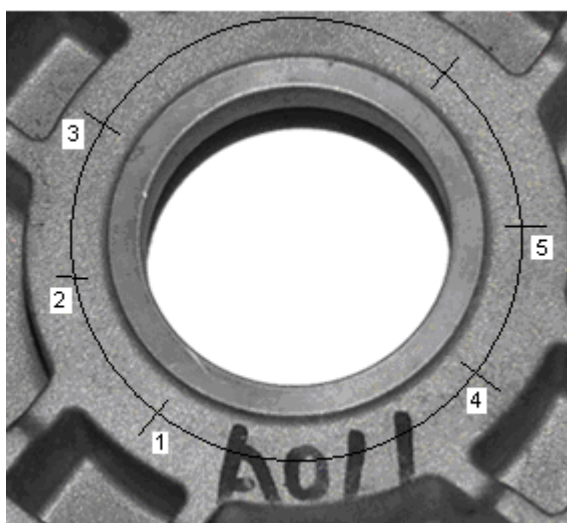
Zkušební materiál byl před vlastním měřením zbaven nečistot (alkoholem, vodou) a usušen pod proudem vzduchu. Jako vrtné a chladicí kapaliny se použily 15% koncentráty emulzních olejů, vrtná pasta a petrolej.

- Řezná a chladicí kapalina 1. výrobce .
- Řezná a chladicí kapalina 2. výrobce.
- Petrolej.
- Vrtná pasta 3. výrobce.

Místa pro provedení vrtů se hledaly podle tloušťky materiálu. Cílem byla minimální tloušťka 25[mm]. Po vybrání vhodných míst pro vrty, se místa číselně označila. Číselné označení je provedeno podle označení chemikálií.

Tab. 2 Označení chemikálií

Chemikálie	Označení
Řezná a chladicí kapalina 1. výrobce	1
Řezná a chladicí kapalina 2. výrobce	2
Petrolej	3
Vrtná pasta 3. výrobce	4
Suchý vrt	5



Obr. 21 Označení míst pro vrty

Na obrázku jsou znázorněny místa pro vrty a řezy. Po provedení metody se provede řez. Následně se vizuálně vyhodnotí.

Vrty se prováděly na univerzální frézka s digitálním odměřováním FHV-50 PD. Posuv byl nastaven na 0,18 mm a otáčky na 560ot.min^{-1} . K měření tlaku vrtáku působící na hlavu se použila digitální váha, měřící s přesností na 0,1 kg.

7.3 Vrtací nástroj

Pro vrtání je zvolen vrták Ø16mm, který se používá i při vrtání finální součásti.

Vrták pro vrtání nelegované i legované oceli, ocelolitiny do pevnosti 900 MPa, šedé, temperované i tvárné litiny, spékané oceli, hliníkových slitin s krátkou třískou, bronzu, houževnaté mosazi.	DIN 345 RN Vrták do kovu s kuželovou stopkou. Materiál Kobalt
---	---



Obr. 22 Vrták použitý v našem podniku

7.4 Univerzální frézka s digitálním odměřováním FHV-50 PD

Vrtání bylo prováděno na digitální universální frézce s odměřováním FHV-50 PD. Univerzální frézka se používá pro obrábění kovových i nekovových dílců. Stroj je určen pro všechny důležité funkce vrtání a frézování: vertikální, horizontální, ale i úhlové. Posuv je řízený ručně nebo strojně. Frézku lze využít v nástrojařských dílnách, údržbách, malých a středních výrobních provozech. Univerzální frézky FHV-50PD jsou střední typovou řadou nástrojařských frézek. Stojan s podstavcem slouží jako vedení konzoly. Na zadní straně stojanu je hnací mechanismus horizontálního vřetene. Příčný a podélný stůl je umístěn na svisle se pohybující konzole. Úhlově nastavitelný vřeteník s valivě uloženým vřetenem je připevněn k ramenu, které je v prizmatickém vedení na sloupu stroje.



Obr. 23 Univerzální frézka s digitálním odměřováním FHV-50 PD

Při vlastním měření byly snímány tři veličiny

- Teplota vrtáku [$^{\circ}\text{C}$]
- Elektrický proud na vrtačce [A]
- Síla na vrták [N]

7.5 Postup měření

Zkušební materiál se umístil na digitální váhu. Mírný tlak způsobil aktivaci váhy a kalibrační proces. Pro měření elektrického proudu byl použit Ampérmetr, který se připevnil na kabely sloupové vrtačky. Snímání teploty se uskutečnilo pomocí pyrometru.

Před zahájením činnosti se sejmula teplota na vrtáku, změřil se elektrický proud před zatížením a při zahájení vlastního vrtání i elektrický proud při zatížení vrtáku. Celou dobu

se vstříkuje emulze na vrták. Během doby se měří zatížení vrtáku. Při skončení vrtání se sejme opět teplota vrtáku.

7.6 Výsledky měření

Chemikálie	Teplota vrtáku před [°C] po [°C]	El. proud před [A] při [A]	Zatížení vrtáku [N]	Otáčky [min-1]	Vrták průměr:[mm] mat. vrtáku
Řezná chladící kapalina 1. výrobce	18 25	2,72 2,77	596	560	9,8 kobalt
Řezná chladící kapalina 2. výrobce	18 22	2,72 2,75	576	560	9,8 kobalt
Petrolej	18 39	2,72 2,78	726	560	9,8 kobalt
Vrtná pasta 3. výrobce	21 43	2,72 2,78	746	560	9,8 kobalt
Suchý vrt	21 44	2,72 2,79	770	560	9,8 kobalt

Z uvedené tabulky je patrné že procesní kapalina 2 výrobce vykazovala lepší vlastnosti při procesu vrtání.

Vzorky se dále hodnotily na vysokovakuovém mikroskopu a provedla se zkouška mikrotvrdomosti.

Vizuální zkouška probíhala pomocí lupy. Na vrtech, které byly obrobené kapalinou od druhého výrobce vykazovaly menší stopy po porušení povrchu vrtákem.

7.7 Vyhodnocení vybraných vzorků, obrobené pomocí vrtné metody

Vybrané vzorky byly obrobené pomocí vrtné metody řeznými kapalinami:

1. Řezná a chladicí kapalina 2. výrobce
2. Řezná a chladicí kapalina 1. výrobce



Obr. 24 Hodnocené vzorky

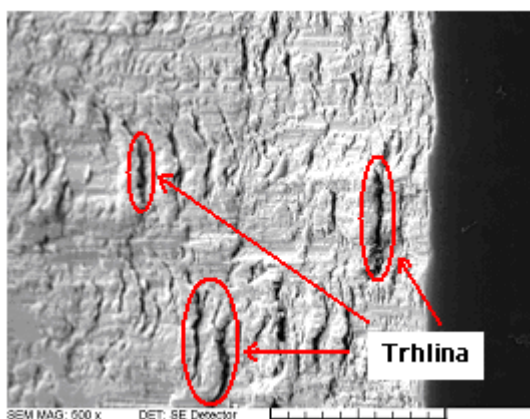
Vzorky byly pomocí úhlové brusky odebrány z příruby. Následně se očistily pomocí alkoholu a nechaly se osušit pod proudem teplého vzduchu. U zkušebních vzorků se pomocí brusných papírů (od hrubého až po jemný) a ochlazováním vodou obrušovala hrana, která vznikla řezem jednotlivých děr. Opracovaný materiál se vyleštil pomocí leštící pasty s hrubostí 0,7 μm a alkoholu.

Na základě navržené metody byly zpracovány vzorky (Obr. 24). Při broušení mohlo dojít k malé nepřesnosti spočívající v nerovnoběžnosti broušen hrany se samotný vrtem. Dále mohlo dojít k zbroušení vrtných stop vrtáku v důsledku měkkého materiálu a tlaku při broušení. Zpracované vzorky se vyhodnotily pomocí vysokovakuového mikroskopu.

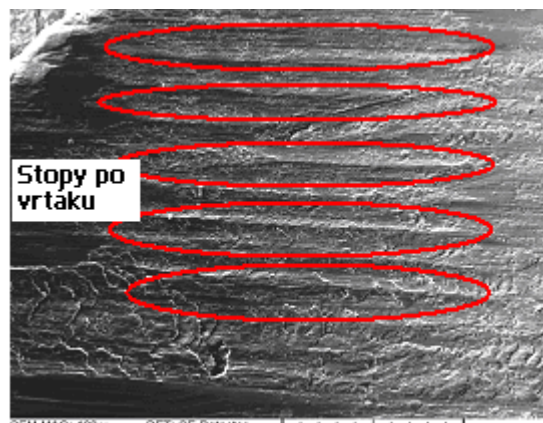
8 HODNOCENÍ POMOCÍ VYSOKOVAKUOVÉHO MIKROSKOPU

Vzorky byly hodnoceny na vysokovakuumovém mikroskopu od společnosti Tescan typu Vega TS 5130SB. Mikroskop pracuje na principu wolframové žhavicí katody ve vakuu, rychlost čerpání komory je 3 min. Nažhavená katoda vysílá paprsky, které se odrážejí od těles uvnitř komory a následně jsou zpracovávány. Proud ve stopě je $1 \mu\text{A}$ až $2 \mu\text{A}$. Urychlovací napětí je $1 \mu\text{A}$ až $2 \mu\text{A}$ a rychlost rastrování od 200 ns do 10 ms.

8.1 Vzorek opracovaný kapalinou od 1. výrobce



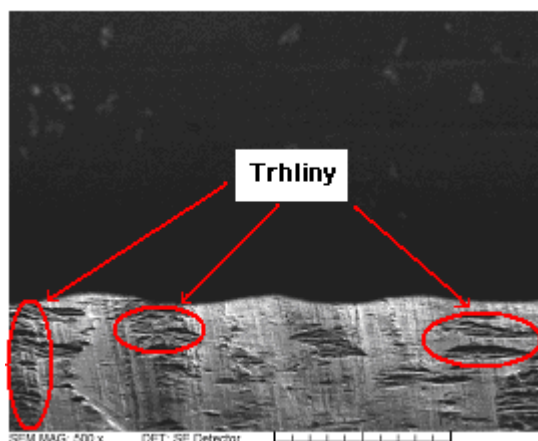
Obr. 25 Hrana



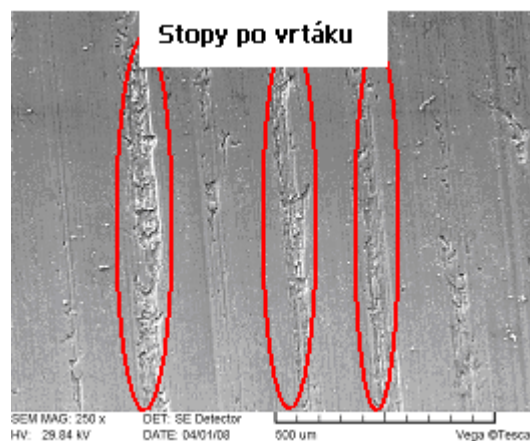
Obr.26 Plocha

Na obrázku Hrana (Obr.25) jsou viditelné vady. Jsou zde patrné trhliny, je již možné příčiny vzniku mohou být právě vady povrchu, rychlost a kvalita vrtného nástroje, ale i kvalita vtrné a chladicí kapaliny.

8.2 Vzorek opracovaný kapalinou od 2. výrobce



Obr.27 Hrana



Obr. 28 Plocha

Na snímku Hrana (Obr.27) pozorujeme vady, které mohly vzniknout odléváním, dále jsou viditelné trhliny jejichž výskyt mohl být zapříčiněn vrtným nástrojem, ale i procesní kapalinou.

8.3 Vyhodnocení vrтанých ploch

Oba vzorky byly opracované a vyhodnocené stejnou metodou. Vybrané vzorky můžeme vyhodnotit ze dvou hledisek:

- Podle hrany.
- Podle plochy.

8.3.1 Vyhodnocení podle hrany

Při pohledu na hrany vzorků, které byly obrobny různými kapalinami je patrné, že jsou rozdílné. Na materiálu obrobny kapalinou od 2. výrobce (Obr.27) je méně trhlín, než na vzorku, který byl obrobny kapalinou od 1. výrobce (Obr.25). Při porovnání obrobitelnosti podle hrany má kapalina od 2. výrobce příznivější výsledky.

8.3.2 Vyhodnocení podle plochy

Plochy obou vzorků jsou opět rozdílné. Na vzorku obrobny kapalinou od 2. výrobce jsou ve srovnání se vzorkem obrobny kapalinou od 1. výrobce menší povrchové vady. Při porovnání obrobitelnosti podle plochy má kapalina od 2. výrobce opět příznivější výsledky.

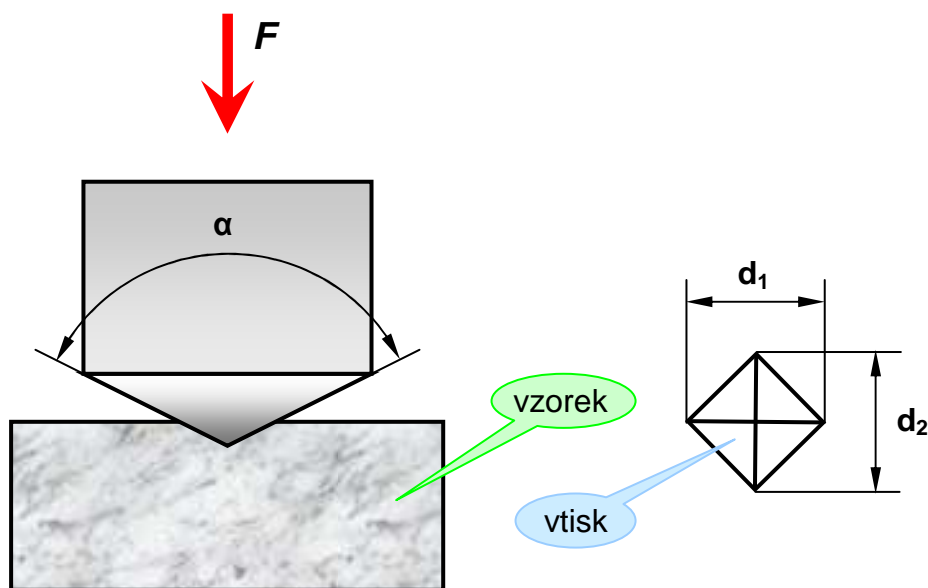
9 HODNOCENÍ VZORKŮ NA ZÁKLADĚ ZKOUŠKY MIKROTVRDOSTI.

9.1 Podstata zkoušky podle Vickerse

Vickersova zkouška je založena na vtisku tvořící diamantový pravidelný čtyřboký jehlan s vrcholovým úhlem 136° , který je do zkušebního tělesa vlačován zkušebním zatížením (Tab. 3) působícím v kolmém směru stanovenou dobu. Po odlehčení se změří úhlopříčky vtisku (Obr. 29). Tvrdost podle Vickerse je vyjádřena jako poměr zkušebního zatížení k ploše povrchu vtisku.

Tab. 3: Druhy měření tvrdosti podle Vickerse

Označení	Symbol tvrdosti	Zkušební zatížení F [N]	Zkušební metoda
Zkouška tvrdosti podle Vickerse	HV 5 ÷ HV 100	49,03 ÷ 980,7	ČSN EN ISO 6507/1
Zkouška tvrdosti podle Vickerse při nízkém zatížení	HV 0,2 ÷ < HV 5	1,961 ÷ < 49,07	ČSN EN ISO 6507/2



Obr. 29 Schéma měření tvrdosti podle Vickerse

Tvrдость se vypočítá podle vzorce:

$$HV = 0,102 \cdot \frac{2 \cdot F \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{d^2} = 0,1891 \cdot \frac{F}{d^2} \quad [\text{MPa}].$$

HV... tvrdost podle Vickerse

F... zkušební zatížení v [N]

α ... vrcholový úhel vnikacího tělesa (jehlanu); $\alpha = 136^\circ$

d... úhlopříčka vtisku v [mm]; $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$

konstanta... $0,102 = \frac{1}{g} = \frac{1}{9,807}$

9.2 Příprava vzorků

Zkouška se prováděla na příčném a podélném řezu materiálů. Před zahájením vlastní zkoušky se udělal na obou vzorcích příčný a podélný řez. Místo řezu se upravilo pomocí brusného papíru (od hrubého, po jemný) a vyleštilo s pomocí leštící pasty a alkoholu. Následně se vzorky nechaly usušit pod proudem teplého vzduchu.

9.3 Postup při provádění mikrotvrdomosti

Na každém vzorku se prováděla mikrotvrdomost na místech, které byly od sebe stejně vzdálené. V podélném směru se provedly vždy tři vpichy v každé rovině na sebe kolmé, vzdálené od sebe 4 mm a 0,3 mm. V příčném směru se prováděly tři vpichy v jedné rovině, vzdálené od sebe 0,3 mm.

9.4 Výsledky mikrotvrdomosti

Metoda se prováděla podle Vickerse. Vtisk má jehlanovitý tvar, u něhož se měří úhlopříčky podstavy, z níž se udělá průměr. Síla vtisku byla 5 [N].



Obr. 30 Tvrdoměr

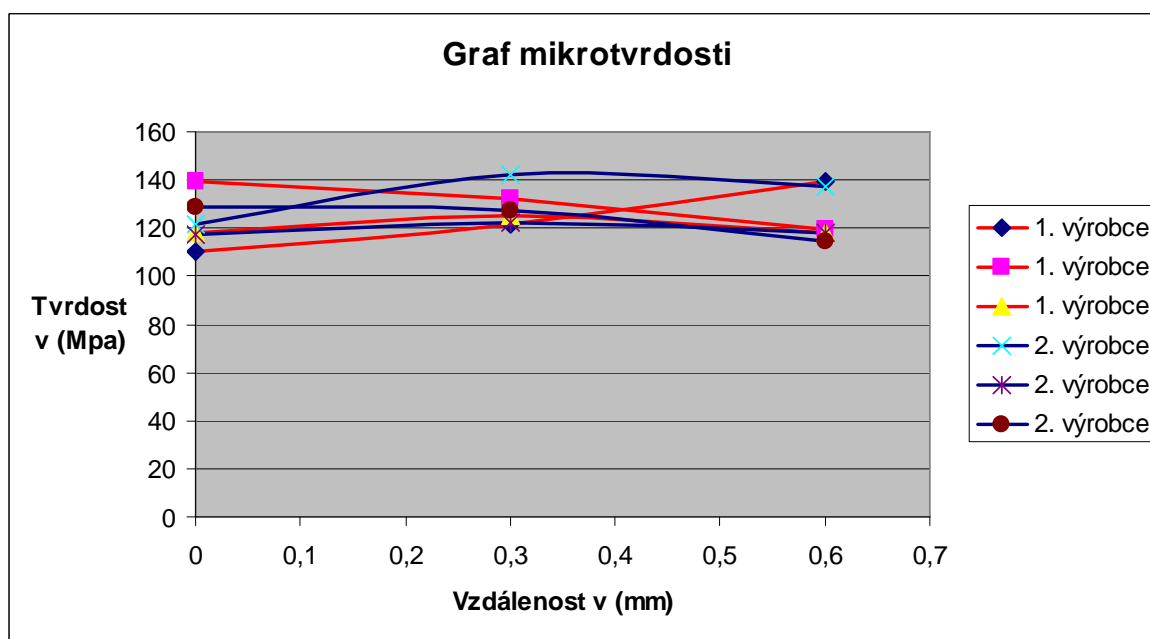
9.4.1 Podélné řezy

Tab. 4 Tvrdost vzorku v podélném řezu

Řezná a chladicí kapalina 1. výrobce			
Vtisk podél osy v [mm]	Vtisk kolmo na osu v [mm]		
	0	0,3	0,6
0	109,2 [MPa]	122,0 [MPa]	138,9 [MPa]
4	129,6 [MPa]	132,7 [MPa]	119,2 [MPa]
8	118,5 [MPa]	124,9 [MPa]	117,9 [MPa]

Tab. 5 Tvrdost vzorku v podélném řezu

Řezná a chladicí kapalina 2. výrobce			
Vtisk podél osy v [mm]	Vtisk kolmo na osu v [mm]		
	0	0,3	0,6
0	120,0 [MPa]	132 [MPa]	139,5 [MPa]
4	120,0 [MPa]	124,3 [MPa]	118,8 [MPa]
8	127,3 [MPa]	125,5 [MPa]	113,4 [MPa]



Z grafu mikrotvrdosti obou vzorků nejsou patrné velké rozdíly mezi vzorkem obrobeným kapalinou od 1. a 2. výrobce. Z grafu je zřejmé, že tvrdost se vyrovnává u obou vzorků.

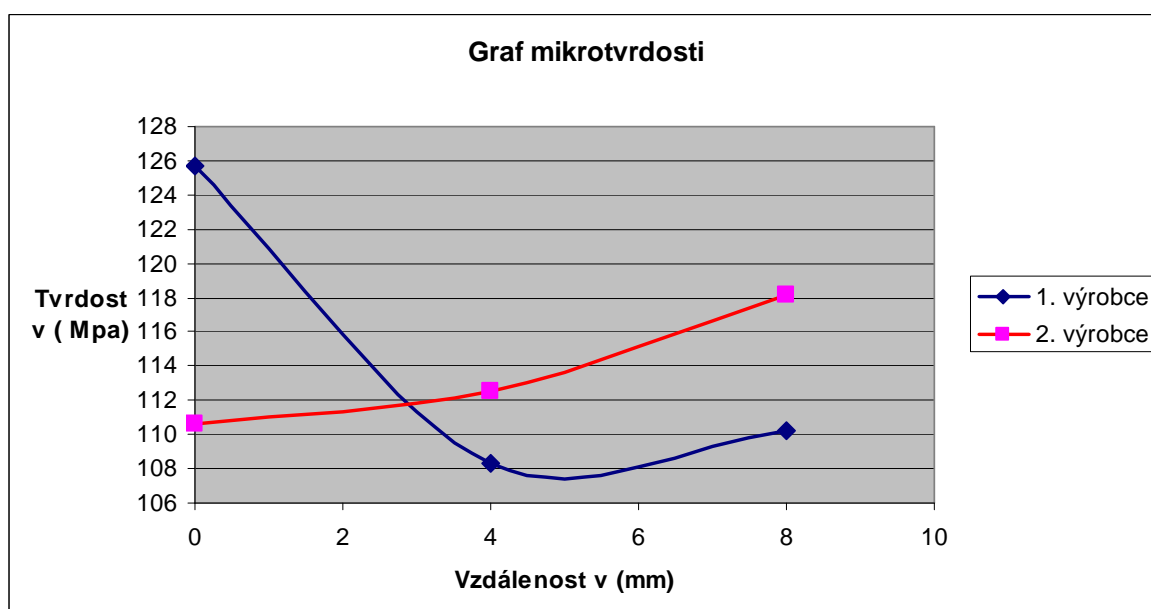
9.4.2 Příčné řezy

Tab. 6 Tvrdost v příčném řezu

Kapalina 1. výrobce	
[mm]	0
0	125,2 [MPa]
4	108,6 [MPa]
8	111,3 [MPa]

Tab. 7 Tvrdost v příčném řezu

Kapalina 2. výrobce	
[mm]	0
0	111,4 [MPa]
4	112,8 [MPa]
8	117,9 [MPa]



Z grafu mikrotvrdości obou vzorků nejsou patrné velké rozdíly mezi vzorkem obrobeným kapalinou od 1. a 2. výrobce. Z grafu je zřejmé, že tvrdost se vyrovnává u obou vzorků.

10 INFRAČERVENÁ SPEKTROMETRIE ŘEZNÝCH KAPALIN

Infračervená spektrometrie je metoda vhodná především pro identifikaci a strukturní charakterizaci zejména organických sloučenin. Je založena na měření absorpce infračerveného záření o různé vlnové délce analyzovaným materiálem. Spektrometry s Fourierovou transformací umožňují rychlou a citlivou analýzu důležitých skupin organických sloučenin. Vlastní analýzy byly prováděny na FTIR spektrometru Vector 22 (Bruker) (Obr. 35) ve spektrálním rozsahu $600 - 4000 \text{ cm}^{-1}$, s rozlišením 4 cm^{-1} a s počtem scanů 32 technikou ATR, která využívá principu násobného úplného odrazu záření na fázovém rozhraní měřeného vzorku a měřicího krystalu z materiálu o vysokém indexu lomu (ZnSe).



Obr. 31 FTIR spektrometru Vector 22

10.1 Vyhodnocení kapalin

Z dosažených výsledků, které byli při experimentu získány je patrné, že opotřebením řezné kapaliny se neprojevuje změnami chemického složení. Hlavní příčinou znehodnocení kapaliny jsou v tomto případě kovové třísky vznikající v průběhu obráběcího procesu.

11 TECHNICKO EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Navržená procesní kapalina byla hodnocena z hlediska spotřeby kapaliny ve výrobě za měsíc ve třisměsíčním provozu.

1. Výrobce

Mikro-emulze pro náročné a velice náročné obráběcí operace, zvláště vhodná pro obrábění hliníku a slitin hliník-křemík, lze jej rovněž použít na oceli a nerez oceli, doporučená koncentrace: - broušení : 4% - mírné obrábění : 5 až 7% - obtížné obrábění : 6 až 9%.

Cena barelu 208l = 35 750,- Kč

Cena za 1 litr = 171,- Kč

2. Výrobce

Koncentrát pro přípravu biostabilní emulze obsahující minerální olej, který při smíchání s vodou na koncentraci 4 - 6 % dává průsvitnou polotransparentní emulzi. Byl speciálně vyvíjen pro použití při obrábění hliníku, mědi a jim podobným materiálům.

Cena barelu 208l = 29 950,- Kč

Cena za 1 litr = 144,- Kč

11.1 Porovnání ceny obou výrobců

$$S_m = 1000 \text{ l}$$

$$C_s = 3$$

S_mspotřeba za měsíc

C_ssměnost

C_{sm}celková spotřeba za měsíc

Spotřeba procesní kapaliny

$$C_{sm} = S_m * C_s$$

$$C_{sm} = 1000 * 3$$

$$C_{sm} = \underline{3000 \text{ l}}$$

Náklady 1. výrobce

$$C_{n1} = C_{sm} * C_{L1}$$

$$C_{n1} = 3000 * 171$$

$$C_{n1} = \underline{513\,000,- \text{ Kč}}$$

Náklady 2. výrobce

$$C_{n2} = C_{sm} * C_{L2}$$

$$C_{n1} = 3000 * 144$$

$$C_{n2} = \underline{432\,000,- \text{ Kč}}$$

C_{n1}celkové náklady procesní kapaliny 1. výrobce
 C_{n2}celkové náklady procesní kapaliny 2. výrobce
 C_{L1}cena za 1 litr procesní kapaliny 1. výrobce
 C_{L2}cena za 1 litr procesní kapaliny 2. výrobce

Úspora

$$C_u = C_{n1} - C_{n2}$$

$$C_u = 513\,000 - 432\,000$$

$$C_u = \underline{81\,000,- \text{ Kč}}$$

C_u celková úspora

12 ZÁVĚR

Hliník a jeho slitiny se výrobě čerpadel používají čím dál tím častěji a v hojně míře. Důvodem toho jsou jeho vlastnosti, důležitými faktory jsou jeho hmotnost a korozní odolnost. Z těchto důvodů se jeho použití zvětšuje. Slitiny hliníku se čím dál tím více používají k výrobě funkčních dílů čerpadel, ale i jiných součástí na, které je kladen požadavek hmotnosti a technologických vlastností hliníku.

Podle vzorů existujících metod obrábělnosti materiálů se prováděla metoda, která se aplikovala na přírubu z hliníkových slitin. V souladu s předmětem práce byly provedeny základní materiálové rozbory, vizuální zkoušky, měření mikrotvrdomosti HV, mikroskopické hodnocení. Celou aplikaci metody doprovázely procesní kapaliny. Při vrtání příruby bylo zjištěno, že vrtání procesní kapalinou druhého výrobce vykazovali menší zatížení vrtacího nástroje a stroje. Při vizuálním hodnocení byly zjištěny rozdíly na vzorkách při pohledu na opracovaný povrch. Možné příčiny mohou být ve vrtném nástroji i kvalitou řezných chemikálií. Podle vizuálního hodnocení měl vzorek opracovaný řeznou kapalinou od 2. výrobce menší stopy po vrtném nástroji. Pro další hodnocení procesních kapalin se vybraly dva vzorky. Jeden byl opracován řeznou kapalinou od 1. výrobce a druhý kapalinou od 2. výrobce. Metodou měření mikrotvrdomosti nebyly zjištěny žádné výrazné odchylky. Mikrotvrdomost byla měřena na povrchu vybraných vzorků příruby. Každý vzorek byl opracován rozdílnou řeznou kapalinou. Toto měření proběhlo na každém vzorku jednou v příčném a třikrát v podélném směru. Mikroskopické hodnocení se provádělo na vybroušené hraně i na povrchu vzorku. Zde byly zjištěny rozdíly v opracování povrchu vrtným nástrojem. Z mikroskopického hodnocení vycházejí lépe výsledky ve prospěch vzorku opracovaného řeznou a chladicí kapalinou od 2. výrobce. Opotřebení řezné kapaliny se neprojevuje změnami chemického složení. Hlavní příčinou znehodnocení kapaliny jsou v tomto případě kovové třísky vznikající v průběhu obráběcího procesu.

Při porovnání ceny obou výrobců vyšla lépe tak též kapalina 2. výrobce, kde byla úspora za měsíc cca 81 000,- Kč

S tohoto technického zhodnocení jsem navrhl naší firmě k používání procesní kapaliny druhého výrobce, která vykazovala lepší vlastnosti při obrábění, tedy menší sílu při vrtání a lepší povrch vrtané díry.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KOCMAN, K.: *Speciální technologie obrábění*. CERM Brno, 2004, s.227, 3.ed., ISBN 80-214-2562-8
- [2] KOCMAN, K, PROKOP, J *Technologie obrábění*. Brno : CERM, 2001. ISBN 80-214-1996-2.
- [3] **Strojárstvo**Odborné a vedecké články. *Strojárstvo/Strojírrenství* 11/2007. EXTRA. *Strojárstvo*. Na EMO Hannover 2007. Contents tribologických požiadaviek patrí medzi najnáročnejšie oblasti v technickej praxi. Veľa odborných [online]. [cit. 2010-04-10]. Dostupné na: <<http://www.strojarstvo.sk/docwww/SK/298/298.pdf/>>
- [4] VADAVOVIČ, A.: *Vrtání kovů*. SNTL Praha 1976.
- [5] SCHMIDT, E.: *Řezné nástroje*. SNTL Praha 1978.
- [6] BILÍK, O. *Obrábění I, 2. díl*. Ostrava : VŠB – TU Ostrava. 2002, II. Vydání. ISBN 80-248-0033-0.
- [7] BILÍK, O. *Obrábění II, 2. díl*. Ostrava : VŠB – TU Ostrava. 2001, II. Vydání. ISBN 80-7078-962-1.
- [8] Firemní stránky [online]. [cit. 2010-04-20]. Dostupné z WWW <<http://www.sigmagroup.cz/>>