

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ŘEZNÉ KAPALINY A JEJICH UPLATNĚNÍ V MODERNÍ VÝROBĚ

CUTTING COOLANTS AND LUBRICANTS AND THEIR USE IN MODERN PRODUCTION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

RADKA STŘELCOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. BOHUMIL BUMBÁLEK, CSc.

BRNO 2008

ABSTRAKT

V bakalářské práci jsou zhodnoceny metody a výsledky dosahované v moderní výrobě při zavádění a uplatňování procesních kapalin. Cílem práce je posouzení stavu procesních kapalin v moderní výrobě a zpracování názoru na vliv procesních kapalin na povrchovou vrstvu při obrábění.

Klíčová slova

moderní výroba, procesní kapalina, obrábění za sucha

ABSTRACT

This bachelor thesis presents evaluation of methods and science results obtained in modern production during the implementation and application stages in using processional liquid. The aim of this thesis is the analysis of process liquid in modern workshop production and their effect on the surface layer during machining.

Key words

modern workshop production, process liquid, dry machining

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

STŘELCOVÁ, Radka. *Řezné kapaliny a jejich uplatnění v moderní výrobě: Bakalářská práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 48s., 5příloh. Vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Bohumil Bumbálek, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Řezné kapaliny a jejich uplatnění v moderní výrobě* vypracovala samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum 20. 5. 2008

Radka Střelcová
.....
Jméno a příjmení bakaláře

Poděkování

Děkuji tímto prof. Ing. Bohumilu Bumbálkovi, CSc. a zaměstnancům firmy Cimcool Europe B.V. jmenovitě Dipl. Ing. Václavu Peterkovi MBA, Ing. Lukáši Bělínovi a Petře Irhové za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

Abstrakt	3
Prohlášení	4
Obsah	6
Úvod	8
1 PARAMETRY ŘEZNÉHO PROCESU	9
1.1 Tepelná bilance procesu řezání	9
1.2 Trvanlivost břitu nástroje	10
1.2.1 Kriterium otupení břitu	10
1.2.2 Závislost trvanlivosti na řezných podmínkách	11
1.2.3 Výpočty trvanlivosti a životnosti nástroje	12
1.3 Jakost obrobené plochy	13
2 ZPŮSOB PŘÍVODU PROCESNÍ KAPALINY DO MÍSTA ŘEZU	14
2.1 Standardní chlazení	14
2.2 Tlakové chlazení	15
2.3 Podchlazování kapaliny	15
2.4 Chlazení mlhou	15
2.5 Vnitřní chlazení	15
2.6 Chlazení CO ₂	16
3 ŘEZNÉ PROSTŘEDÍ	17
3.1 Procesní kapaliny	17
3.2 Vlastnosti procesních kapalin	18
3.2.1 Chladicí účinek	19
3.2.2 Mazací účinek	19
3.2.3 Čistící účinek	20
3.2.4 Provozní stálost	20
3.2.5 Ochranný účinek	20
3.2.6 Zdravotní nezávadnost	21
3.2.7 Přiměřené náklady	21
3.3 Rozdělení procesních kapalin dle účinku na proces řezání	22
3.3.1 Kapaliny s převažujícím chladicím účinkem	22
3.3.2 Kapaliny s převažujícím mazacím účinkem	22
3.4 Rozdělení procesních kapalin obecně	23
3.5 Chlazení plyny	24
3.6 Chlazení mlhou	24
4 VOLBA PROCESNÍ KAPALINY DLE DRUHU OPERACE	25
5 VLIV ŘEZNÉHO PROSTŘEDÍ NA PROCES ŘEZÁNÍ	27
5.1 Obrábění s chlazením	27
5.2 Obrábění za sucha	28
5.3 Podmínky aplikace obrábění za sucha	28
5.4 Ekonomické důvody aplikace obrábění za sucha	28
5.5 Podstata obrábění bez chlazení	29
5.5.1 Snížení množství tepla	29
5.5.2 Ochlazení třísky	30
5.5.3 Snížení koeficientu tření	30
5.5.4 Odplavení třísky	31
5.5.5 Zlepšení obrobitelnosti	31

5.5.6 Vyšší trvanlivost bříty	32
5.5.7 Lepší tvarově přesné polotovary	32
5.5.8 Metoda minimálního množství procesní kapaliny	32
6 VLIV PROCESNÍCH KAPALIN NA STAV POVCHOVÝCH VRSTEV	34
7 NEPŘÍMÉ CHLAZENÍ VODY A CHLADÍCÍCH EMULZÍ	35
7.1.1 Princip nepřímého chlazení	36
8 MODERNÍ TRENDY VE VÝVOJI KAPALIN	37
8.1 Nadnárodní společnost Cimcool Europe B.V.	37
8.1.1 Oblasti využití Cimcool kapalin na trhu :	37
8.1.2 Jedinečnost firmy – vlastní laboratoř	38
8.1.3 Přínos pro koncového zákazníka	38
8.1.4 Refraktometr	39
8.1.5 Koncentrace kapalin	39
8.1.6 Skladování kapalin	40
Závěr	41
Seznam použitých zdrojů	42
Seznam použitých zkratk a symbolů	43
Seznam příloh	44

ÚVOD

Technologie obrábění je ve strojírenském průmyslu odvětvím, které se stále velmi rychle vyvíjí a to jak v oblasti obráběcích strojů, tak zejména v oblasti řezných nástrojů a v neposlední řadě v oblasti řezných medií.

Tak jak se rozvíjí technologie, rozvíjí se také snaha o ekologizaci a snižování nákladů při samotné výrobě.

Tento rozvoj s sebou nese nové strategie při obrábění. Dnes se běžně při obrábění upravuje řezné prostředí. Tyto úpravy se dělají pomocí procesních medií. Mezi procesní media řadíme procesní kapaliny, mlhy a plyny. V důsledku ekonomických hledisek je kladen důraz na co nejefektivnější způsoby využití řezných medií. Jednak se snižuje množství používaných řezných kapalin a na druhé straně se uplatňuje obrábění za sucha.

Chceme-li obrábět za sucha musíme zajistit, že ve výsledku bude mít obrobek stejnou jakost a stejný čas jako při použití chlazení.

Při obrábění s chlazením naopak dochází ke styku kapaliny s obsluhou, případně kapaliny unikají do okolí. Proto se dnes řezné kapaliny stále více sledují z hlediska bezpečnosti práce a hygieny provozu. V posledních letech se vývoj i použití řezných kapalin ovlivňuje především požadavky ze strany legislativy. Tyto změny v zákonech mají za následek nové složení chladících mazacích kapalin, které také mění stávající způsoby aplikace.



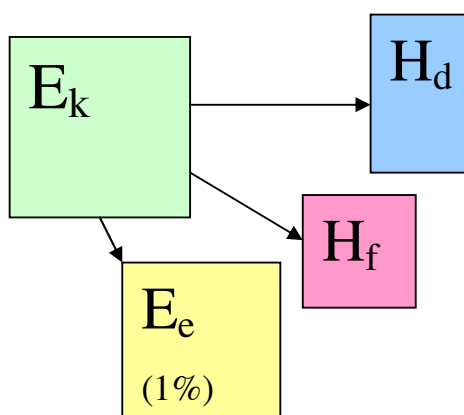
Obr. 0.1 Řezná media a refraktometr

1 PARAMETRY ŘEZNÉHO PROCESU

Při obrábění je řezný proces určen řadou technologických veličin. Mezi tyto patří geometrické veličiny, řezné síly, práce a výkon řezání a především teplo a teplota řezání a kmitání obráběného systému.⁵

1.1 Tepelná bilance procesu řezání

Při obrábění se většina veškerá práce transformuje na teplo. Součástí tohoto procesu je přeměna kinetické energie v jiné formy energie. Při řezání vznikající teplo je důsledkem plastické deformace. Tato deformace probíhá v oblasti oddělování třísky. Dále vzniká teplo také při tření třísky po čele nástroje a mezi třískou a obrobkem v oblasti tření hřbetu. Zbytek energie se mění na elastickou energii.^{3, 5}



Obr. 1.1 Přeměna kinetické energie při obrábění (3)

Podíl jednotlivých odváděných složek tepla řezného procesu do třísky, obrobku, nástroje a prostředí závisí na tepelné vodivosti materiálu obrobku a nástroje, na řezných podmínkách, řezném prostředí a na geometrii bříty nástroje.

Hlavní zdroje tepla jsou v oblasti plastických deformací při tvoření třísky, v oblasti tření třísky po čele nástroje a v oblasti tření hřbetu po obrobené ploše, tak:

$$Q_e = Q_{\text{plastických deformací}} + Q_{\text{třísky}} + Q_{\text{hřbetu}} \quad (1.1)$$

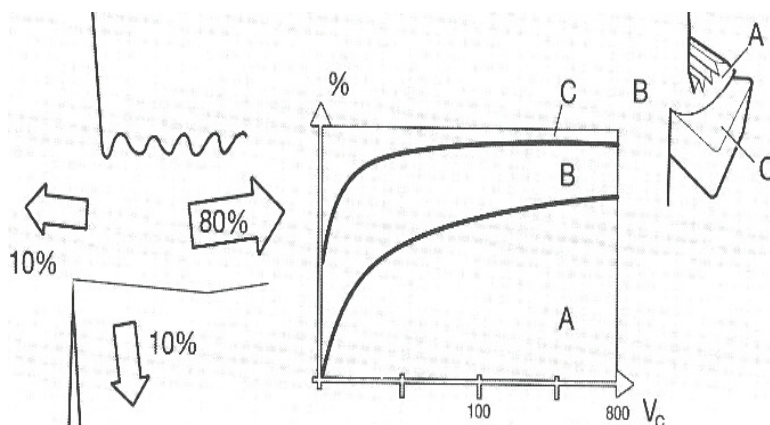
Q_e – vzniklé teplo při řezném procesu

$Q_{\text{plastických deformací}}$ – teplo vzniklé v oblasti plastických deformací

$Q_{\text{třísky}}$ – teplo vzniklé v oblasti tření třísky po čele nástroje

$Q_{\text{hřbetu}}$ – teplo vzniklé v oblasti tření hřbetu nástroje po přechodové ploše obrobku

Vznikající teplo má velký vliv na kvalitu obrobku a na trvanlivost nástroje. Největší část tepelné energie je ze zóny řezání odváděna třískou (80%). Viz. Obr. 1.2 Zbytkové teplo zůstává v nástroji a poslední část v obrobku.^{3,5}



Obr. 1.2 Obecné rozdělení odváděného tepla při realizaci řezného procesu (5)

1.2 Trvanlivost bříty nástroje

Trvanlivost bříty definujeme časem, kdy nástroj pracuje od svého naostření až do otupení. Trvanlivost velice ovlivňuje ekonomickou stránku procesu řezání. Trvanlivost tedy patří mezi základní charakteristiky řezného procesu.¹

1.2.1 Kriterium otupení bříty

Trvanlivost je doba funkce nástroje od naostření až do otupení na předem stanovenou hodnotu vybraného kritéria opotřebení. Po celou dobu trvanlivosti musí nástroj pracovat, tak aby obrobek měl požadovaný tvar, rozměry a jakost povrchu.²

Trvanlivost bříty lze určit ze stavu, kdy je nástroj otupený. Je třeba učit stav otupení nástroje. Stav lze hodnotit ze dvou hledisek:

- Z hlediska technologického považujeme břit za otupený tehdy, není-li nástroj schopen obrábět dále danou plochu v požadované jakosti, anebo je-li otupení takového charakteru, že by se břit při dalším pokračování v práci v krátkém čase zcela porušil.¹
- Z hlediska ekonomického je možno velikost optimálního otupení bříty hodnotit různě. Je to buď míra otupení, při níž je životnost nástroje $\bar{Z}$ maximální, anebo je možno vztáhnout velikost optimálního otupení na podíl nákladů na nástroj, připadající na výrobu jedné součásti.¹

Z ekonomického hlediska je možno velikost optimálního otupení břitu hodnotit různě. Je to buď míra otupení, při níž je životnost nástroje $\bar{Z}$ maximální, anebo je možno vztáhnout velikost optimálního otupení na podíl nákladů na nástroj, připadající na výrobu jedné součásti.

$$\bar{Z} = \sum T = (z + 1) \quad (1.2)$$

z – počet ostření, které nástroj snese

1.2.2 Závislost trvanlivosti na řezných podmínkách

Vliv řezných podmínek na trvanlivost břitu je v obráceném poměru s jejich vlivem na intenzitu otěru. Křivka závislosti $T = f(v)$ je v největším čase v polytropa, kterou lze matematicky vyjádřit vztahem:

$$c_T = T \cdot v^m \quad (1.3)$$

nebo

$$c_{vT} = T \cdot n \cdot v \quad (1.3)$$

Po zlogaritmování dostaneme rovnici přímky

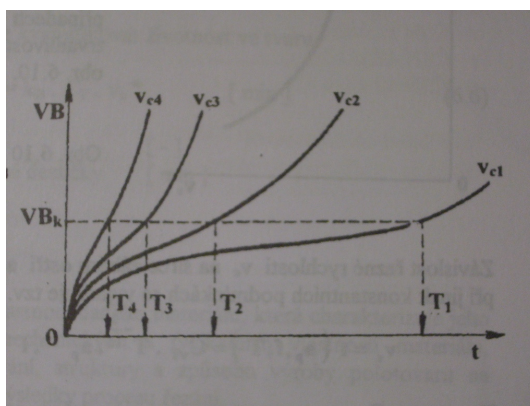
$$\lg c_T = \lg T + m \lg v \quad (1.4)$$

Jejíž směrnice vyjadřuje velikost exponentu m

$$\operatorname{tg} \alpha = m \quad (1.5)$$

Průběh závislosti $T = f(v)$ není v celém rozsahu řezné rychlosti monotonní.^{1,2}

Vztah závislosti $T = f(v)$ je jedním ze základních vztahů, které vyjadřují přímo nebo nepřímo vliv řady faktorů na výkon daného případu obrábění. OBECNĚ se tento vztah vyjadřuje jako Taylorova rovnice.^{1,2}



Obr. 1.3 Stanovení trvanlivosti břitu T_1, T_2, T_3, T_4 v závislosti na řezných rychlostech v_1, v_2, v_3, v_4 pro kritické opotřebení břitu VB_k (5)

1.2.3 Výpočty trvanlivosti a životnosti nástroje

Životnost nástroje je definována jako součet všech jeho trvanlivostí. Nebo také jako celkovou dobu funkce nástroje od prvního uvedení do činnosti až do jeho vyřazení. Z tohoto hlediska lze tedy životnost přebroušovaného nástroje vyjádřit vztahem:²

$$Z = \sum_{i=1}^{x+1} T_i = (x+1) \cdot T \quad (1.6)$$

kde

T_ijsou jednotlivé trvanlivosti [min]²

Tje aritmetický průměr hodnot T_i [min]²

xje počet možných ostření nástroje [-]²

Trvanlivost nástroje závisí zejména na metodě obrábění a na vlastnostech obráběného a nástrojového materiálu a řezných podmínkách. Taylor zjistil, že z řezných podmínek má na trvanlivost největší vliv právě řezná rychlost a odvodil základní vztah závislosti. Tento vztah je znám jako

$T - v$ závislost a používáme jej v tomto vztahu:

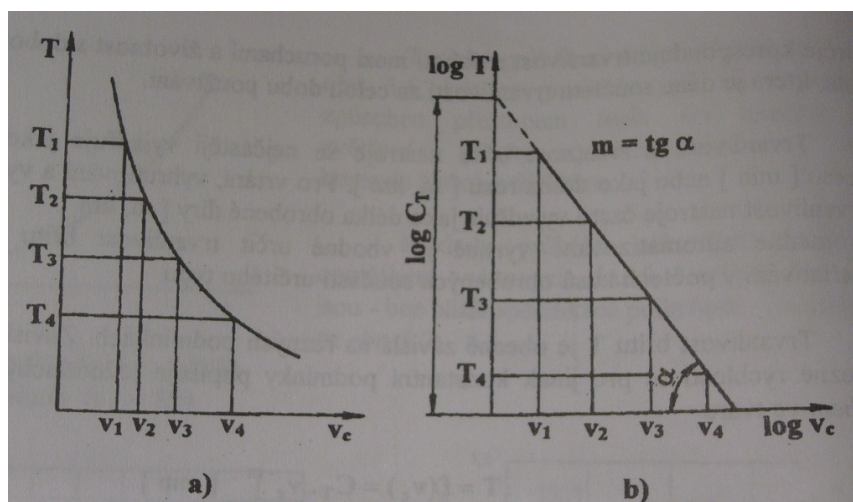
$$T = \frac{C_T}{v_m} \quad (1.7)$$

kde

C_Tje konstanta [-]

vje řezná rychlost [m min^{-1}]

mje exponent [-]



Obr. 1.4 Průběh $T=f(v_c)$ závislosti v lineárních a logaritmických souřadnicích (5)

1.3 Jakost obrobené plochy

Jakost obrobku je dána jeho přesným rozměrem, tvarem i drsností povrchu. Tyto může řezné médium významně ovlivnit. Přívod, tedy způsob přívodu řezné kapaliny, ovlivňuje jakost povrchu, protože přispívá k lámání a odvodu třísky.

Zkoušky řezných kapalin potvrdily, že správně zvolená a připravená řezná kapalina může zlepšit drsnosti povrchu o 1 až 2 třídy oproti zkouškám za sucha.⁶

Vliv řezných kapalin se projeví i na fyzikálním stavu povrchové vrstvy obrobku. Obvykle se při přívodu procesní kapaliny zmenšuje hloubka zpevněné vrstvy.

Podle některých autorů se přívodem emulze zmenšila hloubka zpevněné vrstvy o 34% a při přívodu oleje o 44%.⁶

2 ZPŮSOB PŘÍVODU PROCESNÍ KAPALINY DO MÍSTA ŘEZU

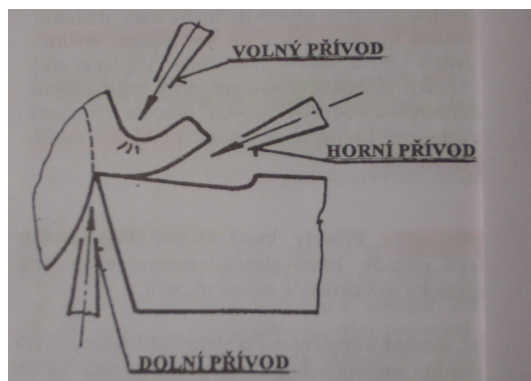
K dalším parametrům dle kterých posuzujeme trvanlivost bříty nástroje a jakost obrobku je způsob přívodu procesní kapaliny do zóny řezání. Tato skutečnost významně ovlivňuje proces řezání.

Přívod procesní kapaliny způsobuje, že se mění objem plasticky deformované oblasti, odstraní se tvoření nárůstku na čele nástroje, což se projeví i na výsledné drsnosti povrchu. Plastická deformace probíhající před břítem nástroje souvisí s řezným prostředím. Přívod procesní kapaliny ovlivňuje tuto deformaci, tak že zmenšuje nebo usměrňuje její průběh. Ovlivněním plastické deformace se projeví i změnou součinitele přechování třísky.

Je nutné zmínit, že kapalinu můžeme přivádět k obrobku různými způsoby. V moderní výrobě se začíná používat mnoho nových způsobů, jako je chlazení tlakové, podchlazování kapaliny, chlazení mlhou nebo chlazení CO_2 . Všechny tyto nové metody chtějí dosáhnout většího chladícího a mazacího účinku procesní kapaliny.

Nové metody přívodu chlazení dává možnost zvýšit výkon obrábění. Samozřejmě je třeba mít v úvahu ekonomické zhodnocení nových způsobů chlazení.

2.1 Standardní chlazení



Obr. 2.1 Přívod řezné kapaliny do místa řezu (5)

Standardní způsob chlazení neuvažuje žádnou změnu v přívodu kapaliny. Množství procesní kapaliny se reguluje a odvíjí od typu čerpadla a regulování na výstupním kohoutu.⁵

2.2 Tlakové chlazení

Při tomto druhu chlazení se kapalina přivádí do místa řezu pod vysokým tlakem 0,3 až 3 MPa. Když průměr výstupní trysky je 0,3 až 1 mm. Procesní kapalina je přiváděna odspodu na břit nástroje, přímo do místa řezu.⁵

Nedostatkem tohoto způsobu je časté vystřikovávání kapaliny do okolí místa řezu, kde se tvoří nežádoucí mlha. Je nutné vést v patrnosti lepší řešení krytí stroje a zajištění tak lepšího pracovního prostředí.⁵

2.3 Podchlazování kapaliny

Nejdůležitějším kritériem při podchlazení kapaliny je zvýšení trvanlivosti nástroje. Normální druhy kapalin se chladí až na 5 – 7 °C, oleje se chladí na 15 – 20 °C. Při podchlazení je třeba myslet na nestálost emulze a na houstnutí u rezných olejů.⁵

Lepší obráběcí výkon lze dosáhnout při podchlazení kapaliny pod bod mrazu. Kdy je třeba použít jiné složení kapaliny.⁵

2.4 Chlazení mlhou

V tomto případě je procesní kapalina rozptýlená tlakem vzduchu vytékajícího z trysky rychlostí až 300 m.s⁻¹. Odvod tepla kapalinou z místa řezu je zajištěno tím, že vzduch obsahuje částice rezné kapaliny a tím má větší schopnost přejímat vzniklé teplo.⁵

2.5 Vnitřní chlazení

Metoda, která přináší velké zvýšení výkonu při obrábění. Především při soustružení slinutými karbidy, kdy lze zvýšit řeznou rychlost až o 5 – 15 %.⁵

U vrtání jsou vrtáky upraveny tak že, rezná kapalina je přiváděna otvory v tělese až do místa řezu. Tento způsob chlazení se využívá při vrtání hlubokých děr a při vrtání těžkoobrobitelných materiálů.⁵

Vnitřní chlazení lze využít i při broušení. Viz. Obrázek 2.5. Procesní kapalina je přiváděna (1) do příruby (2) brousícího kotouče (3) a odstředivou silou postupuje přes póry v kotouči až do míst styku brousícího kotouče s obrobkem.

Obr. 3.1 Vzorčky procesních kapalin v laboratoři

3.2 Vlastnosti procesních kapalin

Procesní kapaliny lze z provozního a technologického hlediska charakterizovat těmito účinky a požadavky :

Tab.3.2 : Charakteristiky procesních kapalin

CHARAKTERISTIKY PROCESNÍCH KAPALIN	ZÁVISÍ NA :
CHLADÍCÍ ÚČINEK	smáčecí schopnosti
	na výparném teple
	rychlosti vypařování
	tepelné vodivost
	měrném teple
MAZACÍ ÚČINEK	viskozitě
	pevnosti vytvořené mezní vrstvy
ČISTÍCÍ ÚČINEK	čistotě vlastní řezné kapaliny
PROVOZNÍ STÁLOST	fyzikálních vlastnostech
	chemických vlastnostech
	uskladnění řezné kapaliny
	stárnutí ovlivňuje funkční vlastnosti kapaliny
OCHRANNÝ ÚČINEK	ochraně proti korozi
ZDRAVOTNÍ NEZÁVADNOST	provozní stálosti
	čistotě
	hygienických opatřeních
	Viz. Příloha č. 4, 5
PŘIMĚŘENÉ NÁKLADY	vobě řezné kapaliny
	nákladech na likvidaci

3.2.1 Chladicí účinek

Jeho schopností je odvod tepla z místa řezu. Odvod tepla vzniklého při řezání je proveden tak, že procesní kapalina obklopí nástroj, třísky i obrobek a odebere část vzniklého tepla. Velikost chladicího účinku závisí na smáčecí schopnosti, na výparném teple, na rychlosti vypařování za určitých teplot, na tepelné vodivosti a na měrném teple. Čím budou tyto veličiny větší, tím bude větší chladicí účinek řezné kapaliny.^{5, 6}

Přílišné odpařování kapaliny není žádoucí, protože výparné teplo zvětšuje chladicí účinek.⁵

Pro hospodárné využití procesní kapaliny z hlediska čistoty a zdraví, je třeba vznikající páry odsávat.⁵



Obr. 3.2. Kapalina s převážně chladícím účinkem (10)

3.2.2 Mazací účinek

Je to schopnost kapaliny vytvořit na povrchu kovu vrstvu, která brání přímému styku kovových povrchů a snižuje tření, ke kterému dochází mezi nástrojem a obrobkem. Vzhledem k vysokým tlakům, které vznikají při řezání, nemůže zde dojít ke kapalnému tření. Může ale vzniknout mezní tření.⁶

Mazací účinek znamená proto zmenšení řezných sil, zmenšení spotřeby energie a také zlepšení jakosti obrobeného povrchu. Mazací účinek procesní kapaliny se proto vyžaduje u dokončovacích operací obrábění a při provádění náročných operací, jako je protahování, výroba závitů, nebo výroba ozubení.⁶

Mazací schopnost procesní kapaliny je závislá na její viskozitě a na pevnosti vytvořené mezní vrstvy. S rostoucí viskozitou se ale zhoršuje pronikání kapaliny mezi třecí plochy, její proudění a také odvod tepla. Viskóznější kapaliny ulpívají také více na třískách a tím dochází ke značným ztrátám.⁶

Přísady dodávané do procesních kapalin mají za úkol zvyšovat pevnost mazacího filmu, a to nejen za nízkých, ale i za vysokých teplot. Mezi tyto přísady patří některé radikály a uhlovodíky - C_nH_{2n} , C_nH_{2n+2} . Jinou skupinu přísad tvoří sloučeniny fosforu, síry, chloru.⁶

3.2.3 Čistící účinek

Znamená očištění po vlastním obrábění materiálu od třísek z místa řezání.

U broušení čistící účinek zlepšuje vlastnosti brousícího kotouče tím, že vyplavuje zanesené póry.⁶

Procesní kapalina má také bránit slepování částic, které vznikají při řezání, ale má vyvolávat jejich usazování.⁶

Jakost čištění závisí i na čistotě vlastní procesní kapaliny, to znamená na odstraňování nečistot, které kapalina odplavila. Větší nečistoty se sice usadí v nádrži, ale menší mohou být proudem vody odnášeny zpět do místa řezání, kde mohou způsobit i zhoršení jakosti obrobeného povrchu. Velký význam má účinek čištění pro broušení a u těch operací, kdy procesní kapalina musí odnášet třísky z místa řezu např. při řezání závitů nebo vrtání hlubokých děr.⁶

3.2.4 Provozní stálost

Lze nazvat také jako doba výměny procesní kapaliny. Dlouhodobost výměny procesní kapaliny je podmíněna zárukou, že se její vlastnosti nebudou po tuto dobu měnit.⁶

Stárnutí procesní kapaliny olejového typu se projevuje tvořením pryskyřičnatých usazenin, které mohou způsobit i poruchu stroje. Produkty stárnutí mají vliv i na zhoršování funkčních vlastností rezné kapaliny, její rozklad, zmenšení mazacího účinku, ztrátě ochranných schopností, korozi a hnilobný rozklad. Provozní stálost procesní kapaliny závisí na jejích fyzikálních a chemických vlastnostech a na teplotě.⁶

3.2.5 Ochranný účinek

Je to schopnost nenapadat kovy a nezpůsobovat korozi. Toto je důležitý požadavek proto, aby nebylo nutné výrobky mezi operacemi konzervovat, aby se také stroje chránily před korozí. Pro vytvoření dokonalého antikorozního účinku jsou do procesní kapaliny přidávány přísady, které pasivují kovy proti nežádoucím účinkům. Dalším důležitým požadavkem je to, aby procesní kapalina nerozpouštěla nátěry obráběcích strojů a nebyla agresivní vůči gumovým těsněním.⁵

3.2.6 Zdravotní nezávadnost

Požadavek na zdravotní nezávadnost se v dnešní době velmi sleduje. Při práci na obráběcích strojích obsluha přichází do styku s procesní kapalinou.

Ve firmě Cimcool B.V. se příkládá zdraví a bezpečnosti pracovníků velká důležitost. Procesní kapalina by měla být navržena v souladu s bezpečností práce a provozu. V příloze je popsán způsob preventivní ochrany pokožky. Viz. Příloha č. 4 a č. 5.

Procesní kapalina nesmí

- být zdraví škodlivá,
- obsahovat látky dráždivé sliznici a pokožku
- být jedovatá pro obsluhu a ni pro okolí
- zamořovat ovzduší nepříjemným zápachem.

Zdravotní nezávadnost procesních kapalin závisí také na jejich provozní stálosti a čistotě.⁵

3.2.7 Přiměřené náklady

Souvisí především se spotřebou procesní kapaliny. Při rozboru nákladů na procesní kapalinu je nutné nejdříve posoudit jejich vliv na proces obrábění, tj. na trvanlivost nástroje, ostření, jakost obrobku a spotřebu energie. Po tomto rozboru musí následovat hodnocení procesní kapaliny s ohledem na její provozní stálost, spotřebu a výměnu. Je třeba zvážit i náklady na likvidaci procesní kapaliny.⁶



Obr. 3.3 Kapalina skladovaná v daných podmínkách

3.3 Rozdělení procesních kapalin dle účinku na proces řezání

Kapaliny se rozdělují a charakterizují na ty, které mají převažující chladivý účinek na proces řezání a na ty, které mají převažující mazací účinek. V současné strojírenské praxi však už je poptávka po kapalinách u kterých se toto rozdělení stírá. Setkáváme se s kapalinami s převažujícím mazacím účinkem, u kterých je zvýšen i chladivý účinek.^{5,6}

3.3.1 Kapaliny s převažujícím chladicím účinkem.

Kapaliny s převažujícím chladicím účinkem mají schopnost odvádět přebytečné teplo z místa řezu. Jsou to především kapaliny, které na povrchu kovu smáčí. Mezi procesní kapaliny s převažujícím chladicím účinkem patří především kapaliny na vodní bázi.^{5,6}

3.3.2 Kapaliny s převažujícím mazacím účinkem.

Kapaliny s převažujícím mazacím účinkem mají schopnost na povrchu kovu vytvořit ochranou mazací vrstvu, která snižuje tření mezi nástrojem a obrobkem. Mezi procesní kapaliny s převažujícím mazacím účinkem patří především kapaliny na bázi oleje.^{5,6}



Obr. 3.3.1 Kapalina s převážně mazacím účinkem (10)

3.4 Rozdělení procesních kapalin obecně

Tab.3.4 Obecné rozdělení procesních kapalin (5, 6)

DRUHY PROCESNÍCH KAPALIN	vlastnosti
VODNÉ ROZTOKY	alkalický
Jejich základ tvoří voda. Čímž jsou tyto kapaliny sice nejjednodušší, ale zároveň nevýhodné. Velký procentuální podíl vody často způsobuje vznik prostředí, kde se daří bakteriím, které způsobí zakalení a vznik nepříjemného zápachu.	protikorozní přísady
	látky na snížení pěnivosti
	látky na zvýšení smáčivosti
EMULZNÍ KAPALINY	disperzní soustava
Zahrnují asi 80% používaných řezných kapalin. Disperzní soustavy, kdy mikroskopické součásti jsou rozptýlené ve druhé, spojují přednosti vody a mazacích olejů. Obsažené emulgátory zmenšují mezipovrchové napětí emulgovaných kapalin a stabilizují emulzi. Koncentrace emulze ovlivňuje chladicí účinek. pH = 8 až 9 zajišťuje protikorzní ochranu slitin železa.	obsahují emulgátory
	koncentrace emulze
	ochrana proti korozi závisí na hodnotě pH
MINERÁLNÍ OLEJE	vyrobeny z ropy
Mají dobré provozní vlastnosti, využívají se jako základ řezných olejů. Mají dobré mazací schopnosti, ale horší chladicí schopnosti. Mají také dobrý ochranný účinek a dobře odolávají stárnutí.	dobré mazací vlastnosti
	mají ochranný účinek
	základ pro řezné oleje
ŘEZNÉ OLEJE	zušlechtěné minerální oleje
Tyto zušlechtěné minerální oleje, s použitím přísad ještě více zvyšují tlakovou únosnost a mazací vlastnosti.	s přísadami mají lepší mazací schopnosti
přísady: MASTNÉ LÁTKY	
Do této skupiny patří <u>zmýdelněné mastné oleje, mastné kapaliny, nebo syntetické estery</u> . Vlastnosti, které tyto látky podporují se projeví ne při extrémních tlacích.	zvětšují přilnavost oleje ke kovu
	ne při extrémních tlacích
přísady: ORGANICKÉ SLOUČENINY	
Sloučeniny jako síra (S), chlor (Cl), fosfor (P) dokáží na povrchu vytvořit kovové mýdlo, které brání kovovým svarům a usnadňuje kluzný povrch. Neúčinnější je použití všech kombinací sloučenin síry, chloru, fosforu.	při vysokých tlacích
	účinnost chlůru klesá při teplotě nad 400 o C
přísady: PEVNÁ MAZIVA	
Mezi pevná maziva patří grafit, siřník molybdenu. Jsou nerozpustné v kapalině a musí se proto udržovat v rozptýleném stavu. Mají dobrou afinitu ke kovu a vytváří mezní vrstvu, která je odolná proti tlakům a zlepšuje mazací schopnosti oleje.	zlepšují mazací schopnosti oleje
	afinita ke kovu
SYNTETICKÉ KAPALINY	vysoká provozní stálost
Tyto kapaliny se vyznačují velkou provozní stálostí. Neobsahuje minerální oleje, složeny z glykolů, glykoly jsou průsvitné, čímž lze sledovat průběh obrábění.	dobré chladicí, mazací, ochranné účinky
	antikorozní vlastnosti
POLOSYNTETICKÉ KAPALINY	
Jestliže v syntetický kapalinách rozptýlíme oleje, vznikne polosyntetická řezná kapalina, která má příznivější mazací schopnosti. V těchto kapalinách jsou olejové částice mnohem menší než v emulzích.	příznivější mazací schopnosti oproti syntetickým kapalinám

3.5 Chlazení plyny

I přes velkou snahu rozvoje obrábění za použití chlazení vzduchem, respektive plynem se doposud pro chlazení běžně nepoužívají. Podchlazování vzduchu mělo malý efekt. Všechny plynné látky mají relativně malý chladicí účinek.⁵

Jednou z metod, která se dá při obrábění použít je chlazení stlačeným CO₂. Tento způsob lze doporučit při obrábění těžkoobrobitelných materiálů. Princip spočívá v přívodu tenkého paprsku plynu do místa řezu pod tlakem 0,5 – 7 MPa. Metoda sice přináší možnost zvýšení výkonu obrábění, ale první a velkou nevýhodou je vysoká nákladnost.⁵

Při obrábění s použitím stlačeného CO₂ je třeba brát v úvahu také dokonalé odsávání pracoviště a je také nutné větrání. Náklady na úpravu pracovišť a samotné náklady na použití tohoto plynu se zdají být nerentabilní, a proto se tato metoda v praxi příliš nevyužívá.

3.6 Chlazení mlhou

Dílní úspěchy v testování byly zaznamenány v aplikaci s mlhou. Je nutné si uvědomit, že mlha s vysokým podílem oleje může vytvářet hořlavou směs, nehledě na další náklady s odsáváním, recirkulací a její údržbou.⁴

4 VOLBA PROCESNÍ KAPALINY DLE DRUHU OPERACE

Při hrubování má procesní kapalina především prodloužit trvanlivost nástroje a zmenšit i příkon stroje snížením řezných sil. Příkon stroje snižují nejvíce řezné oleje, ale mají zase malý vliv na trvanlivost nástroje.⁶

Běžné emulze při těchto operacích nemají výrazný vliv na snížení řezných sil. Pokud by se měl projevit jejich vliv na snížení řezných sil, musela by být jejich koncentrace 10 až 15 %. Z hlediska trvanlivosti se ale vystačí s koncentrací až 5 %. Daleko významnější je funkce procesní kapaliny při dokončovací operacích, kdy ani nejde tak o dodržení trvanlivosti nástroje, ale především o dosažení vysoké jakosti obrobené plochy.⁶

Při malých řezných rychlostech je výhodné použít chlazení olejem, nebo chlazení vysoce aditivovanou emulzí. Při vyšších řezných rychlostech je výhodnější použít emulze v koncentraci 3 až 5 %.⁶

Při volbě procesní kapaliny z hlediska materiálu platí následující pravidla. Zvětšuje-li se pevnost obráběného materiálu, dochází k většímu namáhání břitu nástroje a je proto nutné volit takovou procesní kapalinu, která má vyšší koncentraci nebo přísady, které zaručují vyšší pevnost mazací vrstvy. U materiálů s horší tepelnou vodivostí je třeba volit procesní kapalinu, která zaručuje pevnost mazací vrstvy i za vyšších teplot.⁶

Při volbě procesní kapaliny podle metody obrábění je nutné přihlížet k požadavkům na trvanlivost nástroje nebo jakost obrobené plochy.⁶

Tab.4.1 Přehled použití procesních kapalin (6)

		Ocel							
Metoda obrábění	nízko- uhlíková	s vyšším obsahem uhlíku	nerez ocelí	litina	nikl a jeho slitiny	bronz a mosaz	měď a slitiny	hliník a slitiny	hořčík a slitiny
Soustružení	D 3	D 5	D 10	-	E	D 3	D 3	D 3	B
Vrtání a vystružování	E, D 10	F	J	D 5	E	B	B	B	B
Frézování	D 5	D 5	D 10	D 5	F	B	D 3	D 3	B
Řezání závitů	H	J	J	D 10	J	C	B	C	B
Řezání závitů na automatech	E	H	H	-	H	B	A	C	B
Válcování závitů	F	F	F	-	-	C	A	B	A
Řezání pilou	D 3	D 3	D 3	D 3	D 3	D 3	D 3	D 3	B
Výroba ozubení	E	F	J	D 5	-	B	-	-	-
Protahování	J	J	J	D 10	J	C	B	C	B
Broušení	D 2	D 2	D 2	D 2,5	D 2	D 2	D 2	D 2	B
Broušení závitů	J	J	J	-	-	C	-	C	C

A - minerální oleje

B - mastné oleje

- C - maštěné oleje s přísadami
- D - emulze (číslo značí koncentraci v %)
- E - minerální oleje s přísadami
- F - lehké minerální oleje s přísadami
- H - oleje aditivované
- J - maštěný olej s přísadami

Při **soustružení** půjde o dodržení trvanlivosti nástroje a tomuto požadavku nejlépe vyhovují emulze. Při tvarovém soustružení, kdy tvarový nůž má vedle tvaru zabezpečit i dokonalou jakost obrobené plochy, je vhodné volit řeznou kapalinu s dobrými mazacími účinky, tj. řezný olej nebo emulze o vyšší koncentraci, případně emulze s přísadami.⁶

Při **vrtání** se využívá účinku řezné kapaliny jednak k prodloužení trvanlivosti vrtáků především u běžného vrtání a k vyplavování třísek po vrtání hlubokých děr. Pro tyto operace se používá řezný olej.⁶



Obr. 4.1 Kapalina při vrtání (10)

Řezání závitů je náročná operace, při které se vyžaduje dodržení profilu závitu i jakost povrchu. Proto je volba řezné kapaliny velmi důležitá. U běžných materiálů se dá použít emulze s přísadou aktivních látek, nebo řezný olej. Při řezání závitů do nesnadno obrobitelných materiálů se používají oleje s přísadami, nebo oleje rostlinné.⁶

Při **broušení** vzniká vysoká teplota, která přechází do obrobku. Proto řezná kapalina použitá při broušení musí mít dobrý chladicí účinek. Pro běžné broušení se používají emulze o koncentraci do 5%. Pro broušení speciálních tvarů, jako jsou závity nebo ozubená kola, se jako řezná kapalina používají řezné oleje.⁶

Při **honování** má řezná kapalina dvě funkce. Jednak odvádět teplo, které vzniká při pohybu honovací hlavy, jednak vyplachovat z brousících kamenů částičky obráběného materiálu. Při honování oceli se doporučuje směs oleje, nebo také emulze o koncentraci 5 až 10%.⁶

Pro **superfinišování** se používá směs oleje. Snahou je její náhrada vodnými roztoky vhodně upravenými pro superfinišování.⁶

5 VLIV ŘEZNÉHO PROSTŘEDÍ NA PROCES ŘEZÁNÍ

Řezné prostředí je předmětem neustálého výzkumu, neboť vedle přímého vlivu na řezný proces obsahují ekologické a ekonomické aspekty, i když jejich vyhodnocení zahrnuje aplikaci poznatků z chemie, tribologie, procesních a výrobních technologií, ekologie a životního prostředí, dermatologie a dalších oblastí lékařství. Kvalitní řezná emulze obsahuje až 60 fázových složek, pokrývajících nejen chladicí, mazací, protipěnicí, smáčivé a konzervační prostředky, ale také řadu látek pro dlouhodobou stabilizaci řezné emulze ve výrobním procesu, zabírajících tvorbu mikroorganismů, plísní, virů a dalších biologických organismů.⁴

Při obrábění se běžně používají procesní kapaliny. Tím lze dosahovat potřebné výsledky v trvanlivosti nástrojů, v jakosti obrobku, tj. v jeho rozměru, tvaru i drsnosti povrchu. Přívod řezné kapaliny přispívá i k lámání a odvodu třísky.⁷

5.1 Obrábění s chlazením

I přes velkou snahu rozvoje obrábění za sucha se doposud pro chlazení a mazání nástrojů a obrobků používá celá řada procesních kapalin. Často je hlavním kritériem pro volbu procesní kapaliny přínos ke snížení měrných řezných sil mazacími a vysokotlakými přísadami, které vedou k nižšímu zatížení obráběných povrchů.⁴

Přísady, které se používají do základní kapaliny, však současně mohou výrazně snížit chladicí schopnost emulze nebo roztoku.⁴

Kompenzací se pak stává změna systému chlazení nebo zvýšení průtočného množství kapaliny zvýšením tlaku, které může zajistit až 7x vyšší trvanlivost nástroje. Tyto vysokotlakové chladicí systémy se však u nás příliš nevyužívají.⁴

Celková spotřeba chladících a mazacích kapalin závisí na druhu a velikosti výroby, na počtu vyráběných součástí, na požadované kvalitě součástí, druhu stroje, stavu pracoviště, systému hospodaření s procesními kapalinami. Pozitivní výsledky v redukci spotřeby chladících kapalin lze pozorovat u nástroje s vysoce pozitivní geometrií čela nebo při aplikaci vyšších řezných rychlostí, kde lze pozorovat zvýšení podílu odvodu tepla třískou.⁴

Přehled o spotřebě procesních kapalin v ČR je obtížně zjistitelný. Stejně obtížné je zjišťování nákladů na jejich nákup a likvidaci. Přesto je možné uvést, že jsou to nemalé částky. Údaje z jiných zemí uvádějí, že do ceny výrobku se cena procesní kapaliny promítá v 7 až 17 %, zatímco cena nástrojů představuje pouze 2 až 4 %. Úroveň těchto nákladů závisí na výrobních operacích, na výrobku a jeho jakosti, na typu stroje a způsobu přívodu procesní kapaliny, na umístění stroje v provozu. Hodnota 17 % je

vysoká, proto je třeba věnovat se snížení nákladů na výrobu a především na snížení použitých procesních kapalin. V běžných provozech však náklady na procesní kapaliny obvykle nepřekračují 5 %.¹³

Zavedení procesních kapalin bylo v době, kdy řezné materiály nebyly schopny splňovat rostoucí technologické požadavky výroby. Nasazením procesních kapalin se vyřešily potíže s trvanlivostí bříty, s kvalitou a přesností obrobeného povrchu, s odstraňováním třísek a s řadou dalších záležitostí.¹³

5.2 Obrábění za sucha

Obrábění za sucha lze použít a doložit řadou úspěchů v obrábění v oblasti šedé litiny, hliníkových slitin a superslitin a slitin titanu.⁴

Při obrábění šedé litiny jsou tyto podmínky splněny. Protože tento materiál tvoří krátkou třísku, vzniká poměrně nízká teplota řezání a řezné síly jsou nízké. Grafit, který je obsažen v šedé litině zvyšuje mazací schopnosti.⁷

5.3 Podmínky aplikace obrábění za sucha

Chceme-li nahradit obrábění s přívodem procesní kapaliny v plném rozsahu za obrábění za sucha, musíme splnit podmínky že,

- čas obrábění
- trvanlivost nástroje
- jakost obrobku

bude stejná jako při obrábění s chlazením.⁷

5.4 Ekonomické důvody aplikace obrábění za sucha

Negativním faktorem je na druhé straně nutnost technicky dovybavit proces pro aplikaci kapalin a tím také dochází ke zvýšení nákladů na výrobu. Z hlediska legislativy je třeba myslet na likvidaci těchto kapalin podle správných ekologických předpisů, což je velmi ekonomicky zatěžující záležitostí.¹³

Z těchto důvodů je poslední dobou zvětšené úsilí o odstranění nebo snížení používání procesních kapalin při obrábění. V praxi by to bylo hlavně za použití nových řezných materiálů.¹³

Další zvýšení nákladů při použití procesních kapalin je spojeno se zpracováním třísek obsahujících zbytky procesních kapalin a s čištěním hotových obrobků od nich.¹³

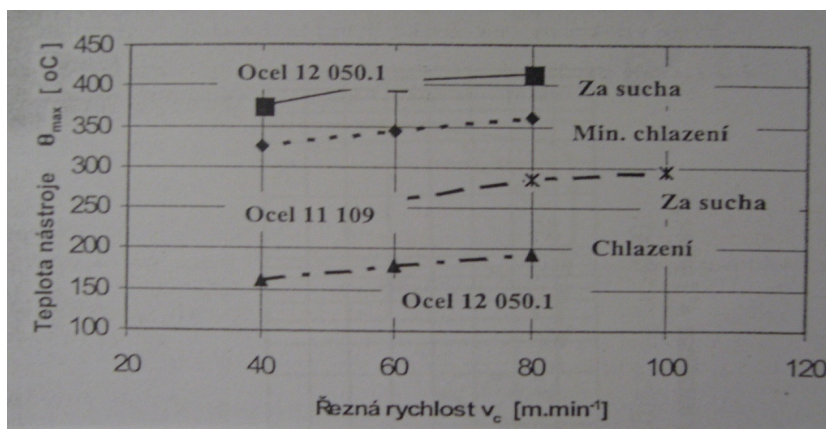
Z výše zmíněného vyplývá, že použití obrábění bez použití procesních kapalin, tedy za sucha snižuje celkové náklady ve výrobě.¹³

5.5 Podstata obrábění bez chlazení

Při obrábění bez chlazení se nepočítá s přívodem procesní kapaliny. Což má za následek zvýšení tření a adheze mezi třískou a nástrojem. Nástroj a obrobek jsou vystaveny většímu tepelnému zatížení viz. Obr.5.1. Tepelné zatížení se projeví větším opotřebením.⁷

Opotřebení nástroje je ovlivněno teplotou, při malé řezné rychlosti je opotřebení způsobeno abrazivním účinkem, při zvyšující se řezné rychlosti se uplatňuje spíše adhezivní účinek opotřebení, který se pak stává rozhodující.⁷

Požadavek na snížení teploty při obrábění za sucha a chlazení jen v oblasti primárních plastických deformací.⁷



Obr. 5.1 Teplota řezání při vrtání za sucha (7)

Obrábění bez chlazení může mít i kladný účinek při přerušovaném obrábění, kdy dochází ke zmenšení tepelných šoků a tím i ke snížení možnosti tvoření trhlin na břitě nástroje.⁷

5.5.1 Snížení množství tepla

Obrábění za sucha zvýší působení tepla na obrobek. Tento jev ovlivní rozměrovou přesnost např. při dokončovacích operacích. Z toho důvodu musí být proces obrábění navržen tak, aby se minimalizovalo množství tepla vzniklého, ale hlavně odváděného obrobkem.¹³

Teplotu řezání lze snížit množstvím měrné energie (J/mm³) vynaložené na řezný proces. Například. zmenšením deformačních a třecích sil. Příznivý vliv má používání pozitivní geometrie břitu, především úhlu čela, i když se tím do jisté míry zhorší schopnost břitu teplo odvádět. Kromě toho se snižuje intenzita tření mezi třískou a čelem břitu a tím množství tepla vzniklého ze tření. Důležitá je rovněž možnost ovlivnit rozdělení toků odváděného tepla. Při soustružení se např. sníží zahřívání obrobku zvýšením posuvu a hloubky řezu,

tj. průřezu odebírané vrstvy. Pokud to dovolí tepelná odolnost řezného materiálu, sníží se množství tepla přecházející do obrobku i zvýšením řezné rychlosti. Zvětší se tak objem tepla odváděného třískami.¹³

Chybějící ochlazování břitů procesní kapalinou musí být vykompenzováno použitím takových řezných materiálů, které si zachovávají potřebnou tvrdost a otěruvzdornost i při vyšších teplotách řezání. Jsou to buď nové druhy polykrystalických velmi tvrdých řezných materiálů, nebo speciální tvrdé ochranné vrstvy nanášené na v podstatě současný sortiment řezných materiálů.¹³

5.5.2 Ochlazení třísky

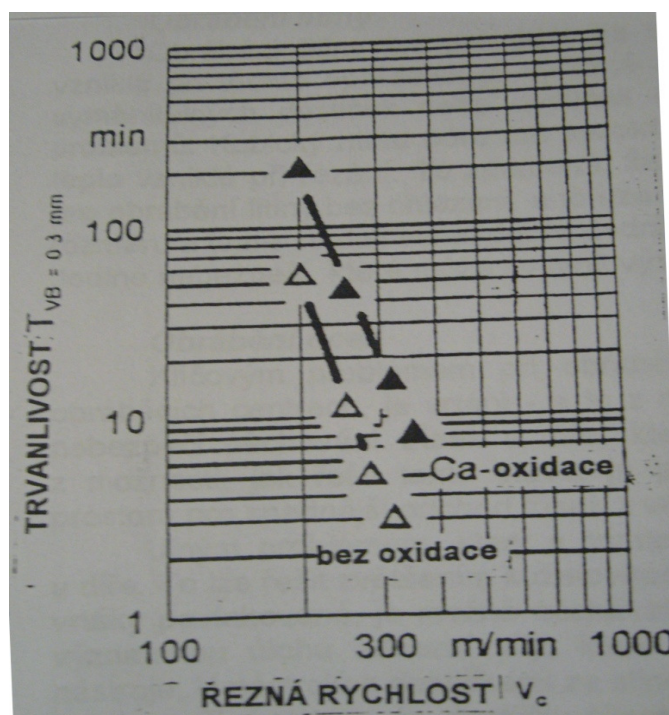
Při obrábění za sucha je přímé ochlazování třísek okolním vzduchem velmi malé, proto je nutné odstraňovat velmi teplé až žhavé třísky z výše jmenovaných oblastí. Vyšší teplota řezání zlepšuje plasticitu odřezávaného materiálu třísky a tím její snadnější deformaci a zmenšení řezných sil.¹³

Na druhé straně vede zvýšená plasticita při nepřerušovaném řezu (soustružení) ke změně tvaru třísky na nevýhodný stuhovitý nebo smotaný. Tato skutečnost proto obvykle vyžaduje použití speciálních utvářečů nebo tvarů drážek pro třísky u vrtáků tak, aby nedocházelo při obrábění za sucha k jejich zahlcování třískami.¹³

5.5.3 Snížení koeficientu tření

Snížením koeficientu tření ovlivňuje velikost třecí síly mezi třískou a čelem nástroje a tím i zmenšení velikosti třecího tepla. Chybějící antiadhezní a antidifuzní ochranné účinky procesních kapalin se při obrábění zasucha nahrazují adhezně a difuzně vhodnějšími a odolnějšími řeznými materiály.¹³

Snížením tření se sníží i stavy napjatosti, které vznikají v důsledku vzniklého tepla. Při obrábění automatové oceli a litiny se jejich obrobiteľnost zlepší také účinkem nekovových vměstků, které na čele nástroje brání jeho opotřebení. Dezoxidace vápníkem způsobuje tvrdé vměstky oxidu hliníku se mění v tvárnější hlinitany vápníku. Hlavním přínosem dezoxidace je zlepšení mazacích vlastností vytvářením vrstev, které snižují tření a opotřebení v pásmu styku třísky s čelem nástroje. Viz Obr. 5.5.3 Proto jsou tyto materiály vhodné pro obrábění bez chlazení.⁷



Obr. 5.2 T-V závislost při soustružení normálních a dezoxidovaných ocelí nástrojem SK bez chlazení, $s = 0,32 \text{ mm/ot}$, $h = 2,5 \text{ mm}$ (7)

Zkoušky prováděné na různých pracovištích ukázaly, že při soustružení ocelí vede použití minimálního množství rezné kapaliny ke snížení tření i teploty řezání.⁷

5.5.4 Odplavení třísky

Chybějící čistící účinek procesní kapaliny, tj. odplavování třísek, může způsobovat zahlcování a zalepování prostoru pro třísky zvláště u vrtáků, závitořezných a brusných nástrojů, ale i fréz.

Dochází tak nejen k poškozování obrobené plochy zpevněnými třískami, ale i břitů nástroje, když se třísky dostanou mezi břit a obrobek a jsou znovu řezány.¹³

Tuto skutečnost lze řešit nejlépe odsáváním nebo i odfukováním třísek tlakovým vzduchem. Při odfukování však vzniká nebezpečí v zafukování kovového prachu např. do ložisek, vodicích ploch, šroubů apod.¹³

Lepšímu odstraňování třísek přispívá i změna polohy nástroje vůči obrobku, tj. obrábění zespodu obrobku nebo lépe při vodorovné poloze vřetena frézky nebo vrtačky.¹³

5.5.5 Zlepšení obrobitelnosti

Použití obrábění zasucha lze umožnit např. zlepšením obrobitelnosti materiálu. Jednou z možných metod je použití vhodných dezoxidačních přísad

při metalurgické výrobě oceli. Oceli dezoxidované např. kalciumsiliem (SiCa) s přísadou hliníku obsahují měkké a tvárné hlinitany vápníku, které se při teplotě řezání taví a působí jako mazadlo a ochranný film na břit. Trvanlivost břitu se tím může zvýšit až o 400 %.¹³

5.5.6 Vyšší trvanlivost břitu

Používání procesních kapalin však může mít z hlediska řezného procesu i negativní účinky, které se tak při obrábění za sucha vyloučí. Vlivem přerušovaného řezu, např. při frézování, vzniká velmi intenzivní střídavé tepelné zatěžování břitu frézy. Používáním procesních kapalin se tyto tepelné rázy ještě zesílí. V řezném materiálu tak může docházet k vytváření nejprve mikroskopických a později makroskopických trhlin přecházejících až v lomy břitu.¹³

Použitím obrábění za sucha lze proto v těchto případech dosáhnout i vyšší trvanlivosti břitu. Mimo jiné se z tohoto důvodu např. vysokorychlostní (HS) frézování provádí téměř vždy za sucha.¹³

Možnosti uplatnění obrábění za sucha a tím i specifikace požadavků na proces, jsou závislé také na konkrétní kombinaci obráběného materiálu a způsobu obrábění. Při obrábění oceli hraje samozřejmě prioritní úlohu vysoká teplota řezání, při obrábění šedé litiny a hliníku s vysokým obsahem křemíku je však hlavní abrazivní otěr břitu. U měkčích slitin hliníku způsobuje jejich obecně vysoký sklon k adhezi časté nalepování třísek jak na břit, tak i na obrobek.¹³

V závislosti na způsobu obrábění a druhu obráběného materiálu se proto vyskytují zřetelné rozdíly v trvanlivosti břitu mezi obráběním s chlazením a s obráběním za sucha.¹³

5.5.7 Lepší tvarově přesné polotovary

Snížení množství vznikajícího tepla a tím i tepelného zatížení obrobku se však může dosáhnout i dalšími opatřeními z oblastí mimo vlastní řezný proces. Nejčastěji je to používáním polotovarů tvarově podobnějších hotovému obrobku, tj. přesných výkovků, odlitků apod. Taková technologie se nazývá "Near-Net-Shape-Technology". Zmenší se tím objem obráběného materiálu a logicky i celkově vzniklé množství tepla.¹³

5.5.8 Metoda minimálního množství procesní kapaliny

Tam, kde není možné obrábět zcela zasucha z dříve uvedených důvodů, např. u hliníku a jeho slitin, je výhodné aplikovat metodu používání minimálního množství procesní kapaliny, tj. MQL (Minimal Quantities of Lubricant).¹³

Je to nová varianta u nás již dříve známého mazání mlhou. Existuje řada případů obrábění, které by nebyly ekonomicky proveditelné bez MQL metody. Je-li přístroj pro MQL optimálně seřízen, spotřebuje se méně než 50 ml média na hodinu obrábění. Proto nástroje, obrobky i třísky zůstávají

prakticky suché, tudíž nejsou nutné další technologické pochody pro odstranění procesních kapalin z třísek nebo z obrobků¹³

Metoda MQL sice může být rovněž považována za obrábění za sucha, přesto však vznikající aerosol může vyvolat problémy s hygienou pracovního prostředí. Proto se většinou vyžaduje dobré utěsnění pracovního prostoru obráběcího stroje od okolí a odsávání vzniklého aerosolu přes účinné filtry. Samozřejmě to zapříčiní zvýšení investičních nákladů.¹³

Metoda se používá zvláště při vrtání, vystružování a řezání závitů do šedé litiny, oceli a slitin hliníku, dále také při čelním frézování především slitin hliníku a při hlubokém vrtání.¹³

6 VLIV PROCESNÍCH KAPALIN NA STAV POVRCHOVÝCH VRSTEV

Máme-li správně a komplexně stanovit a zhodnotit výsledek řezání tzn. jakost obrobené plochy, pak je třeba znát kromě vlastního procesu tvoření třísky i vlastnosti nástrojového a obráběného materiálu i vlastnosti a účinek prostředí ve kterém proces řezání probíhá.

Rostoucí požadavky na jakost obrobených ploch, nevystačí jen se zjištěním tvarové a rozměrové přesnosti a drsnosti povrchu. Je nutné vzít v úvahu příčiny změn v povrchové vrstvě.

Změny v povrchové vrstvě jsou způsobeny účinkem teplotního namáhání i důsledkem mechanického namáhání. Tyto účinky se mnohou projevit fázovými transformacemi, plastickými deformacemi, chemickými změnami a lomem.

Změny v povrchové vrstvě ovlivňují povrchová pnutí a tím i přesnost. Rovněž mohou snížit i mechanicko-fyzikální vlastnosti jako je únavová pevnost, odolnost proti korozi, opotřebení.

Z výše uvedeného je zřejmé, že je nutné řídit jakost obrobené plochy s ohledem na funkční požadavky.

Při třískové obrábění se projeví tyto změny na povrchové vrstvě:

- Plastickou deformaci povrchové vrstvy
- Fázové změny a vznik tepelných pnutí
- Vznikem zbytkových napětí.

Tyto změny můžeme doložit velikostí zrna v obrobeném materiálu. Zbytková napětí můžeme snížit ovlivněním mechanických vlastností obrobku. Při obrábění materiálů působí teplotní pole na povrchovou vrstvu obrobku, uvažujeme-li tento stav vznikají pnutí tahová. Při působení mechanických sil dojde k vyvolání pnutí tlakových. Jestliže přivedeme do místa řezu kapalinu sníží se teplota řezání a ovlivní se zbytková pnutí tahová. Zmenšíme-li tření sníží se i řezné síly a tak kapalina ovlivní i pnutí tlakové.⁷

7 NEPŘÍMÉ CHLAZENÍ VODY A CHLADÍCÍCH EMULZÍ

Zařízení pro nepřímé chlazení od firmy Rittal disponuje chladicími výkony od 0,96 až do 172 kW a uplatní se i v nejnáročnějších podmínkách. Toto zařízení nachází své uplatnění v celé řadě průmyslových odvětví, především při chlazení částí při obrábění jako jsou ¹⁴:

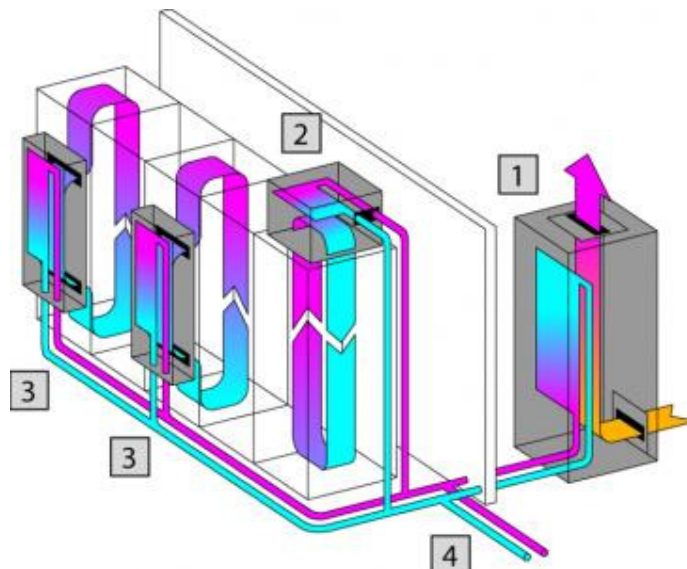
- Chlazení motorů
- Chlazení vřeten
- Chlazení plášťů svařovacích hlavic
- Chlazení rozváděčových skříní

Díky vysokému rozsahu a zejména ve zvláštní oblasti odvětví lze řešit i individuálně. ¹⁴



Obr. 7.1 Zařízení pro nepřímé chlazení (14)

7.1.1 Princip nepřímého chlazení



Obr. 7.2 Název obrázku nebo grafu (14)

Princip nepřímého chlazení spočívá v cirkulaci chladicího media v uzavřeném chladícím okruhu, přičemž dochází k přenosu tepelného ztrátového výkonu ze spotřebiče na medium. Takto ohřáté medium je následně dopraveno pomocí čerpadla integrovaného v jednotce do výměníku zařízení pro nepřímé chlazení, kde je ochlazeno. Regulace použitá v jednotkách umožňuje dosáhnout jak vysoké stálosti media, tak i možnosti plynulé změny teploty, například v závislosti na změně okolní teploty či změně aktuální teploty daného spotřebiče.¹⁴



Obr. 7.3 Příklad použití nepřímého chlazení (14)

8 MODERNÍ TRENDY VE VÝVOJI KAPALIN

V případě třískového obrábění ovlivňují procesní kapaliny zejména mechaniku tvoření třísky, silové jevy a třecí práci na stykových plochách mezi nástrojem a obrobkem, topografii a zpevnění obrobeného povrchu. Důležitá je i čisticí funkce pro odstraňování třísky, případně opotřebovaných brusných zrn z místa řezu. Dobrá procesní kapalina musí dále vykazovat antikorozní vlastnosti, nesmí vytvářet lepivé úsady a nesmí vyvolávat barevné změny na povrchu kovu. Nezanedbatelným požadavkem je také snadná odstranitelnost kapaliny z povrchu kovu.¹²

8.1 Nadnárodní společnost Cimcool Europe B.V.

Tyto výše uvedené požadavky splňují výrobky firmy Cimcool Europe B.V. Firma působí na českém trhu již více než 10let. Mateřskou firmou je firma Milacron Inc. Velká nadnárodní společnost se zabývá výrobou strojů na výrobu plastů a výrobou a vývojem procesních kapalin.



Obr. 8.1 Laboratoř v centrále firmy Cimcool B.V.

8.1.1 Oblasti využití Cimcool kapalin na trhu :

Do běžné praxe dodává firma kapaliny na trh především v oblasti

- Soustružení
- Frézování
- Vrtání
- Broušení
- Řezání

Na trhu se můžeme setkat s kapalinami řady

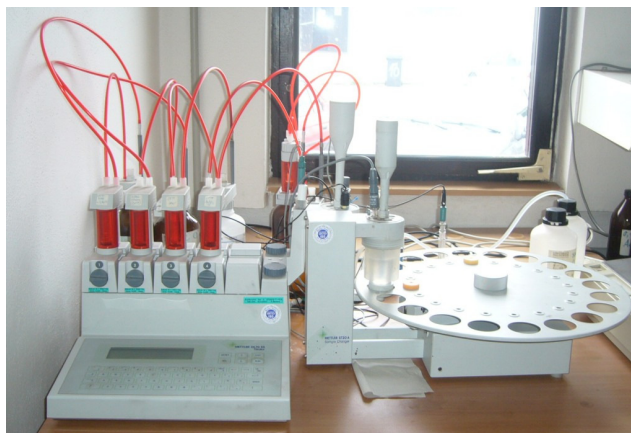
- CIMSTAR – polysyntetické , použití - viz příloha č.3
- CIMTECH – syntetické
- CIMPERIAL – emulze
- MILFORM – kapaliny pro obrábění kovů
- CIMFREE – obnovitelné kapaliny na bázi oleje
- MILPRO – čisté oleje

8.1.2 Jedinečnost firmy – vlastní laboratoř

Předností této firmy je špičkový servis pro zákazníka spolu se zpětnou vazbou díky laboratoři.

Proces sledování spočívá ve výběru správného produktu, aplikací daného produktu, odstraňování cizích olejů, provzdušňování kapaliny, udržování pořádku na pracovišti, sledování parametrů kapaliny, v řízeném doplňování produktu.

V laboratoři se zkoumají jednotlivé vzorky kapalin od zákazníka a vyhodnocují se.



Obr. 8.2 Laboratoř na území ČR

8.1.3 Přínos pro koncového zákazníka

Firma Cimcool Europe B.V. běžně uvažuje, vystupuje a dodává procesní kapaliny s ohledem na jakost. Tato skutečnost byla podpořena získáním certifikátu ISO 9002 s přechodem na certifikaci jakosti ISO 9001 v roce 1994.

Evropská centrála firmy ve Vlaardingenu má certifikát ISO 14001 od roku 1998 a splňuje proto požadavky na ochranu životního prostředí. Kromě

tohoto faktu firma pravidelně zkvalitňuje zdravotní nezávadnost procesních kapalin viz. Příloha č.4.

Přínosem pro zákazníka je sledování každé používané procesní kapaliny, což má za kladný účinek

- na životnost směsí,
- snížení množství odpadů,
- omezení narušování recesů obrábění,
- celkově nižší náklady.

Tyto přínosy se vyhodnocují na základě grafu, který se umísťuje viditelně u každého obráběcího stroje, kde se používá procesní kapalina. V grafu se sleduje koncentrace kapaliny a její pH.

8.1.4 Refraktometr

Stanovení koncentrace kapaliny se provádí pokusem pomocí refraktometru. Použití viz. Příloha č. 1



Obr. 8.2 Refraktometr CIMCOOL B.V.

8.1.5 Koncentrace kapalin

Koncentrace kapaliny se dosáhne namícháním dané kapaliny s vodou. V samotné výrobě se pak k jednotlivým barelům zapojuje přidavné zařízení pro namíchání příslušné koncentrace. Viz. Příloha č.2.

8.1.6 Skladování kapalin



Obr. 8.3 Skladování kapalin CIMCOOL B.V.

Důležité u těchto kapalin je správné skladování. Dnes se využívá balení v 250l kontejnerech, 100l sudech a 25l kanystrech.

Každé balení má své označení, díky kterému firma funguje na principu FIFO (First in, first out). Tedy žádná kapalina není ve skladu déle než je nutné a může tak dodržet své účinky, které jsou podrobně rozebrány v kapitole 3.



Obr. 8.4 Back code kapalin CIMCOOL B.V.

ZÁVĚR

Procesní kapaliny představují významnou složku v technologii obrábění. A to i v době, kdy se uplatňují moderní výkonné nástrojové materiály.

Význam procesních kapalin je v tom, že významně ovlivňují jakost obrobené plochy, prodlužují trvanlivost nástrojů a napomáhají odvodu třísky z řezného prostředí a pomáhají při udržování čistoty stroje a pracovního prostředí.

Procesní kapaliny používané při obrábění mají více funkcí. Kromě dvou základních funkcí napomáhají i lepšímu utváření a odvodu třísek z místa řezu. Procesní kapaliny zlepšují jakost obrobené plochy a usnadňují proces řezání.

Moderní výroba by měla brát v úvahu některé nepatřičné vlivy procesních kapalin. Je třeba hledat cesty kdy a jak je upravit, případně omezit nebo vůbec nepoužívat. Tyto nové požadavky na procesní kapaliny vycházejí z nároků na lepší, zdravější, bezpečnější a ekologické pracovní prostředí.

Ekologické požadavky se opírají nejen o vliv procesních kapalin na pracovní prostředí, ale také o ekonomické nároky, tj. snižování výrobních nákladů. Protože ve výrobě nelze procesní kapaliny úplně vynechat je třeba řešit i otázku ekologického skladování a následné likvidace.

Přední výrobci a dodavatelé procesních kapalin se v současné době starají o zákazníka komplexně. Výrobci se zabývají kompletním servisem, který zahrnuje vyřízení objednávky, dodávku procesních kapalin přesně na přání zákazníka, pravidelné sledování kapaliny ve výrobě a následně vhodné inovace, řízení skladu, čištění a údržba, likvidace a školení pracovníků zákazníka dle potřebných požadavků.

Proto v dnešní době se dostává do popředí zájmu obrábění za sucha. Tyto tendence se ještě zvyšují, protože s příchodem nových povlakovaných materiálů už se nevyžaduje taková ochrana nástroje proti tepelnému přetížení. Ve všech případech obrábění ale nelze obrábět bez chlazení a je nutno nadále využívat přívodu procesní kapaliny při obrábění.

Každý technolog musí znát nejen vlastnosti procesních kapalin, ale musí vědět jak je používat a kterého výrobce si vybrat. Toto ale závisí na druhu operace a požadavcích na jakost.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. PŘIKRYL, Z. MUSÍLKOVÁ, R. *Teorie obrábění*. 3.vyd. Praha : SNTL, ALFA, 1982. 235s. ISBN 04-230-82
2. HUMÁR, Anton. *Slinuté karbidy a řezná keramika pro obrábění*. 1.vyd. Brno : CCB spol. s. r. o., 1995. 267 s. ISBN 80-85825-10-4
3. AB Sandvik Coromant - Sandvik CZ, s.r.o. *Příručka obrábění - Kniha pro praktiky*. Přel. Miroslav Kudela. 1. české vydání. Praha: Scientia, s. r. o. Praha 6, 1997. 857 s. Přel. z: Modern Metal Cuttig - A Practical Handbook. ISBN 91-97 22 99-4-6
4. HUMÁR, Anton, PÍŠKA, Miroslav. Testování řezivosti nových nástrojových materiálů. *MM Průmyslové Spektrum– Speciální vydání*. Zář 2004. 110 s. ISSN 1212-2572
5. KOČMAN, Karel, PROKOP, Jaroslav. *Technologie obrábění*. Brno : AKADEMICKÉ NAKLADETELSTVÍ CERM, s. r. o. Brno, 2005. 270 s. ISBN 80-214-3068-0
6. KOČMAN, Karel. *Speciální technologie. Obrábění*. Brno : AKADEMICKÉ NAKLADETELSTVÍ CERM, s. r. o. Brno, 2004. 227 s. ISBN 80-214-2562-8
7. BUMBÁLEK, Bohumil. Obrábění s chlazením nebo za sucha ? . *Ekologie obrábění*. Brno : 2000. 91 s. ISBN 80-7044-232-8
8. SOUKUP, Milan. Využití technické tribodiagnostiky v praxi. *MM Průmyslové Spektrum*. Zář 2004. 128 s. ISSN 1212-2572
9. TRENT, E. M. and WRIGHT, P. K. *Metal Cutting*. 4th editione. Butterworth, Heinemann. 2000, Oxford, 446 p. ISBN 0-7506-7069-x
10. DOBEŠ, Petr. Současné trendy v oblasti kapalin pro obrábění. [online] *MM Průmyslové Spektrum*. [cit. 25.2.2008] Dostupné na World Wide Web : <<http://www.mmspektrum.com/clanek/soucasne-trendy-v-oblasti-kapalin-pro-obrabeni>>
11. HUMÁR, Anton, PÍŠKA, Miroslav. Testování PVD povlaků na rychlořezných vrtácích.[online] *MM Průmyslové Spektrum*. [cit. 25.2.2008] Dostupné na World Wide Web : <<http://www.mmspektrum.com/clanek/testovani-pvd-povlaku-na-rychlorezných-vrtacích>>
12. KŘÍŽ, Petr. Moderní trendy ve vývoji obráběcích kapalin.[online] *MM Průmyslové Spektrum*. [cit. 25.2.2008] Dostupné na World Wide Web : <<http://www.mmspektrum.com/clanek/moderni-trendy-ve-vyvoji-obrabecich-kapalin>>
13. HOFMANN, Petr. Obrábění za sucha ano či ne?. [online] *MM Průmyslové Spektrum*. [cit. 25.2.2008] Dostupné na World Wide Web : <<http://www.mmspektrum.com/clanek/obrabeni-zasucha-ano-ci-ne>>
14. Rittal : Zařízení pro nepřímé chlazení vody a chladících emulzí. ?. [online] *MM Průmyslové Spektrum*. [cit. 25.2.2008] Dostupné na World Wide Web : <http://www.mmspektrum.com/clanek/zarizeni-pro-neprime-chlazení-vody-a-chladících-emulzí>

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

E_k	[J]	kinetická energie
H_d	[-]	tření
H_f	[-]	deformace
E_e	[-]	elastická energie
C_{vT}	[-]	konstanta pro T-v závislost s konstantní trvanlivosti
C_{v1}	[-]	konstanta pro rozšířenou T-v závislost
T_i	[min]	jednotlivé trvanlivosti
T	[min]	aritmetický průměr hodnot
x	[-]	počet možných ostření nástroje
C_T	[-]	konstanta
v	[m min ⁻¹]	řezná rychlost
m	[-]	exponent
T, T_1, T_2, T_3	[min]	trvanlivost nástroje
VB_k	[°]	kritické opotřebení břitu
a_p	[mm]	šířka záběru ostří
i_o	[-]	index obrobitelnosti
m	[-]	exponent pro T-v závislosti
n	[min ⁻¹]	otáčky obrobku
$v_c, v_{c1}, v_{c2}, v_{c3}$	[m min ⁻¹]	řezná rychlost
Z	[min]	životnost břitu
v_T	[m min ⁻¹]	řezná rychlost při konstantní trvanlivosti
α_o	[°]	nástrojový ortogonální úhel hřbetu
V_c	[m min ⁻¹]	řezná rychlost
v_{c15}	[m min ⁻¹]	řezná rychlost pro trvanlivost 15 minut

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Nejjednodušší metoda určování koncentrace chladící kapaliny (Cimcool Europe B.V.)
- Příloha 2 Efektivní způsob směšování koncentrátů řezné kapaliny a vody (Cimcool Europe B.V.)
- Příloha 3 CIMSTAR Polysyntetické obráběcí kapaliny firmy Cimcool (Cimcool Europe B.V.)
- Příloha 4 Plán ochrany pokožky (Cimcool Europe B.V.)
- Příloha 5 Zaměření kapalin pro obrábění kovů na lidský faktor (Cimcool Europe B.V.)