



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

MODERNÍ PROCESNÍ KAPALINY PRO OBRÁBĚNÍ

MODERN COOLING LUBRICANT FOR METAL MACHINING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Ing. MARKÉTA MENŠÍKOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. OSKAR ZEMČÍK, Ph.D.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Ing. Markéta Menšíková

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Moderní procesní kapaliny pro obrábění

v anglickém jazyce:

Modern cooling lubricant for metal machining

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rešerše problematiky procesních kapalin. Stávající stav na trhu. Zhodnocení a doporučení použití procesních kapalin pro strojírenské aplikace.

Cíle bakalářské práce:

- rešerše problematiky procesních kapalin
- základní principy a metody chlazení a mazání při obrábění
- stávající stav na trhu
- obecné technicko-ekonomické zhodnocení

Seznam odborné literatury:

1. MANG, Theo a Wilfried DRESEL. Lubricants and Lubrication. 2. vyd. Weinheim: Wiley-VCH, 2007, 848 s. ISBN 978-3-527-31497-3.
2. TIMINGS, R.L. a Steve. WILKINSON. Manufacturing technology: Volume 2. 2. vyd. Edinburgh Gate: Pearson Education, 2000, 432 s. ISBN 0-582-357977.
3. VOCEL, Milan a Vladimír DUFEK. KOLEKTIV. Tření a opotřebení strojních součástí. 1. vyd. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1976.
4. KAFKA, J. a M. VRABEC. Technologie obrábění. Praha: ČVUT, 2006, 120 s. ISBN ISBN 80-01-01355-3.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Oskar Zemčík, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 22.11.2013

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na rešerši problematiky procesních kapalin pro obrábění. Práce popisuje základní principy a metody chlazení a mazání při obrábění, druhy procesních kapalin, provozní činnosti spojené s jejich používáním a současný stav na trhu. Výstupem práce je obecné technicko-ekonomické zhodnocení pro použití procesních kapalin ve strojírenské aplikaci.

Klíčová slova

procesní kapalina, chladicí účinek, mazací účinek, přívod procesních kapalin, řezný proces

ABSTRACT

This Bachelor's thesis focuses on literature search of problems of process liquids. This thesis describes basic principles and methods of cooling and lubrication in machining, sorts of process liquids, activities associated with the use of these liquids and current market situation. The output of this thesis is general technical economic evaluation for using process liquids in machining.

Key words

process liquids, cooling effect, lubricating effect, inlet liquids, cutting process

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

MENŠÍKOVÁ, Markéta. *Moderní procesní kapaliny pro obrábění*. Brno 2014. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 50 s. příloh 10. Vedoucí práce Ing. Oskar ZEMČÍK, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Moderní procesní kapaliny pro obrábění** vypracoval(a) samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....
Datum

Ing. Markéta Menšíková

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Zemčíkovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky, které byly velmi přínosné při zpracování této práce.

OBSAH

ÚVOD.....	8
1 Obrábění s procesními kapalinami	9
1.1 Požadavky na řezné prostředí	9
1.2 Vliv procesní kapaliny na obrábění	13
1.3 Přívod řezné kapaliny	18
2 Druhy procesních kapalin	20
2.1 Řezné oleje.....	20
2.2 Vodou mísitelné řezné kapaliny	21
3 Volba procesní kapaliny	24
3.1 Vliv operace obrábění.....	24
3.2 Vliv nástrojového materiálu.....	25
3.3 Vliv obráběného materiálu.....	26
4 Nové trendy v oblasti řezných kapalin	27
4.1 Obrábění bez řezných kapalin.....	27
4.2 Obrábění s minimálním množstvím kapaliny	28
4.3 Nasazení alternativních ekologických kapalin	29
4.4 Obrábění s multifunkčními oleji	30
4.5 Obrábění s řeznými kapalinami, které vytvářejí méně emisí.....	30
4.6 Náhrada emulzí oleji	30
5 Nakládání s procesními kapalinami	31
5.1 Uskladnění	31
5.2 Příprava	31
5.3 Monitorování kapalin a úpravy v provozu.....	31
5.4 Čištění procesních kapalin	34
5.5 Výměna	35
5.6 Likvidace	36
5.7 Zajištění bezpečnosti práce	36
6 Trh procesních kapalin pro obrábění	38
6.1 Světový trh procesních kapalin pro obrábění	38
6.2 Trh procesních kapalin pro obrábění v ČR.....	38
7 Technicko ekonomické zhodnocení.....	41
ZÁVĚR	44
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	45
Seznam použitých symbolů a zkratek.....	48
Seznam obrázků.....	49
Seznam tabulek	49
SEZNAM PŘÍLOH.....	50

ÚVOD

Použití procesních kapalin při obrábění je jednou z nejjednodušších cest, jak zvýšit výkonnost obrábění. Použitím vhodně zvolené kapaliny lze dosáhnout až čtyřnásobného zvýšení trvanlivosti nástroje a zvýšení produktivity obrábění o 10 až 50 %. Z těchto důvodů je výběr a použití procesních kapalin zásadní ekonomickou a technickou otázkou.

První použití procesních kapalin při obrábění kovů se datuje už do starověku, kdy se používaly hlavně živočišné a rostlinné tuky, např. palmový nebo olivový olej a voda. Význam kapalin postupně rostl s vývojem řezných nástrojů a zvyšováním řezných rychlostí.

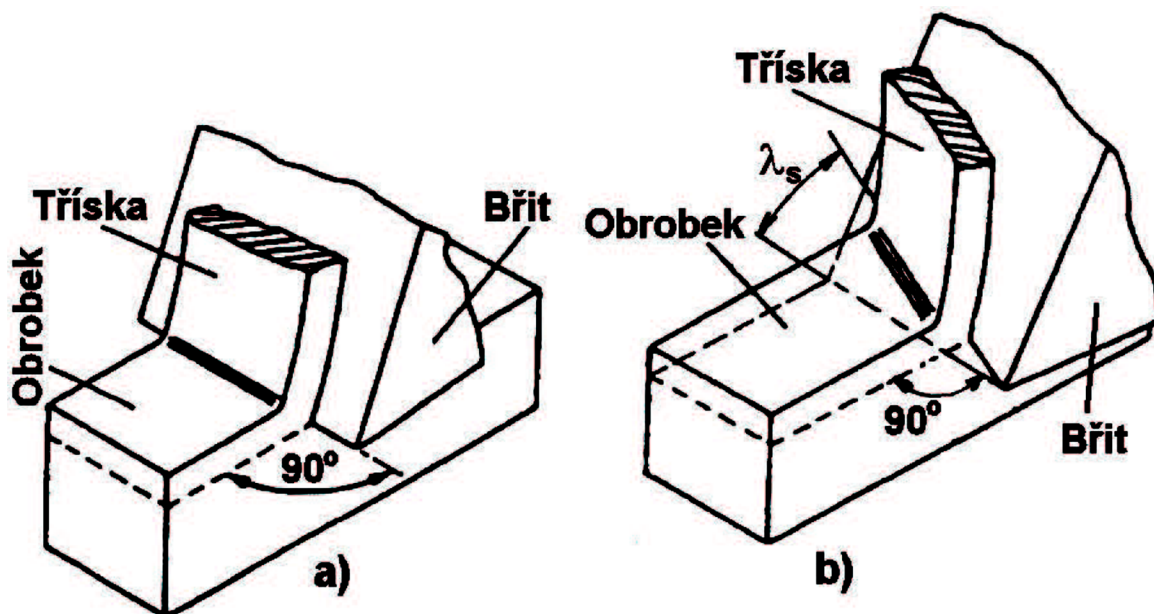
Přínos obrábění s procesními kapalinami jednoznačně prokázal v roce 1894 F. Taylor, když zjistil, že použitím chlazení lze zvýšit řeznou rychlost až o 33 %, bez toho, že se sníží trvanlivost nástroje. Svůj poznatek dále rozvedl a sestrojil první centrální systém pro přívod řezné kapaliny.

Na počátku 20. Století se využívaly hlavně vodné roztoky a následně olejové emulze, které zajistily dostatečné chlazení a mazací účinek. Emulze se velmi rychle ujaly a dnes stále patří mezi nejpoužívanější obráběcí kapaliny. Jejich složení se ovšem v čase měnilo. Začala se přidávat aditiva, která odstranila jejich nežádoucí efekty při použití.

Poslední vývoj používání obráběcích kapalin je poznamenán dvěma základními trendy. Firmy se snaží snižovat náklady na kapaliny a zároveň musí plnit požadavky legislativy životního prostředí a bezpečnosti práce.

1 OBRÁBĚNÍ S PROCESNÍMI KAPALINAMI

Při obrábění dochází k oddělování částic materiálu obrobku břitem nástroje. Vlastní proces fyzikálně-mechanického oddělování materiálu obrobku se specifikuje jako řezání, respektive řezný proces [17, s. 3]. Schéma procesu je na obrázku č. 1.



Obr. 1 Realizace řezného procesu [17].

a - ortogonální řezání; b – obecné řezání

Obrábění probíhá v systému, jehož základními prvky jsou stroj, nástroj, obrobek a prostředí. Přírodním prostředím pro obrábění je vzduch (obrábění za sucha), častěji se však využívají obráběcí kapaliny, které mají lepší chladicí, mazací a čistící účinek. Kromě kapalin se v praxi dále setkáváme s řeznými médii v plynném a pevném skupenství. [16]

Použitím vhodných procesních kapalin lze pozitivně ovlivnit

- trvanlivost nástroje
- tvorbu a odvod třísky
- řeznou sílu
- tvorbu nárůstku
- přesnost, strukturu a kvalitu obráběných ploch. [47]

1.1 Požadavky na řezné prostředí

Řezné prostředí a tedy i procesní kapaliny musí splňovat následující požadavky:

- chladicí účinek
- mazací účinek
- čistící účinek
- provozní stálost
- ochranný účinek
- zdravotní nezávadnost
- přeměřené náklady. [17]

Chladicí účinek

Řezné prostředí odvádí část tepla z místa řezu, které vzniká při procesu obrábění. V důsledku toho se snižuje teplota řezání, snižuje se opotřebení nástroje, zvyšuje se trvanlivost nástroje a jakost povrchové vrstvy obrobeneé plochy. Vznik a odvod tepla je popsán vztahy (1) a (2). [17]

$$Q_e = Q_{pd} + Q_\gamma + Q_\alpha \quad (1)$$

kde:

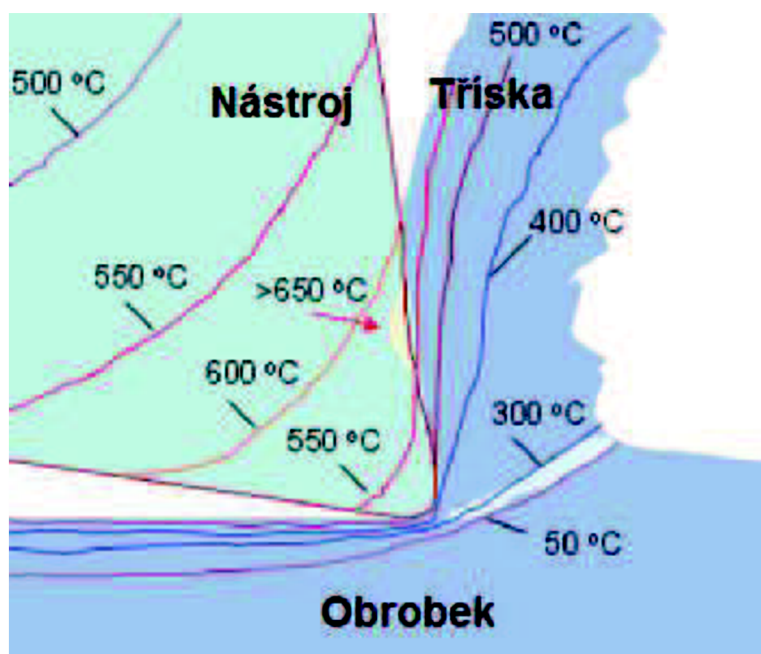
- Q_e [J] - teplo řezného procesu,
- Q_{pd} [J] - teplo vzniklé v oblasti plastických deformací při tvoření třísky,
- Q_γ [J] - teplo vzniklé v oblasti tření třísky po čele nástroje,
- Q_α [J] - teplo vzniklé v oblasti hřbetu nástroje po přechodové ploše obrobku.

$$Q_e = Q_t + Q_o + Q_n + Q_{pr} \quad (2)$$

kde:

- Q_t [J] - teplo odvedené třískou,
- Q_o [J] - teplo odvedené obrobkem,
- Q_n [J] - teplo odvedené nástrojem,
- Q_{pr} [J] - teplo odvedené řezným prostředím.

Příklad teplotního rozložení třísky, nástroje a obrobku je uveden na obrázku číslo 2.

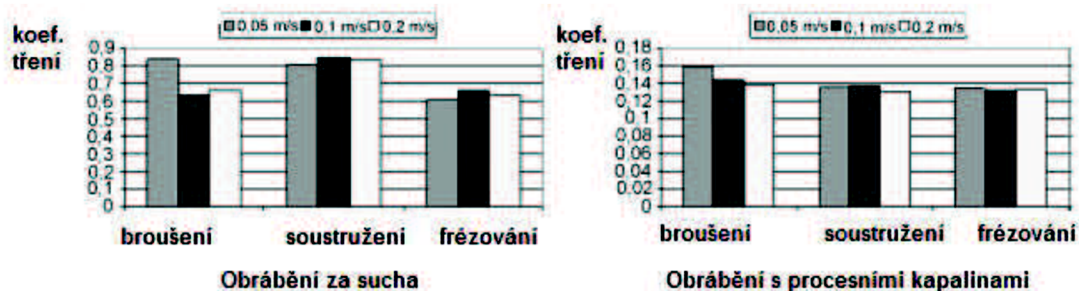


Obr. 2 Rozdělení teploty při obrábění [12]

Chladicí účinek řezného prostředí se zvyšuje se smáčecí schopností prostředí, výparným teplem, rychlostí vypařování, tepelnou vodivostí, měrným teplem a s průtokovým množstvím média. [17]

Mazací účinek

Médium vytváří na povrchu obrobku a nástroje vrstvu, která snižuje tření mezi nástrojem a obrobkem. Přínosem mazání je zmenšení řezných sil a spotřeby energie a také zlepšení jakosti obrobku. Mazací účinek se uplatňuje zejména u dokončovacího obrábění, protahování, při výrobě závitů a ozubení. Vliv procesní kapaliny na tření je znázorněn na obrázku č. 3. [17]



Obr. 3 Koeficient tření při obrábění za sucha a procesními kapalinami [39].

Mazací schopnost závisí na viskozitě a na pevnosti vytvořené mazací vrstvy. Médium s vyšší viskozitou obtížně proniká mezi třecí plochy, obtížně proudí a v konečném důsledku snižuje odbod tepla. Další nevýhodou je skutečnost, že ulpívá na třískách a dochází tak ke značným ztrátám. Viskozita klesá s rostoucí teplotou. [17]

Závislost změny viskozity na teplotě udává viskozitní index. Čím je viskozitní index vyšší, tím je závislost viskozity na teplotě menší. [23]

Pevnost mazací vrstvy zvyšují povrchově aktivní látky (aditiva), které se přidávají do řezných médií. Povrchově aktivní látky obsahují polární částice s elektrickým nábojem, které se orientují na kovový povrch a vytvářejí na něm relativně pevnou mazací vrstvu. Jako aditiva se používají sloučeniny síry, chloru a fosforu, které jsou neekologické. [16]

Čistící účinek

Médium odnáší třísku z místa řezu. Čistící účinek je nezanedbatelný zejména při broušení, kde příznivě působí na řezivost brousícího kotouče a při řezání závitů, vrtání hlubokých děr a obdobných operacích, při kterých médium musí odnášet třísky z místa řezu. [17]

Základní fyzikální veličina, která charakterizuje čistící vlastnosti vodou mísitelných obráběcích kapalin je povrchové napětí. Čím vyšší je hodnota povrchového napětí kapaliny, tím horší jsou čistící vlastnosti obráběcí kapaliny. Příliš nízké hodnoty povrchového napětí naopak vedou k pění. Typické hodnoty povrchového napětí vodou mísitelných obráběcích kapalin za pokojové teploty a optimálních provozních podmínek jsou uvedeny v tabulce číslo 1. [19]

Tab. 1 Hodnoty povrchového napětí obráběcích kapalin [19].

Obráběcí kapaliny	Hodnota povrchového napětí
Destilovaná voda	72,8 mN/m
Mikroemulze pro obrábění hliníku	35 až 40 mN/m
Mikroemulze pro obrábění železných kovů	33 až 36 mN/m
Syntetické vodou mísitelné kapaliny	30 až 33 mN/m

Čistící účinek je dále vysoce závislý na množství použité procesní kapaliny, metodě přívodu, rychlosti proudění a koncentraci čistících prvků v kapalině. [45]

Provozní stálost

Provozní stálost média posuzujeme podle doby mezi jednotlivými výměnami média. Po celou dobu používání musí zůstat vlastnosti média stejné. Provozní stálost závisí na fyzikálních a chemických vlastnostech média a na pracovní teplotě. [17]

Stárnutí média je příčinou zhoršování jeho funkčních vlastností, zmenšení mazacího účinku, ztráty ochranných schopností, koroze a hnilobného rozkladu. Stárnutí prostředí olejového typu je doprovázeno vznikem pryskyřičnatých usazenin, které mohou způsobit i poruchu stroje. [17]

Ochranný účinek

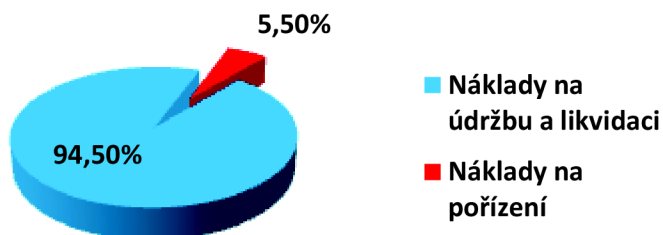
Řezné médium nesmí napadat kovy a způsobovat korozi. V opačném případě by bylo nutné výrobky mezi jednotlivými operacemi konzervovat a výrobní stroje by musely být chráněny před korozi. Antikorozivní účinek médií zvyšují pasivační přísady. Řezná média dále nesmí rozpouštět nátěry strojů a ničit gumová těsnění. [17]

Zdravotní nezávadnost

Při obrábění přichází pracovník do přímého styku s řezným médiem. Látka proto nesmí být zdraví škodlivá, dráždivá, jedovatá a nesmí zamořovat ovzduší nepříjemným zápachem. Při práci s řeznými médii je nutné dodržovat základní zásady hygieny a bezpečnosti práce, jako jsou větrání, umývání, používání příslušných osobních ochranných pracovních prostředků apod. [17]

Přiměřené náklady

Při kalkulaci nákladů je třeba uvažovat cenu procesní kapaliny, spotřebu, náklady na výměnu a na likvidaci. Cena nesmí být jediným kritériem. Před vlastním ekonomickým hodnocením je třeba posoudit vliv procesní kapaliny na proces obrábění (průběh plastických deformací v zóně řezání, opotřebení, trvanlivost, ostření nebo výměnu nástroje, změny struktury povrchu obrobenej plochy, spotřebu energie). Struktura nákladů na procesní kapalinu pro obrábění je uvedena na obrázku číslo 4. [17]



Obr. 4 Náklady na procesní kapalinu pro obrábění [23].

1.2 Vliv procesní kapaliny na obrábění

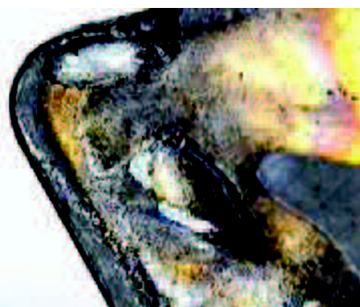
1.2.1 Vliv procesní kapaliny na opotřebení nástroje

Při obrábění opouští tříska řeznou zónu spolu s částicemi opotřebeného nástroje. Okamžité opotřebení nástroje je malé, ale v průběhu času se výrazně mění tvar břitu nástroje a nástroj ztrácí svou funkci. Opotřebení se vyskytuje jak na čele nástroje, tak na bočních plochách. [45]

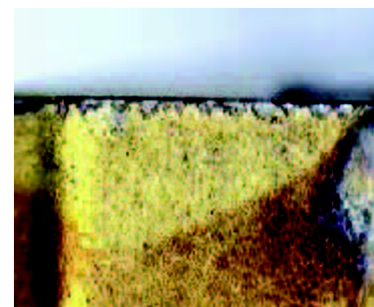
Nejčastější formy opotřebení jsou znázorněny na obrázku č. 5. [38]



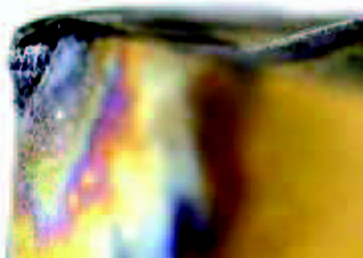
Otěr na hřbetu



Výmol na čele



Vyštipování břitu



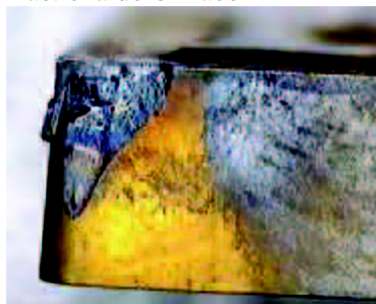
Plastická deformace



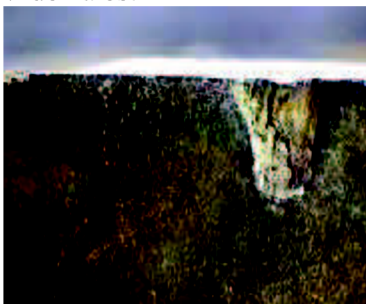
Vrub na ostří



Tepelné hřebenové trhliny



Vylomení destičky



Vylamování ostří



Nárůstek

Obr. 5 Opotřebení nástroje [38].

Na výše uvedeném opotřebení se podílejí následující mechanismy:

Abraze – v důsledku nehomogenity nástrojového materiálu a materiálu obrobku dochází k vybrušování měkčích částic materiálu nástroje tvrdšími částicemi materiálu obrobku nebo částmi rozpadlého nárůstku. Abraze je významná především při obrábění při nízkých řezných rychlostech (při obrábění nástroji z nástrojových a rychlořezných ocelí). [16]

Adheze – dochází ke vzniku a následnému porušování mikrospojů, které vznikly v důsledku kovového styku pohybujících se funkčních povrchů. Adheze je podmíněna zatížením a rychlostí pohybu funkčních ploch a schopností materiálu vytvářet adhezivní spoje. Adheze se uplatňuje při obrábění při nižších řezných rychlostech. [16, 49]

Difúze – mění se chemické složení povrchových vrstev stýkajících se materiálů v důsledku pohybu atomů mezi funkčními povrchy. K difuzi dochází při obrábění nástroji ze slinutých karbidů, keramiky atd. [16]

Oxidace – v důsledku oxidace vzdušným kyslíkem nebo působením řezných kapalin vznikají nové chemické sloučeniny. K opotřebení nástroje dochází při obrábění nástroji z rychlořezné oceli. [16]

Části opotřebení lze předcházet použitím účinného chlazení a zvýšením koncentrace chladicí emulze. Chlazení pozitivně ovlivňuje zejména otěr na hřbetu, výmol na čele, tvorbu násrůstku, plastickou deformaci a tepelné hřebenové trhliny. [38]

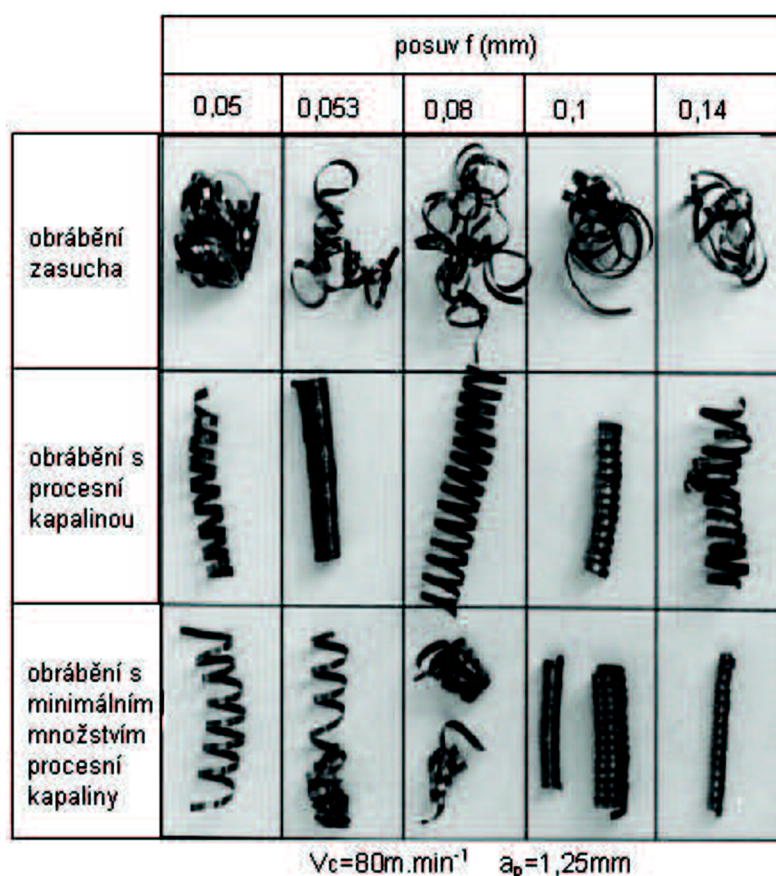
1.2.2 Vliv procesní kapaliny na tvorbu a odvod třísky

Z hlediska trvanlivosti nástroje a struktury povrchové vrstvy obrobku musí tříška splňovat následující požadavky:

- musí mít takový tvar, který zaujímá co nejmenší objem
- musí být krátká a přerušovaná, aby dobře odcházela z místa řezu. [17]

Tvar třísky závisí na hlavně na vlastnostech obráběného materiálu, geometrii nástroje, řezných podmínkách a nástrojovém materiálu. [17]

Z obrázku č. 6 je dále patrný vliv procesní kapaliny.



Obr. 6 Vliv procesní kapaliny na stáčení třísky [48].

Použití procesní kapaliny dále zabraňuje hromadění třísky v místě styku nástroje a obrobku. Hromadění třísek má za následek ohřívání obrobku a nástroje, které vede ke zhoršení povrchové struktury obrobku a přesnosti obrobku a snížení trvanlivost nástroje. [45]

1.2.3 Vliv procesní kapaliny na tvorbu nárůstku

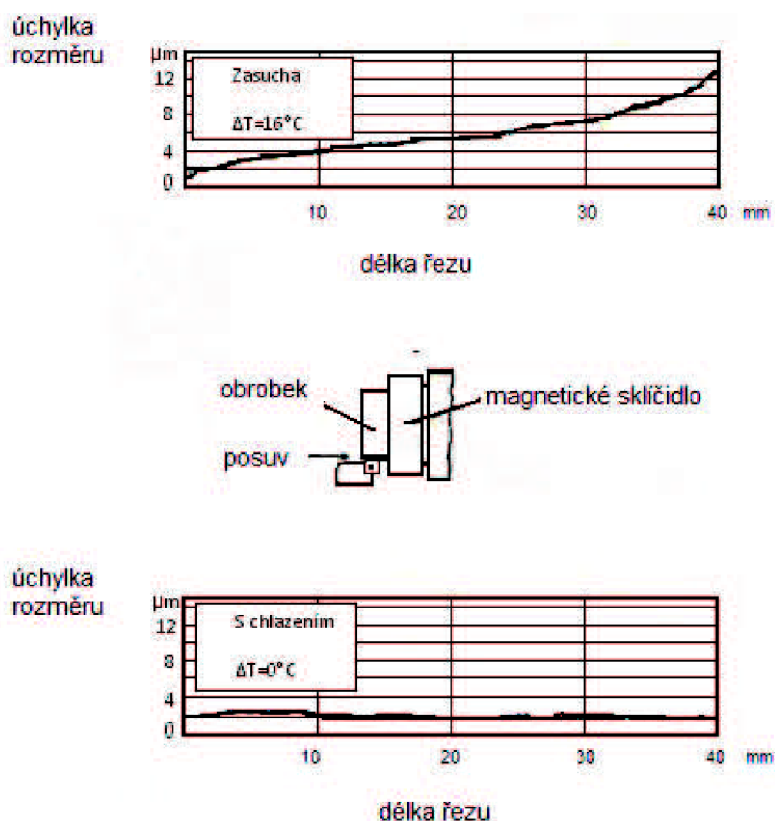
Nárůstek je silně spěchovaná, tvrdá a pevná vrstva obráběného materiálu, která vzniká na břit nástroje při odchodu třísky z místa řezu vlivem adheze. [17]

S narůstající teplotou klesá pevnost nárůstku a nárůstek se postupně rozpadá. Části nárůstku ulpívající na tříse způsobují opotřebení čela nástroje a části ulpívající na obrobku zhoršují strukturu obrobené plochy. [17]

Vzniku nárůstku lze zabránit změnou řezných podmínek a použitím procesních kapalin s vysokým mazacím účinkem, které změni třecí podmínky na čele nástroje a zamezí tvorbě kontaminovaných povrchů. [17]

1.2.4 Vliv procesní kapaliny na přesnost, strukturu a kvalitu obráběných ploch

Část tepla, které vzniká při procesu obrábění, je odváděno obrobkem. Dochází tak k tepelnému ovlivnění obrobku, které snižuje rozměrovou přesnost obrobku. **Vliv na rozměrovou přesnost** je popsán na obrázku č. 7.



Vnější soustružení

Řezné podmínky:

$$v_c = 180 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$f = 0,08 \text{ mm}$$

$$a_p = 0,2 \text{ mm}$$

Nástrojový materiál:

PCBN

Geometrie nástroje:

CNMA120412

$$VB_c = 0,09 \text{ mm}$$

Materiál obrobku:

100 Cr6 (ocel 14 109)

62 HRC

Rozměry obrobku:

$$D_o = 100 \text{ mm}$$

$$D_i = 80 \text{ mm}$$

$$L = 40 \text{ mm}$$

Obr. 7 Odchylka rozměrů sledovaná při obrábění s procesní kapalinou a za sucha [46].

Z obrázku č. 7 je zřejmé, při určitých hodnotách délky řezu dochází ke značným rozměrovým úchylkám. Při použití procesních kapalin je úchylka téměř nulová. Při obrábění s procesními kapalinami je možné dosáhnout tolerančních stupňů IT 00 a IT 01. Obrábění s procesními kapalinami je tedy důležité hlavně při velmi přesné výrobě, např. při výrobě měřidel a kalibrů.

Vliv na drsnost je popsán na následujícím pokusu:

Polotovár z kalené oceli (ocel 14109) o tvrdosti 50 HRB s rozměry 60x8x13,8 byl broušen brousícím kotoučem z Al_2O_3 s použitím procesní kapaliny, s minimálním množstvím kapaliny a za sucha. Při testu byla sledována dosažená drsnost povrchu. Při standardním chlazení byla použita vodou mísitelná kapalina s 5 % koncentrací, při MQL byl použit olej. Výsledky jsou znázorněny na obrázku č. 8. Z obrázku je patrné, že nejlepší kvality povrchu je dosahováno s použitím procesních kapalin. [42]

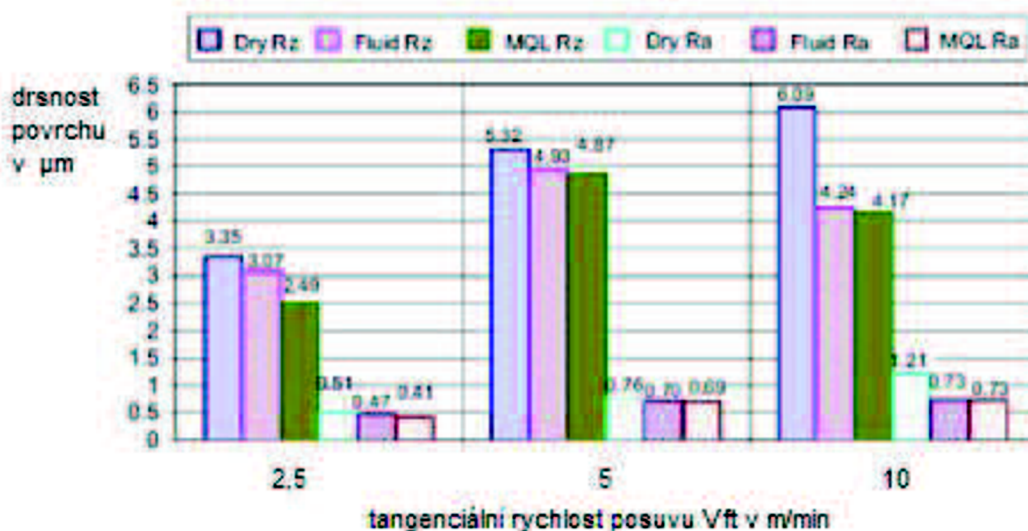
Broušení

Brousící kotouč: 22A46 18V300

Materiál: 100Cr6 (kaleno)

Parametry broušení: $v_c = 25$ m/s, $V_{ft} = 2,5$ m/min

Podmínky broušení: Dry (za sucha), Fluid (s kapalinou) MQL (minimální množství kapaliny)



Obr. 8 Drsnost povrchu v závislosti na rychlosti posuvu a řezném prostředí [42].

Plastická deformace, která často zasahuje pod úroveň budoucího povrchu vede ke **zpevnění povrchové vrstvy** obrobku. Tento vliv se uplatňuje zejména při velkých řezných úhlech řezu, např. při broušení. Ke zpevnění dochází také v souvislosti se zaobleným ostřím, díky kterému se materiál dělí v určité úrovni vůči poloměru a odcházející materiál je břitem deformován a zpevňován. Budoucí povrch obrobku tak vzniká nejenom řezáním, ale také tvářením. [16, 17]

Hloubka a intenzita zpevnění je závislá na vlastnostech obráběného materiálu a podmínkách deformace. Výsledkem zpevnění je vyšší tvrdost obrobku. Prudký pokles tvrdosti mezi vrstvami obrobku vede k odlupování povrchové vrstvy. Použitím procesní kapaliny se zmenšuje hloubka vrstvy zpevnění. [17]

Zbytková napětí v povrchové vrstvě vznikají v důsledku nerovnoměrné plastické deformace, teplotní roztažnosti při nerovnoměrném ohřevu nebo ochlazování, strukturálních změn materiálu v tuhém stavu, ke kterým dochází při vysokých teplotách a v důsledku chemických procesů ovlivněných difuzí a řezným prostředím. [16]

Podle kombinace výše uvedených faktorů vznikají na povrchu tahová nebo tlaková napětí. Pokud převažuje plastická deformace bez výrazného tepelného účinku, vytvářejí se tlaková napětí. Při souběžném tepelném a mechanickém zatěžování se vytvářejí tahová napětí. Vznikání tlakových napětí je výhodné, tahová napětí podporují růst trhlin. [16]

Pokud se k dvěma uvedeným mechanismům připojí ještě strukturální nebo chemické změny vznikají opět tahová nebo tlaková napětí. [16]

Procesní kapalina snižuje teplotu řezání a tím následně ovlivňuje zbytková tahová napětí. Tlaková napětí ovlivňuje svými mazacími účinky (snížením tření). [16]

1.2.5 Vliv procesní kapaliny na řeznou sílu

Vliv kapaliny na řeznou sílu je vysvětlen na následujícím případu:

Válcový polotovár z oceli (12 051) s rozměry $\text{Ø}80 \times 340$ mm byl soustružen nástrojem s vyměnitelnými břitovými destičkami při použití procesních kapalin a za sucha. [15]

V průběhu testu byla měřena řezná síla pro dvě rozdílné hodnoty hloubky řezu (0,5 mm a 1 mm), $v_c = 260$ m/min a $f = 0,14$ mm. Výsledky testu jsou znázorněny na obr. č. 9. Z obrázku je patrné, že použití řezné kapaliny přináší úsporu řezné síly pro obě uvažované hodnoty hloubky řezu. [15]

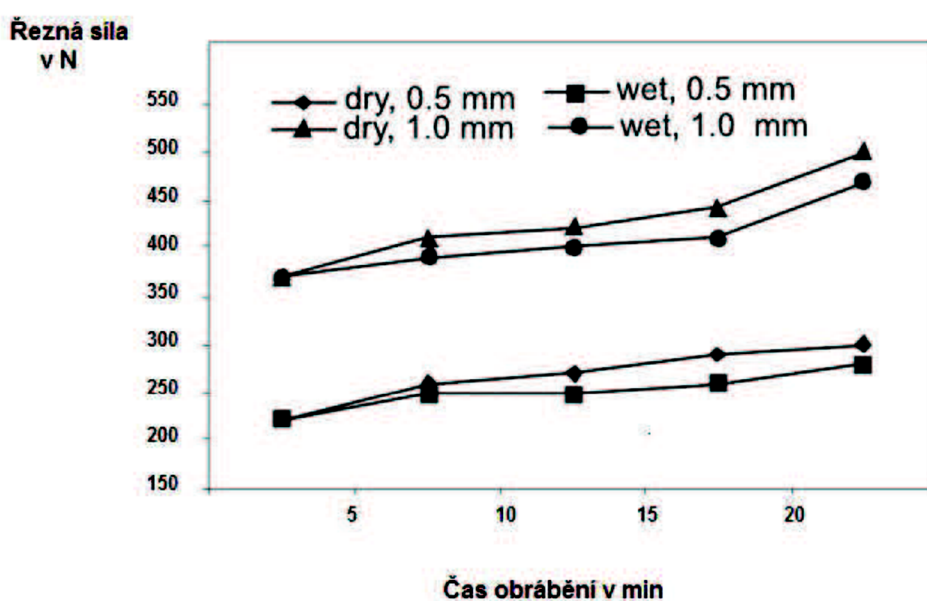
Soustružení

Nástroj: vyměnitelná břitová destička DNMG 150608(K10)

Materiál obrobku: ocel 12 051

Řezné podmínky: $v_c = 260$ m.min⁻¹, $f = 0,14$ mm, $a_p = 0,5$ mm / 1 mm

Podmínky: Dry (za sucha), Wet (s kapalinou)

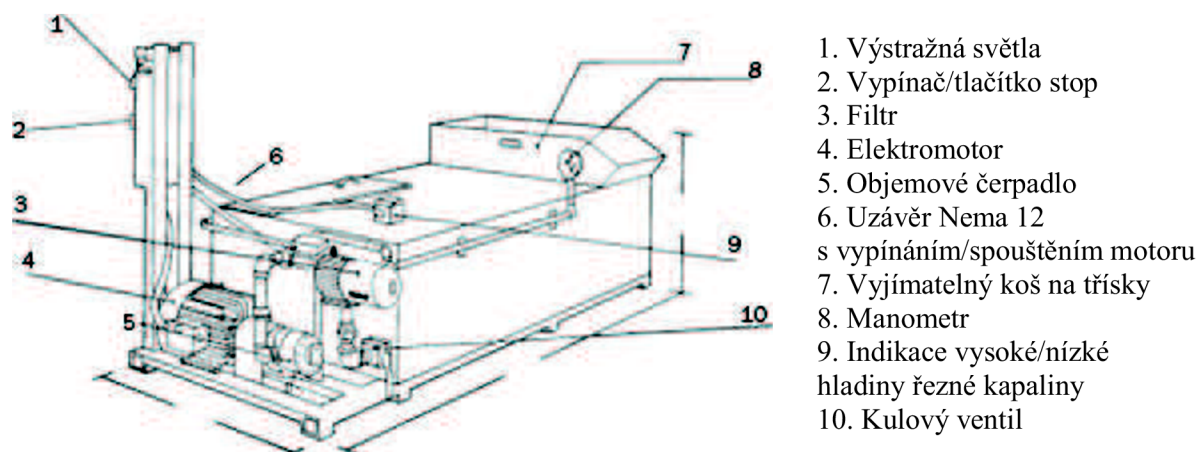


Obr. 9 Tangenciální řezná síla v čase při obrábění s procesními kapalinami a za sucha [15].

1.3 Přívod řezné kapaliny

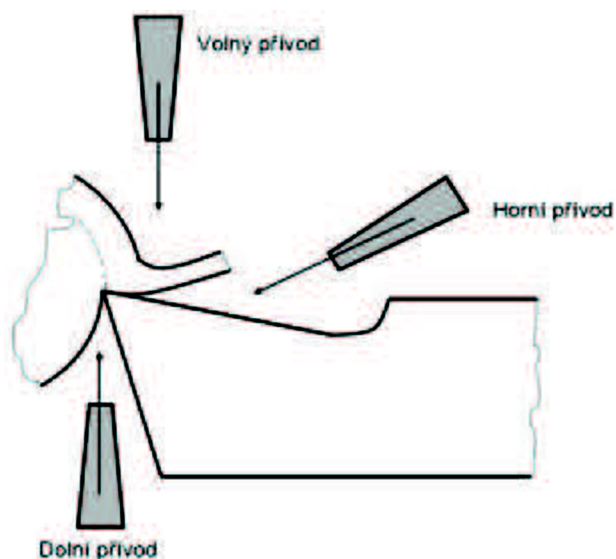
Řezná kapalina může být přiváděna z centrálního okruhu nebo z individuálního systému, který je součástí obráběcího stroje. Využití centrálního okruhu je výhodné v případech, kdy je možné všechny prováděné operace realizovat s jedním druhem procesní kapaliny. Použití centrálního okruhu přináší úsporu v nákladech na provoz. [23]

Na obrázku č. 10 je znázorněn systém pro přívod řezné kapaliny.



Obr. 10 Systém pro přívod řezné kapaliny [37].

Přívod řezné kapaliny do místa řezu má velký vliv na trvanlivost nástroje a jakost obrobenej plochy. V praxi se setkáváme s následujícími způsoby přívodu: [17]



Obr. 11 Přívod řezné kapaliny do místa řezu [17].

Standardní přívod řezné kapaliny nevyžaduje žádnou speciální úpravu systému. Skládá se z nádrže, čerpadla a rozvodového potrubí. Řezná kapalina vystupuje z výstupní trysky, tak, jak je uvedeno na obrázku č. 11. [17]

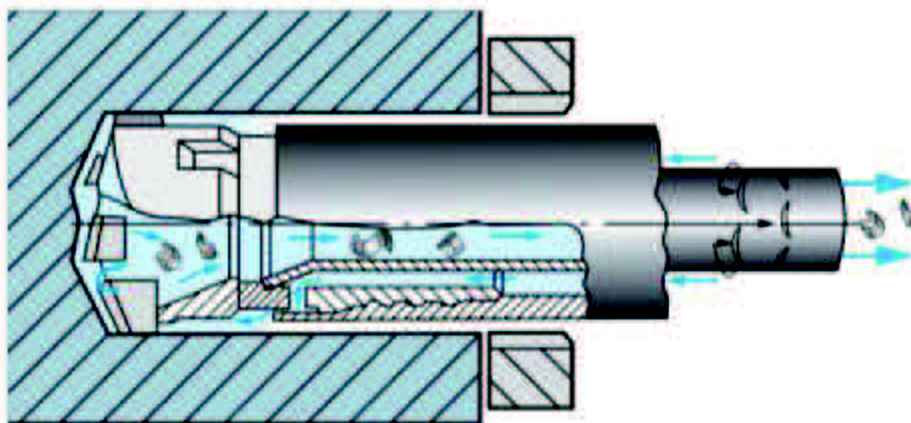
Trvanlivost nástroje lze významně zvýšit použitím podchlazené řezné kapaliny, tzn. použít vodou mísitelné kapaliny o teplotě 5 až 7 °C nebo oleje o teplotě 15 až 20 °C. [17]

Chlazením řeznou mlhou lze dosáhnout velmi dobrého odvodu tepla z místa řezu, zvýšení výkonu obrábění a úspory řezné kapaliny. Řezná kapalina je rozptýlována vzduchem vytékajícím z trysky rychlostí až 300 m.s⁻¹. [17]

Při tlakovém chlazení je řezná kapalina přiváděna zesponu na břit nástroje pod vysokým tlakem (0,3 až 3 MPa). Množství přiváděné kapaliny se pohybuje v rozmezí 0,5 až 2 l.min⁻¹. Nevýhodou této metody je rozstřikování kapaliny a tvorba mlhy. Pracovní prostor stroje musí být proto zakrytován, aby se zabránilo znečištění pracovního prostředí. [17]

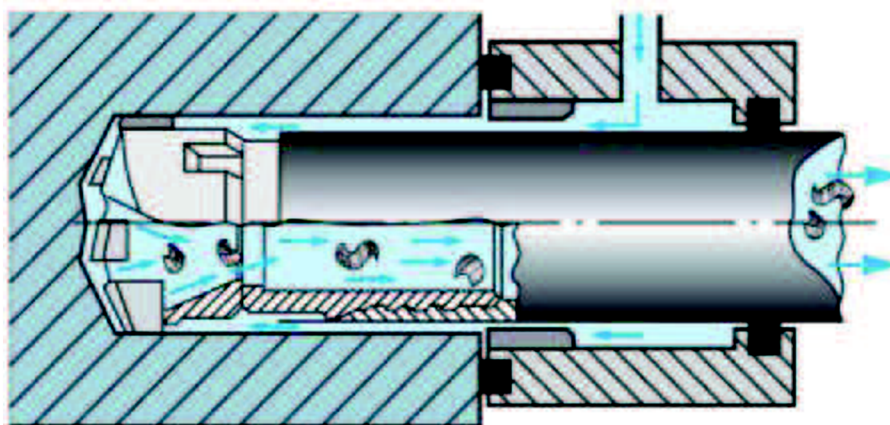
Vnitřní chlazení se uplatňuje zejména při soustružení nástroji ze slinutých karbidů, při broušení a při vrtání hlubokých děr a vrtání těžkoobrobitelných materiálů. Přináší výrazné zvýšení výkonu obrábění, zlepšuje odvod třísek a zlepšuje drsnost broušené plochy. Vnitřní chlazení klade zvýšené požadavky na čištění řezné kapaliny. [17]

Na obrázcích 12 a 13 jsou znázorněny 2 základní systémy pro vrtání hlubokých děr s vnitřním přívodem řezné kapaliny.



Obr. 12 Ejektorový systém [37].

Ejektorový systém využívá dvě trubky. Kapalina je přiváděna mezi vnitřní a vnější trubku. Většina kapaliny je vedena k vrtací hlavě, zbytek kapaliny se přes trysku na vnitřní trubce vrací pod tlakem zpět. Díky tomu vzniká v přední části vnitřní trubky podtlak, jehož pomocí je odsávána kapalina včetně třísek. Ve srovnání se systémem STS klade ejektorový systém vyšší požadavky na utváření trysky, protože množství a tlak kapaliny je u tohoto systému o polovinu menší. [36]



Obr. 13 Systém s jednou trubkou (STS) [37].

Systém STS používá pouze 1 trubku. Kapalina je přiváděna prostorem mezi vrtací trubkou a stěnou vrtané díry, třísky odchází středem nástroje. Kapalina musí být přiváděna v odpovídajícím množství a za dostatečného tlaku, aby třísky mohly být odváděny tělesem vrtáku. Systém STS je používán pro vrtání materiálů s nekontrolovatelným utvářením třísky, např. korozivzdorné oceli, oceli s nízkým obsahem uhlíku, materiály s nehomogenní strukturou. [36]

2 DRUHY PROCESNÍCH KAPALIN

Existují dva základní typy procesních kapalin pro obrábění:

- řezné oleje
- vodou mísitelné řezné kapaliny. [45]

Kromě výše uvedených kapalin mohou být jako procesní kapaliny použity také roztavené kovy (cín, bismuth, zinek, atd.). Používají se při obrábění obtížně obrobitelných kovů, zejména titanu a jeho slitin. [45]

2.1 Řezné oleje

Do této skupiny patří honovací oleje, oleje pro vrtání děr a brousící oleje, které se před použitím nemísí s vodou. Oproti vodou mísitelným kapalinám mají tyto výhody:

- přináší větší trvanlivost nástroje
- lepší kvalitu povrchu při nízkých řezných rychlostech
- chrání stroj před korozi. [23]

Zásadní nevýhodou je slabá chladicí vlastnost olejů, zejména při vysokých řezných rychlostech. Výjimkou je vysokorychlostní broušení, kdy mazací schopnost olejů snižuje množství generovaného tepla. [23]

Další nevýhodou je hořlavost olejů a riziko exploze olejových mlh a par. To v konečném důsledku vede ke zvýšení nákladů spojených s použitím řezných olejů. Další náklady je třeba uvažovat také v souvislosti s vyšší viskozitou olejů, která se v praxi promítá do ztrát olejů vlivem jejich ulpívání na třísece a obrobku. Obrobky je třeba následně odmastit, stejně jako vzniklé třísky. [23]

2.1.1 Složení

Řezné oleje obsahují základní složku a aditiva. Základní složkou řezných olejů jsou většinou zušlechtnuté minerální oleje, v menší míře se také uplatňují syntetické oleje nebo jejich směsi s minerálními oleji. Ve prospěch produktů obsahujících minerální oleje hovoří jejich cena. Produkty na bázi syntetických olejů jsou dražší. [23]

Většina řezných olejů obsahuje aditiva, která zlepšují mazací vlastnosti a tlakovou únosnost (EP aditiva) a další aditiva, která ovlivňují korozi, tvorbu pěny a mlhy atd. [23]

Jako aditiva se používají mastné látky, organické současniny a pevná maziva. Mastné látky jsou zmydelnitelné mastné oleje, mastné kapaliny a nebo syntetické estery, které zlepšují mazací vlastnost olejů. Tuto svou funkci ovšem neplní při extrémním tlaku. Jako vysokotlaká aditiva se používají organické sloučeniny síry, chlóru a nebo fosforu, která vytvářejí na povrchu vrstvu, která usnadňuje pohyb třecích ploch. Za nejlepší aditiva pro účinnost za vysokých tlaků jsou považovány sloučeniny síry, chlóru a fosforu. [17]

Jako pevná maziva se používá grafit a sírník molybdenu. Tato aditiva zlepšují mazací účinky olejů mechanicky tím, že vytváří odolnou vrstvu. [17]

Řezné oleje bez aditiv jsou používány jen zřídka. Používají se pouze pro jednoduché obráběcí operace snadno obrobitelných materiálů jako jsou např. litiny a neželezné kovy. [23]

2.1.2 Označení

Řezné oleje se v souladu s normou ISO 6743/7 nebo DIN 51 385 značí podle obsažených aditiv. Příklady označení jsou uvedeny v tabulce č. 2. [23]

Tab. 2 Rozdělení řezných olejů podle ISO 6743/7, DIN 51 385 nebo DIN 51 520 [23].

	DIN 51 385 Zkratka	ISO 6743/7 Zkratka
Řezné oleje obsahující minerální oleje bez aditiv ovlivňující tření nebo bez EP aditiv	SNO	MHA
Řezné oleje obsahující aditiva ovlivňující tření	SNP	MHB
Řezné oleje obsahující EP aditiva, chemicky neaktivní	SNPA	MHC
Řezné oleje obsahující EP aditiva, chemicky aktivní	SNPB	MHD
Řezné oleje obsahující aditiva ovlivňující tření a EP aditiva, chemicky neaktivní	SNPC	MHE
Řezné oleje obsahující aditiva ovlivňující tření a EP aditiva, chemicky aktivní	SNPD	MHF

2.2 Vodou mísitelné řezné kapaliny

Vodou mísitelné kapaliny patří mezi nejpoužívanější řezné kapaliny v USA a v Evropě, v Japonsku jsou preferovány spíše řezné oleje. Hlavní výhodou vodou mísitelných řezných kapalin oproti olejům je jejich vyšší účinnost při chlazení. Nevýhodou je jejich nízká mazací schopnost, nízká účinnost při specifických řezných podmínkách, vyšší koroze, nízká stabilita vlastností v čase a náklady na ošetřování kapalin. Rostoucí důležitost také získávají problémy ochrany zdraví na pracovišti, hygieny a nakládání s použitými kapalinami. [23, 45]

Vodou mísitelné řezné kapaliny se dále dělí do 4 skupin:

- emulze
- polysyntetické roztoky
- syntetické roztoky
- vodné roztoky [45]

Nejpoužívanější z výše uvedených kapalin jsou emuleze, které představují až 80 % všech používaných kapalin. [17]

2.2.1 Složení

Emulze jsou roztoky dvou vzájemně nerozpustných kapalin, obvykle vody a oleje. Olej tvoří mikroskopické kapky rozptýlené ve vodě. Obsah minerálních olejů ve vodě může být až 85 %. Obvykle se však používá koncentrace 1 až 5 %. [45]

Obráběcí emulze lze podle typu struktury emulze olejového koncentrátu ředitelného vodou rozdělit na 3 základní skupiny: [34]

Makroemulze představují v podstatě hrubší disperzní emulze. Koncentrace oleje dle obráběcí operace je 5 až 10 %. Koncentrát je zpravidla tvořen až 80 % minerálního oleje. [34]

Mikroemulze obvykle obsahuje až 40 % oleje s vysokým podílem přísad. Po naředění vodou (dle typu operace 3 až 10 %) vytváří jemnou transparentní disperzní emulzi, která je velmi stabilní. [34]

Syntetické koncentráty obsahují velký podíl vody (až 50 %) a odpovídajících přísad. Velmi dobré využití takových kapalin v roztoku s vodou o koncentraci 1 až 10 % je např. při operaci broušení, kdy kapalina napomáhá intenzivnímu odplavování broušeného a brusného materiál. [34]

Na koncentraci závisí chladicí účinek emulze. S rostoucí koncentrací klesá chladicí účinek. Antikorozní vlastnosti závisí na hodnotě pH emulze. Dostatečnou ochranu proti korozi slitin železa poskytuje emulze o hodnotě pH 8 až 9 %. [17]

Další složkou emulzí jsou emulgátory, které zabraňují koagulaci jemně rozptýlených částic oleje ve vodě a stabilizují emulzi. [17]

Řezné kapaliny s vysokým obsahem emulgátorů mají při použití často sklon k pěnění. Vytvořená pěna (rozptýlené vzduchové bubliny) má rozdílný koeficient přestupu tepla vůči homogennímu toku kapalné fáze. Napěňná kapalina proto neodvádí teplo z místa řezu v požadované míře. Výsledkem je nedostatečná chladicí schopnost kapaliny a dále ztráta mazacích schopností dána pevností mazacího filmu. Je proto nutné používat odpěňovače. [1, 23]

Emulze jsou nejpoužívanější řezné kapaliny, protože kombinují mazací vlastnosti oleje a chladicí vlastnosti vody. Díky tomu mohou být použity pro širokou škálu řezných operací za různých řezných podmínek. [45]

Syntetické řezné kapaliny neobsahují minerální oleje, místo nich obsahují glykoly, které se vodě rozpouští nebo emulgují. V praxi jsou používány roztoky o koncentraci 1 až 10 %. Pro zlepšení mazacích vlastností dále obsahují aditiva rozpustná ve vodě. Syntetické řezné kapaliny mají dobré chladicí, mazací a ochranné účinky a provozní stálost. Ve srovnání s oleji jsou ekonomicky výhodnější. [36, 45]

Polosyntetické řezné kapaliny obsahují na rozdíl od syntetických kapalin oleje, které v roztoku vytváří olejové částice. Olejové částice v polosyntetických kapalinách jsou mnohem menší než v emulzích. [17]

Vodné roztoky představují nejjednodušší řezné kapaliny, které mají velmi dobré chladicí a čistící účinky. Jejich nevýhodou je jejich mikrobiální citlivost, která souvisí s tvorbou kalů a nepříjemného zápachu. Při použití vyžaduje voda řadu úprav (změkčování, přidávání antikorozivních přísad a smáčidel atd.). [17]

Kromě výše uvedených složek obsahují vodou mísitelné řezné kapaliny další látky:

- inhibitory koroze (sloučeniny karbonových kyselin, boráty, amidy, atd.)
- biocidní prostředky
- pevné látky pro zlepšení mazacích vlastností
- odpěňovače (hlavně silikonové oleje)
- EP přísady pro zlepšení nosnosti mazacího filmu. [23]

Jako EP aditiva se nejvíce používají organické mastné látky nebo klasické vysokotlaké přísady s obsahem síry nebo fosforu. Z ekologických důvodů se ustupuje od používání chlorovaných sloučenin. [23]

Biocidní prostředky se používají pro zabránění nebo snížení aktivity mikroorganismů. Přidání těchto přípravků do řezné kapaliny nebo do finální kapaliny namíchané s vodou se nazývá konzervace. Cílem toho je udržet kapaliny v nezměněném stavu co nejdéle. [23]

Biocidní přípravky musí účinkovat proti širokému spektru mikroorganismů v krátkém časovém období, nesmí ztrácet svou funkci při reakci s ostatními složkami kapaliny, musí být stabilní při měnících se teplotách, pH kapaliny mohou ovlivňovat pouze mírně a musí být rozpustné v oleji. Kromě toho jsou na ně kladeny požadavky z hlediska ochrany zdraví pracovníků (nedráždí kůži, nejsou toxické při vdechnutí) a hospodárnosti (dostačující je nízká koncentrace v kapalině). [23]

2.2.2 Označení

Vodou mísitelné řezné kapaliny se značí v souladu s normou ISO 6743/7. Příklady označení jsou uvedeny v tabulce č. 3. Písmeno L v označení znamená mazivo, M označuje obrábění. Význam ostatních písmen je různý. [23]

Tab. 3 Rozdělení vodou mísitelných řezných kapalin podle ISO 6743/7 [23].

L-MHA	Kapaliny, které mají antikoroziční vlastnosti
L-MHB	Kapaliny MHA s vlastnostmi snižující tření
L-MHC	Kapaliny MHA účinné při extrémním tlaku (EP), chemicky neaktivní
L-MHC	Kapaliny MHA účinné při extrémním tlaku (EP), chemicky aktivní
L-MHE	Kapaliny MHB účinné při extrémním tlaku (EP), chemicky neaktivní
L-MHF	Kapaliny MHB účinné při extrémním tlaku (EP), chemicky aktivní
L-MHG	Tuky, pasty, vosky použitelné čisté nebo ředěné tekutinou typu MHA
L-MHH	Mýdla, prášky, tuhá maziva, atd. a jejich směsi
L-MAA	Koncentráty, které ve směsi s vodou tvoří mléčnou emulzi s antikorozičními vlastnostmi
L-MAB	Koncentráty typu MAA s vlastnostmi snižující tření
L-MAC	Koncentráty typu MAA účinné při extrémním tlaku (EP)
L-MAD	Koncentráty typu MAB účinné při extrémním tlaku (EP)
L-MAE	Koncentrát, který ve směsi s vodou, tvoří průsvitné emulze (mikro-emulze) s antikoroziční vlastností
L-MAF	Koncentrát typu MAE, který snižuje tření a je účinný při extrémním tlaku (EP)
L-MAG	Koncentrát, který ve směsi s vodou, tvoří průsvitné roztoky s antikoroziční vlastností
L-MAH	Koncentrát typu MAG, který snižuje tření a je účinný při extrémním tlaku (EP)
L-MAI	Tuky a pasty použitelné zředěné vodou

3 VOLBA PROCESNÍ KAPALINY

Jak již bylo řečeno, v kapitole č. 1, procesní kapalina má vliv na trvanlivost nástroje, kvalitu obrobku a řezné síly. Výběru vhodné procesní kapaliny je proto třeba věnovat dostatek pozornosti.

Při výběru procesní kapaliny je třeba zohlednit následující faktory:

- operace obrábění
- materiál obrobku
- materiál nástroje. [5]

Limitujícím faktorem při rozhodování jsou náklady na procesní kapaliny. Základní volbu kapaliny lze provést podle obecných zásad formulovaných v člancích 3.1, 3.2 a 3.3. Tyto zásady jsou shrnuty v tabulce, která je uvedena příloze č. 1 tohoto dokumentu. [45]

3.1 Vliv operace obrábění

Nejdůležitějším faktorem při výběru je druh operace obrábění. Důležitost použití procesní kapaliny roste s obtížností obráběcí operace. Pořadí operací dle své obtížnosti je znázorněno na obrázku č. 14, kde nejobtížnější operace je protahování, nejlehčí je broušení. Obtížnost se může změnit v závislosti na řezných podmínkách a druhu materiálu nástroje a obrobku. [5]



Obr. 14 Obtížnost obráběcích operací [34].

Hlavním úkolem procesní kapaliny při **broušení** je snížit tření mezi obroušeným materiálem a obrobkem, aby se snížila teplota v brusné zóně. Snížení teploty pozitivně ovlivňuje trvanlivost nástroje. Dalším úkolem kapaliny je předcházet teplotnímu poškození obrobku a nástroje. Důležitou roli zde hraje viskozita a kvalita základního oleje a aditiva. Konkrétní volba procesní kapaliny závisí na materiálu obrobku a nástroje, metodě broušení, řezných podmínkách. Obvykle se používají aditivované oleje a emulze. [23]

Při **honování** se používají speciálně připravené honovací oleje. Kromě nich se hlavně v automobilovém průmyslu využívají emulze. Hlavním důvodem je snaha o používání univerzální kapaliny, která vede k snížení nákladů na kapaliny. [23]

Frézování litin lze realizovat bez použití řezné kapaliny. Vysoce pevné oceli a slitiny hliníků jsou frézovány za použití vodou mísitelných kapaliny, ale lze také použít metodu MQL, která je výhodnější z hlediska nákladů na řezné kapaliny. [23]

Při **soustružení** jsou přednostně používány řezné oleje, vodou mísitelné kapaliny se uplatňují při obrábění na automatech. [23]

Při **vrtání** jsou používány vodou mísitelné kapaliny. Vývoj však ukazuje, že tyto operace lze také provádět s minimálním množstvím kapaliny nebo za sucha. Obě tyto metody závisí na obráběném materiálu a nástroji. [23]

Při **vrtání hlubokých děr** je nejdůležitějším úkolem procesní kapaliny transport třísky z místa řezu a snížení tření mezi třískou a nástrojem a vyvrtaným otvorem. Snížení teploty v místě řezu je druhotné. Při vrtání děr lze tedy použít řezné oleje a emulze s dostatečnou koncentrací oleje (asi 15%). [4, 36]

Dostatečné chlazení při výrobě **ozubených kol** je zajištěno použitím řezných olejů, které pozitivně ovlivňují kvalitu povrchu obrobku. Použití vodou mísitelných produktů může také přinést dobré výsledky, ale nejsou většinou používány, protože nástroje pro hoblování a řezání ozubených kol nejsou vhodné pro použití s těmito produkty. Posledním trendem je obrábění povlakovanými nástroji za sucha, kdy je odvod třísky zajištěn stačeným vzduchem. Při hoblování ozubených kol je důležitá viskozita řezných olejů. Méně viskózní oleje ($15 \text{ až } 25 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$) se používají při hoblování kol s modulem menším než 2,5, viskóznější oleje (asi $40 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$) jsou vhodné pro výrobu kol s modulem větším. Ozubená kola snadno podléhají korozi, to lze vyřešit přidáním antikorozivních látek do oleje. [23]

Při **řezání závitů** se obvykle používají emulze nebo řezné oleje. Při obrábění hůře obrobitelných materiálů se používají oleje s přísadami a rostlinné oleje. [23]

Při **protahování** je hlavním úkolem procesní kapaliny chránit nástroj před opotřebením. Obvykle se používají řezné oleje. Při protahování snadno obrobitelných ocelí při vysokých rychlostech se používají vodou mísitelné kapaliny, hlavně EP emulze a syntetické kapaliny bez minerálních olejů s vysokou koncentrací (10 až 35%). [23]

3.2 Vliv nástrojového materiálu

Rychlořezné oceli mohou být použity se všemi druhy řezných kapalin. Řezné oleje jsou upřednostňovány při obrábění těžko obrobitelných materiálů, vodou mísitelné kapaliny při obrábění vysokými řeznými rychlostmi. [5]

Při obrábění nástroji ze slinutých karbidů je třeba použít kapaliny s velkým chladícím účinkem, protože při obrábění vzniká velké teplo, které negativně působí na opotřebením nástroje. Dále je třeba věnovat pozornost chlazení řezného nástroje před začátkem obrábění, aby nedošlo k teplotnímu šoku. Tomu lze dále předcházet použitím emulzí, které mají menší chladící efekt. Odolnost proti opotřebením nástroje je vyšší u povlakovaných slinutých karbidů. [23]

Řezná keramika reaguje na změny teploty ještě citlivěji než slinuté karbidy, proto je obecně používána při obrábění za sucha. V menší míře se používají vodou mísitelné kapaliny. [23]

Při obrábění nástroji z CBN a PCD není použití procesní kapaliny většinou nutné. Obrábění probíhá za sucha. [23]

3.3 Vliv obráběného materiálu

Dalším faktorem pro výběr vhodné řezné kapaliny je druh obráběného materiálu. Obtížnost obrábění jednotlivých materiálů je znázorněna na obrázku č. 15.



Obr. 15 Materiálová náročnost [34].

Při obrábění litin se odlučují malé třísky. Použitím emulze lze předejít tvorbě prachu a zvýšit kvalitu povrchu obrobku. Doporučená koncentrace emulze je mezi 12 a 15 % kvůli snížení oxidace. [5]

Při obrábění ocelí jsou používány řezné kapaliny s aditivy. Pro obrábění nerez ocelí se používají řezné oleje. Do řezných olejů se přidává síra kvůli omezení zpevnění. [23]

Pro obrábění žáruvzdorných a těžko obrobitelných slitin oceli jsou upřednostňovány vodou mísitelné řezné kapaliny s koncentrací 1/20 až 1/40. Při některých operacích je možné použít minerální řezné oleje se sírou. [23]

Hliníkové slitiny jsou měkké a při obrábění mají sklon k nalepování na nástroj a tvorbu nárůstku, který mění geometrii nástroje a zhoršuje kvalitu povrchu. Dalším problémem je chemická reaktivita hliníku, díky které mohou vznikat skvrny na obrobku. Uvedeným kritériím nejlépe vyhovují emulze se sníženým obsahem minerálního oleje a relativně vysokým obsahem syntetických esterů a syntetické roztoky. [19]

Obrábění mědi a jejich slitin přináší podobné problémy. Používají se emulze nebo minerální oleje. Řezné oleje s EP aditivou jsou vhodné pro obrábění mosazi. [5]

Obrábění niklu a jeho slitin probíhá s řeznými kapalinami nebo za sucha. Při obrábění vyššími řeznými rychlostmi a posuvy se používají řezné kapaliny. Obvykle se používají minerální oleje se sírou. Vodou mísitelné řezné kapaliny se používají při soustružení při vysokých řezných rychlostech, při frézování a vrtání. Syntetické řezné kapaliny je možné použít při vrtání a protahování. [5]

Hlavním problémem při obrábění těžko obrobitelných materiálů, např. titanových slitin, je vysoká teplota obrábění. Obráběcí kapalina musí zajistit maximální odvod tepla, oplachování a snížení řezných sil. Při obrábění se používají chlorované emulze, jejichž nevýhodou je tvorba pěny a olejové mlhy. Tyto nevýhody lze odstranit použitím syntetických kapalin. Kapalina je do místa řezu přiváděna vnitřkem nástroje při použití středního tlaku nebo se používají speciální vysokotlaké chladičské systémy. [2]

4 NOVÉ TRENDY V OBLASTI ŘEZNÝCH KAPALIN

Tradiční řezné kapaliny často obsahují přísady (chlór, síra, fosfor atd.) nepříznivě působící na životní prostředí a náklady uživatelů kapalin. Zvláštní postavení mají emulze, které kromě základového oleje obsahují přísady způsobující kožní problémy. Vodou mísitelné kapaliny se navíc musí pravidelně vyměňovat, část kapalin se také musí regenerovat a likvidovat. [8, 47]

Jako reakce na problémy vymezené v předešlém odstavci se prosazují nové trendy v řezných kapalinách:

- obrábění bez řezných kapalin (za sucha)
- obrábění s minimálním množstvím kapaliny
- nasazení alternativních ekologických kapalin
- obrábění s multifunkčními oleji
- obrábění s řeznými kapalinami, které vytvářejí méně emisí
- náhrada emulzí oleji
- zlepšení podmínek pro nasazení (vytvoření uzavřeného oběhu pomocných látek s regenerací, odsáváním a filtrací emisí, uzavření pracovního prostoru a zlepšení péče o pomocné látky)
- náhrada technologických metod (neekologické výrobní postupy jsou nahrazeny jinými operacemi, např. místo řezání vnitřních závitů zvolíme raději frézování, atd.). [8, 47]

4.1 Obrábění bez řezných kapalin

Tento přístup je jednou nejlepších možností, jak snížit ekologické dopady a náklady obrábění. Hlavní podmínkou využití tohoto přístupu je zajištění stejných kvalitativních parametrů výroby a výrobních nákladů jako při obrábění s řeznými kapalinami. [47]

Obrábění za sucha musí plně kompenzovat všechny přínosy použití řezných kapalin. V souvislosti s tím, je třeba řešit následující problémy: [25]

Procesní kapaliny při obrábění minimalizují teplo odvedené obrobkem a umožňují tak dosáhnout nízkých tolerancí tvarů a rozměrů obrobku. Při obrábění za sucha je tento efekt řezných kapalin nahrazen změnou geometrie nástroje (hlavně pozitivní úhel čela), díky které se sníží tření na čele nástroje a tedy i teplo vzniklé při obrábění, následně odvedené obrobkem. [25, 33]

Množství tepla odvedeného obrobkem lze dále účinně snížit zvýšením řezné rychlosti. Díky tomuto opatření odvedou víc tepla třísky a do obrobku se dostane méně tepla. Tento efekt závisí na dobré tepelné odolnosti řezného materiálu. Při obrábění za sucha se proto využívají materiály, které si zachovávají potřebnou tvrdost a otěruvzdornost i při vyšších teplotách (např. cermety, řezná keramika, kubický nitrid bóru, polykrystalický diamant, povlakované slinuté karbidy). [25, 33]

Procesní kapalina má vliv na tvorbu třísky. Při obrábění za sucha s proto používají speciální utvařeče nebo tvarované drážky pro třísky, které zajistí vhodný tvar třísky. [25]

Procesní kapaliny odplavují třísky z místa řezu. Bez nich se třísky hromadí a zpevňují, to vede k poškození obrobené plochy a nástroje. Při obrábění za sucha je proto třeba třísky odsávat nebo odfukovat tlakovým vzduchem. Dále je možné využít speciální přípravky určené pro obrábění za sucha a změnit polohu nástroje vůči obrobku (obrábění zesponu obrobku). [25]

Další možností, jak vyloučit kapaliny z obráběcího procesu je zlepšení obrobitelnosti obráběných materiálů, např. použitím dezoxidačních přísad při metalurgické výrobě oceli. Dezoxidované oceli obsahují měkké a tvárné hliníky vápníku, které se při teplotě řezání taví a vytváří ochranný film. Vytvořená vrstva působí jako mazadlo a snižuje opotřebení břitu. Trvanlivost břitu se tak může zvýšit až o 400 %. [25]



Oproti obrábění s řeznými kapalinami přináší obrábění za sucha některé výhody. Procesní kapaliny zesilují tepelné rázy vzniklé v důsledku přerušovaných řezů. Tepelné rázy vedou ke vzniku trhlin, které postupně přecházejí a v lomy břitu. [25]

Obráběním za sucha lze zvýšit trvanlivost nástroje. Kvůli tomu jsou vybrané operace prováděny pouze bez použití řezných kapalin. Jedná se např. o vysokorychlostní frézování (viz obr. 16). [25]

Obr. 16 Frézování za sucha [35].

Obecně platí, že při frézování za sucha je trvanlivost břitu vyšší než při obrábění s procesními kapalinami. Výjimkou je frézování hliníku. Při soustružení a vrtání je tomu naopak. Trvanlivost břitu je vyšší při použití řezných kapalin. [25]

4.2 Obrábění s minimálním množstvím kapaliny

Velkou část obráběcích operací nelze bez použití procesních kapalin realizovat. Jedná se zejména o vrtání, vystružování a řezání vnitřních závitů u některých legovaných ocelí, slitin hliníku nebo frézování hliníkových slitin stopkovými frézami a při vrtání hlubokých děr. Použití řezné kapaliny nelze tedy úplně vyloučit, ale lze alespoň omezit její množství. [47]

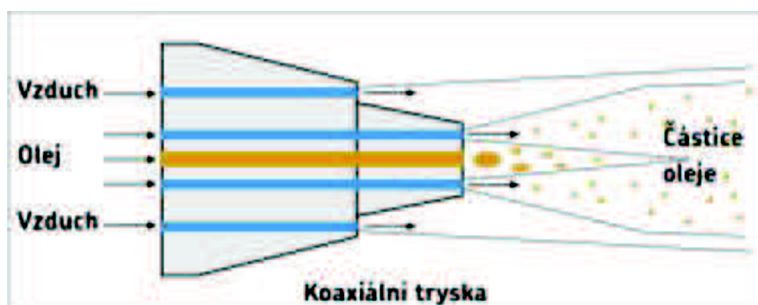
Při aplikaci metody MQL se za minutu obrábění spotřebuje méně než 50 ml kapaliny. Nástroj, obrobek i třísky zůstávají skoro suché, proto není třeba odstraňovat kapalinu z třísek nebo z obrobku. Nevýhodou této metody je tvorba mlhy a aerosolu. Kvůli tomu je nutné činit hygienická opatření na pracovišti (utěsnit pracovní prostor stroje od okolí a odsávat aerosol přes účinné filtry). [25]

Důležitou roli při obrábění s MQL hrají systémy, které vytváří aerosol (rozprašují kapalinu na velké množství jemných kapiček) a používané kapaliny. Jako řezné kapaliny se v praxi uplatňují běžné ropné oleje, vodou mísitelné kapaliny, přírodní oleje nebo estery a mastné alkoholy. [8]

Nejvýhodnější je použití esterových olejů s podílem toxikologicky nezávadných přísad. Jejich hlavní výhodou je, že se méně vypařují, vytváří na obrobku tenký film s protikorozním účinkem a jsou biologicky dobře odbouratelné. Přednostně se používají

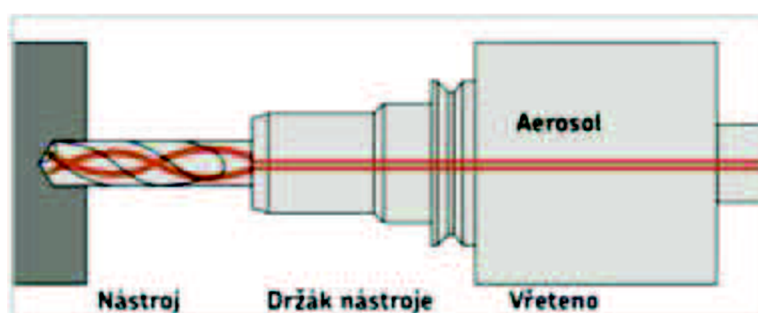
při obráběcích operacích, u kterých je upřednostňován mazací účinek před chladícím (např. řezání závitů, vrtání a soustružení). Pokud je třeba docílit vyššího chladicího účinku, použijí se mastné alkoholy, které se rychleji vypařují a tím dosahují chladicího účinku. Mastné alkoholy se proto uplatňují při obrábění šedé litiny nebo též řezání litiny, hliníku a oceli. Přírodní oleje jsou oxidačně velmi nestabilní a při vysokých teplotách tvoří pryskyřičnatý povlak na strojích a nástrojích. [8]

Velké množství systémů v kombinaci s rozdílnými kapalinami vede ke vzniku různých aerosolů, které se liší koncentrací a velikostí částic. [8]



Obr. 17 Externí mazání MQL [50].

Při externím mazání MQL (viz obr. 17) je množství kapaliny rozprášeno v trysce proudem tlakového vzduchu. Vznikají tak relativně velké kapky unášené proudem vzduchu do mazaného místa, které nevytváří olejovou mlhu. [50]



Obr. 18 Mazání MQL vnitřkem nástroje [50].

Při vnitřním MQL (viz obr. 18) se vytváří aerosol v nádrži agregátu, který je dopravován skrz rotující vřeteno k nástroji. Při správném nastavení je dodávaný olej zcela využit a nezůstávají žádné jeho zbytky. Používají se kapaliny bez obsahu vody. [50]

4.3 Nasazení alternativních ekologických kapalin

Skutečnost, že se řada obráběcích operací neobejde bez použití procesních kapalin, je příčinou, že výrobci vyvíjí alternativní rezné kapaliny, které budou plnit základní funkční požadavky na rezné kapaliny a zároveň budou šetrné k životnímu prostředí. [47]

Alternativní kapaliny neobsahují základové oleje na bázi ropy, jako je tomu u konvenčních kapalin. Jejich základní složkou jsou estery nebo prostředky na rostlinné a živočišné bázi. Základové oleje obvykle neplní požadavky kladené na rezné kapaliny. Klíčovou úlohu hrají aditiva, která obvykle představují pro životní prostředí větší nebezpečí než základové oleje. [47]

Velkým problémem při použití alternativních kapalin je jejich znečišťování cizími oleji. Zejména se jedná o látky, které pronikají z mazacích okruhů stroje, hydrauliky, z převodovek a z kluzných vedení. Toto znečištění se nepříznivě promítá do jejich ekologických charakteristik, funkční účinnosti do procesu obrábění, trvanlivosti a nákladů na jejich údržbu a likvidaci a zdravotních rizik. [47]

4.4 Obrábění s multifunkčními oleji

Multifunkční oleje jsou látky, které zároveň plní funkci řezné kapaliny, hydraulického, převodového oleje a oleje pro mazání vodících ploch. Výhodou tohoto přístupu je skutečnost, že nedochází k vzájemnému znečištění cizími oleji. Nicméně nalézt jediný produkt, který bude plnit všechny výše uvedené funkce je velmi obtížné. [47]

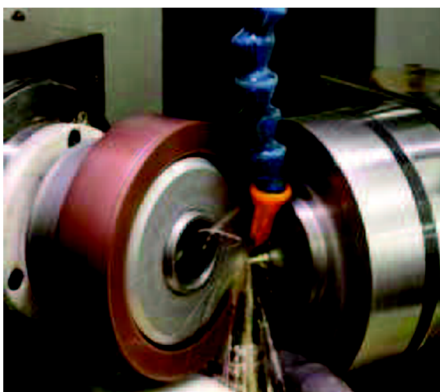
Výše uvedený problém lze vyřešit použitím kapalin na stejné bázi, jež se liší viskozitou a tedy i speciálními vlastnostmi pro konkrétní použití. Při vzájemné promísení se vlastnosti mění. Použití těchto kapalin je proto doprovázeno snahou o minimalizaci průniku jednotlivých kapalin v rámci stroje. [47]

4.5 Obrábění s řeznými kapalinami, které vytvářejí méně emisí

Doprovodným efektem použití procesních kapalin je vznik par a aerosolů. Aerosoly se tvoří jako výsledek styku proudu řezné kapaliny s pohybujícím se obrobkem nebo nástrojem nebo kondenzací odpařené kapaliny ve studeném prostředí. Páry vznikají při kontaktu řezných kapalin s horkými plochami nástroje, obrobku nebo třísek. Vznik těchto emisí je nežádoucím jevem, který je třeba omezit. Z tohoto důvodu jsou vyvíjeny nové produkty méně náchylné k tvorbě par a aerosolů. Základní složkou těchto produktů jsou modifikované rostlinné estery. [47]

4.6 Náhrada emulzí oleji

Prvotním impulsem pro náhradu emulzí oleji byly vysoké náklady na udržování vodou mísitelných kapalin. V současnosti se do popředí dostávají také problémy životního prostředí, bezpečnosti práce a výkonnost obrábění. Z pohledu bezpečnosti práce jsou oleje mnohem méně dráždivé pro kůži než emulze, protože neobsahují biocidní a fungicidní látky. Dalším aspektem je téměř neomezená životnost olejů ve srovnání s životním cyklem vodou mísitelných kapalin. Oleje jsou také lepší v podmínkách ochrany životního prostředí. Pokud jde čistě pouze o výkonnost procesu, oleje mohou pokrýt víc než 90 % všech obráběcích operací. [23]



Obr. 19 Broušení nástrojem z CBN [6].

Náhradou emulzí oleji lze zlepšit kvalitu obrobené plochy a zvýšit trvanlivost nástroje. Při broušení s použitím nástroje z CBN (viz obr. č. 19) a vrtání hlubokých děr se trvanlivost nástroje při použití olejů zvýšila 10 až 20 krát oproti emulzím. [23]

Emulze lze nahradit oleji s nižší viskozitou, které zaručí chladicí a čistící účinky olejů. Dále je u olejů požadována nízká tvorba emisí, vysoká teplota vzplanutí a trvanlivost. Uvedené požadavky nejlépe plní esterové oleje s nízkou viskozitou. [47]

Použití řezných olejů je také spojeno s řadou nevýhod. Jde o vysoké náklady, velké odpařování a vznik mlh a s tím související požadavek na uzavřený pracovní prostor a menší chladicí účinek než emulze. [47]

5 NAKLÁDÁNÍ S PROCESNÍMI KAPALINAMI

5.1 Uskladnění

Zatímco řezné oleje je možné skladovat řadu let, vodou mísitelné kapaliny pouze 6 měsíců až 1 rok. Doporučené teploty pro skladování vodou mísitelných kapalin jsou teploty v rozmezí od 5 do 40 °C. Pokud skladovací teplota klesne pod 0 °C, koncentrát by měl být před použitím promíchán a ohřán. [23]

Pro uskladnění se používají čisté uzavíratelné nádoby. Nepoužívají se sudy s vnitřní pozinkovanou vrstvou, protože by mohla vznikat zinková mýdla, která mají nepříznivý vliv na skladovanou kapalinu. [23]

Kapaliny skladované v nádrži je třeba jednou za rok testovat na přítomnost bakterií. Pokud je výsledek pozitivní, nádrž a rozvody musí být dezinfikovány. [23]

5.2 Příprava

Vodou mísitelné kapaliny jsou dodávány jako koncentráty. Před vlastním použitím se musí naředit na požadovanou koncentraci.

Správná příprava kapalin je první krokem k prodloužení jejich životnosti a zajištění efektivnosti při používání. Směs kapaliny musí být připravena podle doporučení výrobce, zejména je důležité dodržet požadavky na kvalitu použité vody a koncentraci. [23]

Způsob, jakým je koncentrát míchán s vodou, je velmi důležitý. Pro dosažení nejlepších výsledků mají být koncentrát a voda míchány v kontejneru mimo jímku, aby se obě látky dobře promísily. Míchání v jímcce je sice rychlejší, ale takto připravená kapalina má nesprávnou koncentraci. [23, 36]

Při přípravě emulze je nutné dodržet další pravidla. Koncentrát přidáváme do vody a neustále promícháváme. Směšovací poměr, hodnota pH a tvrdost vody musí přesně odpovídat. Používáme pouze čisté a nádrže a nádoby. Koncentrát přidáváme tak rychle, aby se stačila tvořit emulze. [36]

Hlavním faktorem přípravy emulzí je kvalita vody. U vody určené pro přípravu emulze sledujeme její tvrdost. Doporučené hodnoty se pohybují mezi 175 a 350 ppm. Příliš měkká voda je příčinou pění kapaliny, tvrdá voda je příčinou koroze. Vodu znečištěnou mechanickými nečistotami nebo obsahující mikroorganismy nelze použít. [23]

Důležitým předpokladem pro přípravu emulze je také správné skladování emulgačního oleje. Pokud byl emulgační olej delší dobu špatně skladován, je vhodné ho před použitím promíchat. Jeho teplota před použitím by měla být aspoň 10 °C. [28]

Emulze by se měly připravovat s použitím mechanických míchadel a dávkovacích čerpadel. Po namíchání je třeba změřit koncentraci namíchané kapaliny. [23]

5.3 Monitorování kapalin a úpravy v provozu

Obráběcí kapaliny jsou při svém používání v provozu vystaveny působení vlivů, které mění jejich základní funkční vlastnosti. Je proto nezbytné průběžně kontrolovat jejich stav a provádět potřebné úpravy, které zvýší životnost kapalin. [23]

Řezné oleje jsou nenáročné na monitorování, protože jsou méně náchylné na mikroorganismy a mají delší životnost než vodou mísitelné řezné kapaliny. U řezných olejů sledujeme:

- zápach kapaliny
- kontaminaci cizími látkami
- teplotní expozici
- viskozitu
- hustotu
- obsah vody
- obsah přísad [23]

Důležitým bodem při péči o řezné oleje je odstraňování pevných nečistot a zachování původní viskozity. Kapalné nečistoty (např. hydraulické oleje) ovlivňují viskozitu a množství aditiv v oleji. V konečném důsledku to má vliv na výkonnost obráběcího procesu. Problémy s viskozitou a obsahem aditiv lze vyřešit dolitím nového oleje. [23]

Vodou mísitelné kapaliny vyžadují mnohem větší rozsah monitorování než řezné oleje. Životnost těchto kapalin je ve srovnání s oleji velmi krátká. U vodou mísitelných kapalin sledujeme hlavně:

- zápach kapaliny
- přítomnost mikroorganismů
- kontaminaci cizími látkami
- koncentraci
- hodnotu pH
- antikorozi vlastnosti
- výskyt pěny
- obsah dusitanů a dusičnanů
- atd. [23]

Měření **koncentrace** je jedním z nejdůležitějších měření. Prování se pomocí refraktometrů (viz obr. č. 20) minimálně jednou týdně, u velkých náplní denně. Přesnou koncentraci kapalin provozovaných ve velkých oběhových systémech lze dále zjistit titrační metodou. Optimální hodnota koncentrace emulzí je 5 %, tato koncentrace zaručuje standardní konzervační schopnosti a odolnost proti mikroorganismům. Maximální doporučená koncentrace je 10 %, při této hodnotě je třeba provádět testy na kožní dráždivost. Koncentrace kapaliny v průběhu času narůstá v důsledku odpařování, proto je nutné ji pravidelně upravovat. Pomocí refraktometru lze také zjistit přítomnost cizích olejů v emulzi. [28]



Obr. 20 Ruční refraktometr [28].

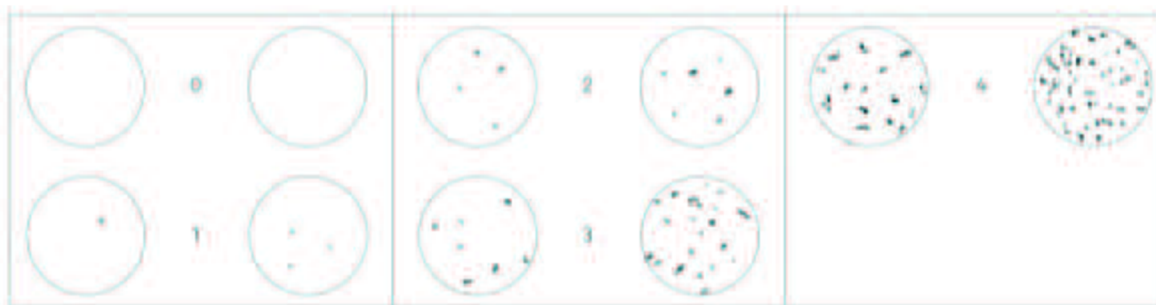
Hodnota pH určuje stav obráběcí kapaliny, její stabilitu a protikorozivní vlastnosti. Hodnoty pH se měří pH papírkou nebo pH-metrem. Doporučený interval měření je 1 za týden, u velkých centrálních systémů denně. [28]

Výrazný pokles pH obráběcí kapaliny je znakem přemnožení mikroorganismů a částečné ztráty konzervačních vlastností. Při dlouhodobém poklesu hodnoty pH pod 7,5 se rozkládají obráběcí kapaliny obsahující olej, při hodnotě pH 9,5 se zpomaluje růst mikroorganismů a po překročení této hodnoty se úplně zastaví. Příliš vysoké pH způsobuje dýchací a kožní problémy obsluze strojů, rezivění barevných kovů a rozrušování ochranných nátěrů strojů a jejich těsnících prvků. Nízké pH lze upravit stabilizátory. Pokud pH klesne pod 7, je třeba kapalinu ošetřit biocidním přípravkem nebo je třeba zvýšit koncentraci obráběcí kapaliny. [28]

Během provozu může dojít k mikrobiální kontaminaci obráběcích kapalin. **Koncentraci mikroorganismů** je nutné průběžně sledovat a v případě nutnosti provést odpovídající opatření. Přemnožení mikroorganismů může vést až k úplnému rozkladu obráběcí kapaliny. [28]

Koncentrace mikroorganismů (bakterií, plísní, hub, atd.) v provozu se zjišťuje pomocí sterilních suchých destiček s živnou půdou, na kterou se nanese vzorek kapaliny. Živná půda se umístí do zkumavky a zapečetí se. Přibližně po 48 hodinách se vzorek vyhodnotí podle vzorkovníku. Podle zjištěné hodnoty koncentrace mikroorganismů je navrženo opatření, např. navýšit koncentraci emulze, doplnit stav obráběcí kapaliny na maximum, aplikovat biocidní prostředek. [28]

Zkouška koroze se provádí za účelem zjištění antikorozivních vlastností emulze. Při zkoušce jsou litinové špony na filtračním papíru vystaveny po určitou dobu působení obráběcí kapaliny. Vyhodnocuje se ihned po vysušení podle přiložené stupnice (viz. obr. č. 21). Tento test se kvůli své nákladnosti nepoužívá u malých oběhových systémů. [28]



Vyhodnocovací tabulka koroze

0 – beze skvrn nezměněn

1 – stopy skvrn max. 3 body, z nichž žádný nemá průměr větší než 1 mm

2 – lehká koroze ne více než 1 % povrchu zbarveno, ale více nebo větší korozivní plochy než pro korozivní stupeň 1

3 – značná koroze přes 1 %, ale ne více než 5 % povrchu zbarveno

4 - silná koroze přes 5 % plochy zbarveno

Obr. 21 Posuzovací stupnice testu koroze [28].

Během použití může docházet ke **kontaminaci obráběcích kapalin cizími látkami**, které mohou ucpávat rozvody kapalin a podporovat růst mikroorganismů v kapalině. Jedná se zejména o třísky a hydraulické oleje. Nečistoty je možné oddělit použitím filtrů. [32]

Během provozu může dojít ke zvýšené **tvorbě pěny**, která může ucpávat oběhový systém. Pěna se vytváří, pokud byla při přípravě kapaliny použita příliš měkká voda, je nastavena příliš vysoká koncentrace obráběcí kapaliny nebo došlo k poruše oběhového systému. Na zjištěný stav je třeba reagovat použitím odpeňovače. [28]

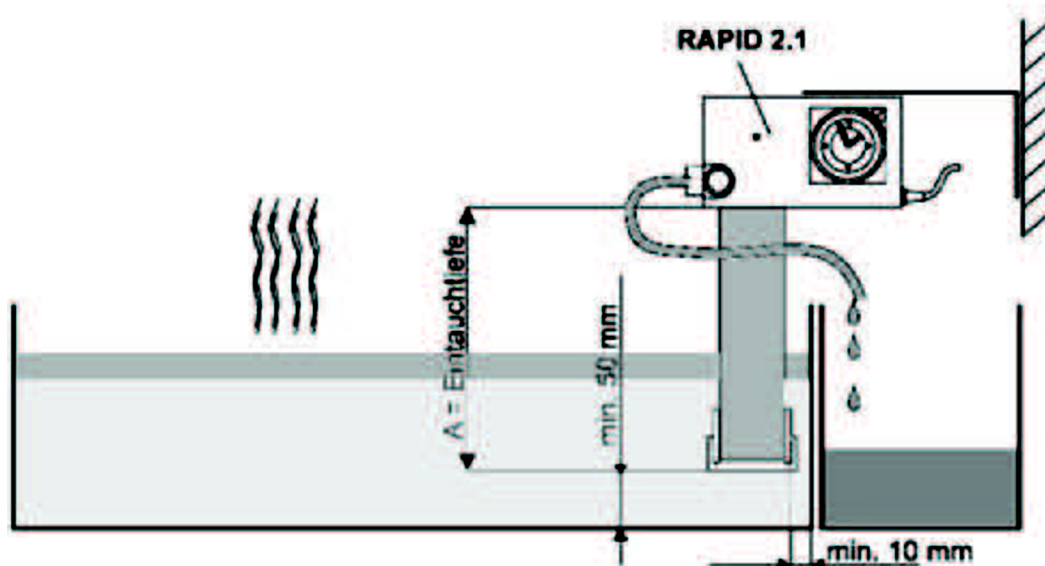
Obsah dusitanů a dusičnanů v emulzi je důležitý z hlediska zdravotní nezávadnosti. Výskyt těchto látek indikuje vznik nitrosaminů, které mají karcinogenní účinky. Pro stanovení obsahu se používají indikátorové papírky. Při překročení stanovených hodnot je třeba emulzi odpustit a doplnit systém novou emulzí. [28]

5.4 Čištění procesních kapalin

Při obrábění se do obráběcích kapalin dostávají třísky, cizí oleje a další nečistoty, které negativně působí na životnost obráběcí kapaliny, kvalitu obrábění i hygienické podmínky na pracovišti. Znečištěné kapaliny se musí vyměňovat, recyklovat a likvidovat, což představuje finanční náklady. Problém nečistot lze vyřešit účinnou filtrací. [32]

Pro odstranění cizích olejů existují různá zařízení. Nejjednodušší jsou pásové nebo diskové skimmery, které ale nejsou příliš účinné u systémů, kde dochází k víření kapaliny v nádrži. Použití těchto zařízení vede za uvedených podmínek k velkým ztrátám obráběcí kapaliny. [24]

Funkční princip je znázorněn na obrázku č. 22. Disk, pás, nebo hadice jsou ponořeny do kapaliny. Oleje se znečišťujícími látkami ulpívají na jejich povrchu a jsou vynášeny ven. Během otáčení se disk, pás, nebo hadice dostává do styku se stěračci, které z nich odstraňují nanesený olej s nečistotami. Zachycený olej odkapává do přistavené nádoby. [3]



Obr. 22 Princip činnosti skimmeru [3].

K souběžnému odstranění cizích olejů s jemného mechanického znečištění lze použít třífázovou diskovou nebo bubnovou odstředivku konstruovanou jako mobilní nebo stacionární zařízení. [24]

Dalším typem zařízení pro odstranění cizích olejů je koalescenční separátor oleje, ve kterém dochází k oddělení oleje na speciálních lamelách až v samotném zařízení. Je velmi účinný i při intenzivním proudění kapaliny v nádrži. Výhodou je, že se jedná o mobilní zařízení, které je možné postupně použít pro vyčištění obráběcích kapalin všech výrobních strojů. Zařízení je navíc vybaveno UV lampami, které dezinfikují kapalinu po odstranění cizího oleje. [24]

Na obrázku č. 23 je koalescenční separátor v provozu, v levé části je komora pro záchyt cizích olejů, v pravé části odvod vyčištěné kapaliny zpět do stroje (zapojení odtokem za provozu obráběcího centra). [24]



Obr. 23 Koalescenční separátor [24].

Jemné kovové částice se při obrábění usazují zejména ve špatně přístupných místech stroje, jako jsou prostory pod vynašeči špon a jednotlivé komory zásobní nádrže umístěné často pod samotným obráběcím strojem. Větší částice ve formě špon jsou odstraňovány vynašečem špon nebo jsou zachyceny pásovým filtrem. Na obrázku č. 24 je uveden příklad vynašeče špon. [24]



Obr. 24 Magnetický vynašeč kovových třísek [39].

Zařízení je vybaveno silným magnetickým systémem se specifickým polováním, které umožňuje vynášení drobných feromagnetických třísek a nečistot. [39]

Dopravník je poháněn elektromotorem, který zajišťuje otáčení magnetického válce. [39]

Po vynesení zachycených třísek na konec dopravníku, jsou třísky uvolněny a padají do nádoby. [39]

5.5 Výměna

Řezné oleje musí být vyměněny, pokud nelze odstranit pevné a kapalné nečistoty, klesá trvanlivost nástroje, filtrace je obtížná, olej je příliš starý, zhoršuje se kvalita obrábění, rostou problémy se zápachem a podrážděním kůže obsluhy. Po výměně olejů se musí důkladně vyčistit všechna potrubí, nádrže, ventily a trysky. [23]

Vodou mísitelné kapaliny se musí vyměňovat mnohem častěji než řezné oleje. Tyto kapaliny se musí vyměnit, pokud zapáchají, vytvářejí se silné usazeniny na stroji nebo se v horní části nádrže tvoří silná pěna, hodnoty pH klesají nebo rostou, voda je příliš tvrdá, kapalina se stává nestálá, výkonnost obrábění klesá, ucpává se cirkulační systém, v kapalině je příliš nečistot, snižuje se trvanlivost nástroje, množí se mikroorganismy, zhoršuje se kvalita obrobeneho povrchu. [23]

Vodou mísitelné kapaliny se mění podobně jako řezné oleje, ale před vypuštěním kapaliny je třeba přidat systémový čistič, který zničí mikroorganismy. Po aplikaci systémové čističe je třeba zajistit cirkulaci systémové náplně na 8 až 24 hodin. Po uplynutí doby lze kapalinu vypustit a cirkulační systém se opět desinfikuje. [23]

5.6 Likvidace

Při likvidaci použitých obráběcích kapalin musí být postupováno v souladu se zákonem o odpadech. Základní povinnosti firmy při nakládání s odpady jsou uvedeny v příloze číslo 2 tohoto dokumentu. Způsob likvidace závisí na zařazení odpadu dle Katalogu odpadů. Katalogové číslo odpadu je uvedeno v bezpečnostním listu produktu. Bezpečnostní list obdrží kupující od prodávajícího.

Použité oleje a vodou mísitelné kapaliny nelze vypouštět do veřejné kanalizace. U emulzí musí být napřed odloučen olej a voda. Pro odloučení se používá síran železnatý, sůl nebo koncentrované kyseliny. Při použití kyselin musí být voda před vypuštěním do kanalizace neutralizována. Odloučený olej obsahuje substance, které byly používány při jeho ošetřování. Může být spalován ve speciálních pecích. [36]

Likvidace procesních kapalin v provozu přináší firmě vysoké náklady, výhodnější bývá zajistit likvidaci kapaliny odbornou firmou. [36]

5.7 Zajištění bezpečnosti práce

Ve většině případů je obsluha obráběcích strojů v přímém kontaktu s řeznými kapalinami, což nepříznivě působí na průdušky a sliznice a vyvolává podráždění kůže. Hlavním problémem jsou alergie. Z těchto důvodů je velmi důležité dodržovat následující zásady snižující rizika pro lidi a životní prostředí:

- vyhnout se kontaktu s řeznými kapalinami
- nosit odolné ochranné oblečení, nepoužívat znečištěné oblečení
- používat ochranné prostředky očí
- používat ochranné regenerační masti
- používat šetrné prostředky na mytí, pH neutrální mýdla a čisté ručníky
- zakrýt pracovní prostor stroje
- zajistit vhodnou ventilaci dílny
- zpřístupnit bezpečnostní pokyny pro nakládání s řeznými kapalinami na pracovišti
- používat pouze řezné kapaliny bez dusitanů a chlóru
- dodržovat předpisy bezpečnosti práce
- dbát nebezpečí vzniku požáru při obrábění hořčíku a jeho slitin
- používat vhodné sorpční prostředky na znečištěné nebo mastné podlahy. [23]

Při nakládání s obráběcími kapalinami musí být postupováno v souladu s platnou legislativou. Základní povinnosti firmy při nakládání s obráběcími kapalinami jsou uvedeny v příloze číslo 3 tohoto dokumentu.

5.7.1 Filtrace olejové mlhy

Při obrábění se uvolňuje velké množství tepla, dochází k odpařování řezné kapaliny na vnitřní části stroje a vzniká olejová mlha. Při velmi vysokých teplotách vznikají navíc rozkladem řezné kapaliny dýmy, v extrémním případě může dojít i lokálnímu hoření. [18]

Vzniklá mlha poškozuje zdraví obsluhy, okolní prostředí, zařízení i výrobky. V závislosti na míře vystavení těmto škodlivým vlivům dochází u obsluhy k alergickým reakcím a podráždění pokožky. Olejová mlha také nepříznivě ovlivňuje pracovní prostředí, protože snižuje viditelnost, zhoršuje čistotu a zápach na pracovišti. [26]

Řezné oleje často se vzduchem vytváří olejovou mlhu, která za určitých okolností může vznítit (např. od horkého povrchu obráběného materiálu). Z tohoto důvodu je třeba dodržovat pravidla požární bezpečnosti. [26]

Nejvyšší riziko pro vznik požáru představují minerální nebo přírodní oleje. Hlavně málo viskózní oleje mají bod vzplanutí i pod 150 °C a možnost zahoření je u nich vysoká. Procesním zpracováním dochází navíc k opotřebení maziva, které způsobuje pokles hodnoty bodu vzplanutí. [30]



Za účelem minimalizace nebezpečí je třeba redukovat aerosoly a páry, které vznikají při obrábění. Dále je nutné zabránit zvýšeným koncentracím aerosolu ve stroji použitím odsávacího zařízení. Tato zařízení musí být umístěna do pracovní roviny, aby se aerosoly zbytečně netransportovaly. [30]

Příklad filtračního zařízení je uveden na obrázku číslo 25.

1. Kontaminovaný vzduch proudí do spodní komory.
2. Hlavní filtr odlučuje většinu olejové mlhy.
3. Přídavný filtr.
4. Zachycený a odloučený olej odtéká potrubím do kanystru nebo do odsávaného stroje.
5. Ventilátor.

[26]

Obr. 25 Filtr olejové mlhy
[26].

U obráběcích strojů, na kterých se zpracovává hliník nebo magnézium je nutné filtry chránit před nebezpečím výbuchu. Způsob ochrany je závislý na konstrukci a umístění filtru. Uvolnění výbuchu nemůže proběhnout ve výrobní hale, je nutné použít systém pro potlačení výbuchu. [30]

Požár nebo výbuch se může snadno šířit odsávacím zařízením. Zejména u centrálních odsávacích systémů je nutné instalovat zařízení zabraňující přenosu požáru nebo výbuchu potrubím. Zvláštní konstrukční opatření proti šíření požáru je také třeba provést v oblasti cirkulace oleje. [30]

6 TRH PROCESNÍCH KAPALIN PRO OBRÁBĚNÍ

6.1 Světový trh procesních kapalin pro obrábění

Na světě existuje asi 1380 výrobců procesních kapalin. Horní 1 % z nich pokrývá víc než 60 % světového prodeje, dalších 99 % výrobců pokrývá méně než 1 % spotřeby. V tabulce číslo 4 jsou uvedeni nejvýznamnější světoví výrobci průmyslových procesních kapalin (kapalin pro obrábění, hydraulických kapalin, kapalin do kompresorů atd.). [23]

Tab. 4 Největší světoví výrobci průmyslových procesních kapalin za rok 2005 [23].

	Firma	stát
1	Exxon Mobil	USA
2	Shell	VB / Nizozemí
3	Petrochina / Sinopec	Čína
4	Chevron	USA
5	BP	VB
6	Fuchs	Německo
7	Nippon Oil	Japonsko
8	Idemitsu	Japonsko
9	Total	Francie
10	Lukoil	Rusko
11	PDVSA	Venezuela
12	Yukos	Rusko
13	Repsol	Španělsko
14	Agip	Itálie
15	Valvoline	USA
16	Conoco Phillips	USA

6.2 Trh procesních kapalin pro obrábění v ČR

Na českém trhu procesních kapalin pro obrábění se ze světových výrobců uplatňují zejména následující:

- Exxon Mobil
- Shell
- Fuchs
- Total
- Chevron
- Agip

Mezi další významné výrobce v ČR patří firma Paramo a další.

6.2.1 Exxon Mobil

Firma je největším světovým producentem ropy a zajišťuje kompletní proces od těžby ropy až po prodej jejich derivátů. Vznikla v roce 2000 spojením dvou subjektů Exxon a Mobil Oil. Obě společnosti existovaly již od 70. let 19. století v USA. Výrobky firmy se prodávají pod obchodními značkami ESSO, Exxon a Mobil. [21]

Pod obchodní značkou Mobil nabízí výrobce v ČR řezné oleje MOBILMET a VACMUL XLM a vodou mísitelné produkty řady MOBIL CUT. [27]

Pod obchodní značkou ESSO nabízí výrobce v ČR řezné oleje řady DORTAN N, MARNOP, SCHNEIDOEL DN. [27]

Přehled vybraných produktů, jejich aplikace a základní vlastnosti jsou uvedeny v příloze číslo 4.

6.2.2 Shell

Firma Royal Dutch Shell (zkráceně Shell) je mezinárodní britsko-nizozemská petrolejářská společnost. Hlavním předmětem podnikání je těžba ropy, dále pak výroba energie, výroba chemických a petrochemických produktů. Společnost vznikla v roce 1907 spojením dvou subjektů Royal Dutch a Shell Transport and Trading. [41]

Pod obchodní značkou Shell nabízí výrobce v ČR kapaliny pro elektroerozivní obrábění MACRON EDM, vodou mísitelné kapaliny DROMUS BX, SITALA AY 401, SITALA B 401 (KS FLUID AF), SITALA A 2407 (KS FLUID O), ADRANA D 201, 401, 601 (KS FLUID H,U, D), METALINA B 2203 a 2406 (KS FLUID TX) a řezné oleje řady GARIA a MACRON. Přehled vybraných produktů, jejich aplikace a základní vlastnosti jsou uvedeny v příloze číslo 5. [12]

6.2.3 Fuchs

Společnost patří k největším světovým výrobcům maziv a souvisejících produktů. Společnost byla založena v Německu v roce 1931 a původně se zabývala prodejem amerických olejů. V České republice působí od roku 1991 její dceřiná společnost Fuchs oil corporation (cz). Výrobní sortiment je zaměřen na průmyslová a automobilová maziva a produkty pro stavebnictví a zemědělství. [10]

Pod obchodní značkou Fuchs nabízí širokou škálu

- vodou mísitelných kapalin pro universální použití (ECOCOOL, MAXICOOL, MICROCOOL), pro obrábění hliníků (ECOCOOL AL) a vysoce legovaných ocelí, pro obrábění litiny s kuličkovým grafitem, pro obrábění mědi a mosazi, pro obrábění hořčíku (ECOCOOL MG), bez obsahu boru a aminů, syntetické kapaliny (SYNTOCOOL), kapaliny pro broušení (ECOCOOL S) [11]
- řezných olejů multifunkčních (ECOCUT, UNIFLUID), speciálních pro obrábění hořčíku (ECOCUT S), biologicky odbouratelných produktů (PLANTOCUT), kapalin pro MQL (ECOCUT MICRO a PLANTO MICRO), pro obrábění vysoce legovaných ocelí, pro broušení (ECOCUT HS) atd. [11]

Přehled vybraných produktů, jejich aplikace a základní vlastnosti jsou uvedeny v příloze číslo 6.

6.2.4 Total

Společnost byla založena v roce 1924 ve Francii a zaměřuje se na těžbu, výrobu surové ropy a zemního plynu, přípravu, rafinaci a obchodování s ropnými výrobky. [42]

Pod obchodní značkou Total nabízí výrobce v ČR řezné oleje řady SCILIA a VALONA a vodou mísitelné kapaliny řady VULSOL, LACTUCA a SPIRIT. [44]

Přehled produktů, jejich aplikace a základní vlastnosti jsou uvedeny v příloze číslo 7.

6.2.5 Chevron

Americká společnost vznikla v roce 1911 jako jedna z nástupnických organizací firmy Standard Oil. V roce 2001 pohltila společnost Texaco a změnila název na Chevron Texaco, ale už v roce 2005 se vrátila k původnímu názvu Chevron corporation. Společnost podniká ve všech oblastech spjatých s ropou, zemním plynem a geotermální energií. [14]

Pod obchodní značkou TEXACO nabízí výrobce v ČR řezné oleje řady CLEARTEX, EDM FLUID, TRANSULTEX a vodou mísitelné kapaliny řady AQUATEX. [31]

Přehled vybraných produktů, jejich aplikace a základní vlastnosti jsou uvedeny v příloze číslo 8.

6.2.6 Agip

Značku Agip používá italská ropná společnost Eni, která vznikla v roce 1953 jako státní společnost a v letech 1995 až 2001 byla privatizována. Společnost se zabývá hlavně těžbou ropy a zemního plynu, ale také zpracováním a distribucí ropných produktů a výrobou elektrické energie. V České republice působí dceřiná společnost Eni Česká republika, s. r. o., která také provozuje čerpací stanice Agip. [9]

Pod obchodní značkou Agip nabízí v ČR řezné oleje řady ASTER a METALCUT a vodou mísitelné kapaliny řady AQUAMET. Přehled vybraných produktů, jejich aplikace a základní vlastnosti jsou uvedeny v příloze č. 9. [7]

6.2.6 Paramo

Společnost vznikla v roce 1879 v Pardubicích. Původně se kromě výroby procesních kapalin zabývala také zpracováním ropy na rafinérské a asfaltářské výrobky a prodejem svých pohonných hmot. V roce 2012 bylo zpracování ropy zastaveno a společnost dále pokračuje ve výrobě maziv, speciálních asfaltů a asfaltářských výrobků z polotovarů jiných rafinérií. Akcionářem společnosti je od roku 2000 firma Unipetrol, která se v roce 2009 stala jediným vlastníkem. [29]

Pod obchodní značkou Paramo nabízí v ČR řezné oleje řady PARAMO CUT, PARAMO UNICUT, PARAMO EPK1 (pro MQL), polysyntetické kapaliny řady PARAMO EOPS, PARAMO LACTIC, PARAMO ERO a syntetické kapaliny řady PARAMO SYNT. [28]

Přehled vybraných produktů, jejich aplikace a základní vlastnosti jsou uvedeny v příloze číslo 10.

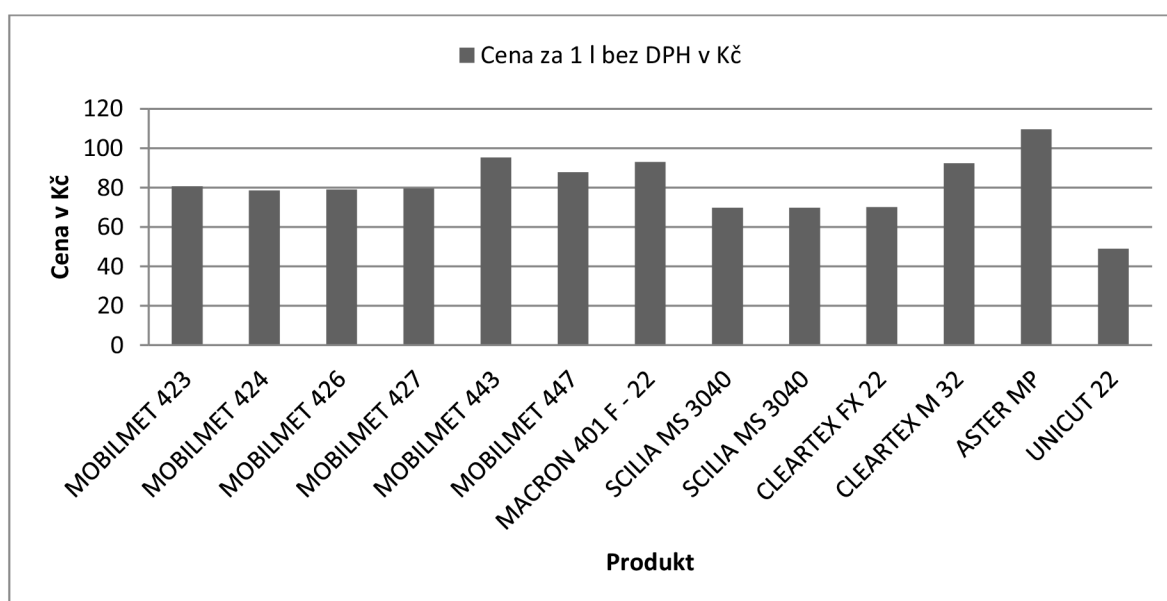
7 TECHNICKO EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Na základě analýzy vybraných obráběcích kapalin provedené v předešlé kapitole lze formulovat následující závěry:

Na českém trhu jsou zastoupeny obě základní skupiny kapalin pro obrábění – řezné oleje a vodou mísitelné kapaliny pro obrábění. Vodou mísitelné kapaliny jsou zastoupeny emulzemi, syntetickými a polysyntetickými kapalinami. Vodné roztoky nejsou na českém trhu téměř zastoupeny.

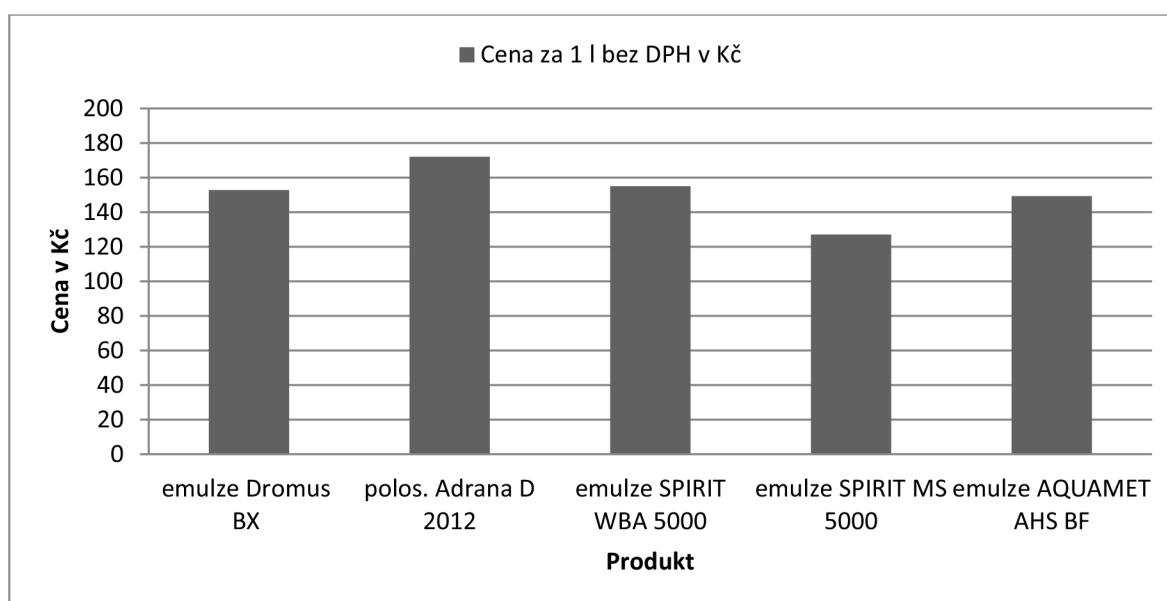
Upouští se od používání **sloučenin chlóru** jako EP aditiv. Ze zkoumaných produktů obsahovaly sloučeniny chlóru pouze následující produkty: MORNOP 25 a 26 od firmy EXXON MOBIL, CLEARTEX LM 25 a M 32 od firmy CHEVRON. Navíc se jedná o produkty, které jsou pomalu stahovány z trhu a nahrazovány jinými produkty bez obsahu chlóru.

Na českém trhu jsou zastoupeny **multifunkční oleje**, které lze zároveň použít jaké obráběcí kapaliny, hydraulické oleje, převodové oleje a oleje pro mazání vodících ploch. Jedná se např. o produkty: MOBILMET 423, 424, 426, 427, 443, 447 od firmy EXXON MOBIL, CLEARTEX FX 22, LM 25, M 32 od firmy CHEVRON, ASTER MP od firmy AGIP, UNICUT 22 od firmy PARAMO, MACRON 401 F – 22 od firmy SHELL, UNIFLUID 32 od firmy FUCHS, SCILIA MS 3040, 7046, 5032 od firmy TOTAL. Na obrázku č. 26 jsou srovnány ceny některých produktů. Nejlevnější ze všech uvažovaných olejů je UNICUT 22 od firmy PARAMO.



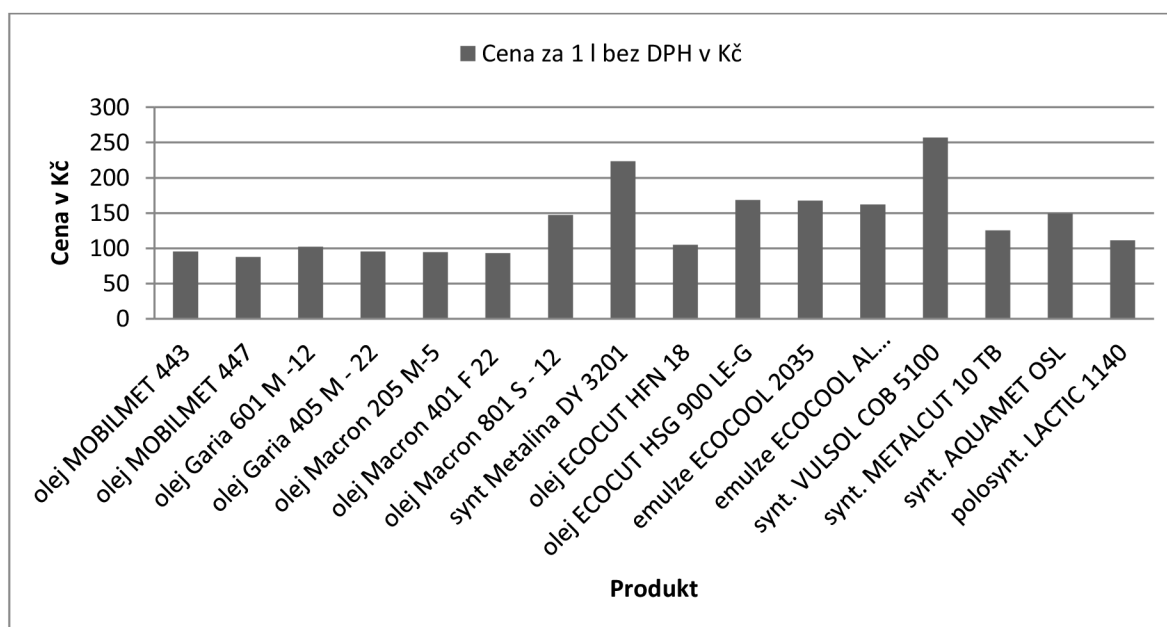
Obr. 26 Multifunkční oleje dostupné na trhu v ČR.

Na českém trhu lze najít **univerzální produkty** použitelné pro široké spektrum obráběcích operací (včetně broušení) na železných i neželezných kovech. Přehled je uveden na obrázku č. 27. Všechny uvedené produkty neobsahují chlór a nemají korozivní účinky na měď. Nejlevnější ze všech uvažovaných univerzálních produktů je emulze SPIRIT MS 5000 od firmy TOTAL. Z hlediska zákona o chemických látkách je tento produkt klasifikován jako dráždivý. Dráždí oči, kůži, je zdraví škodlivý při vdechování a při požití a je vysoce toxický pro vodní organismy.



Obr. 27 Univerzální produkty pro obrábění železných a neželezných kovů.

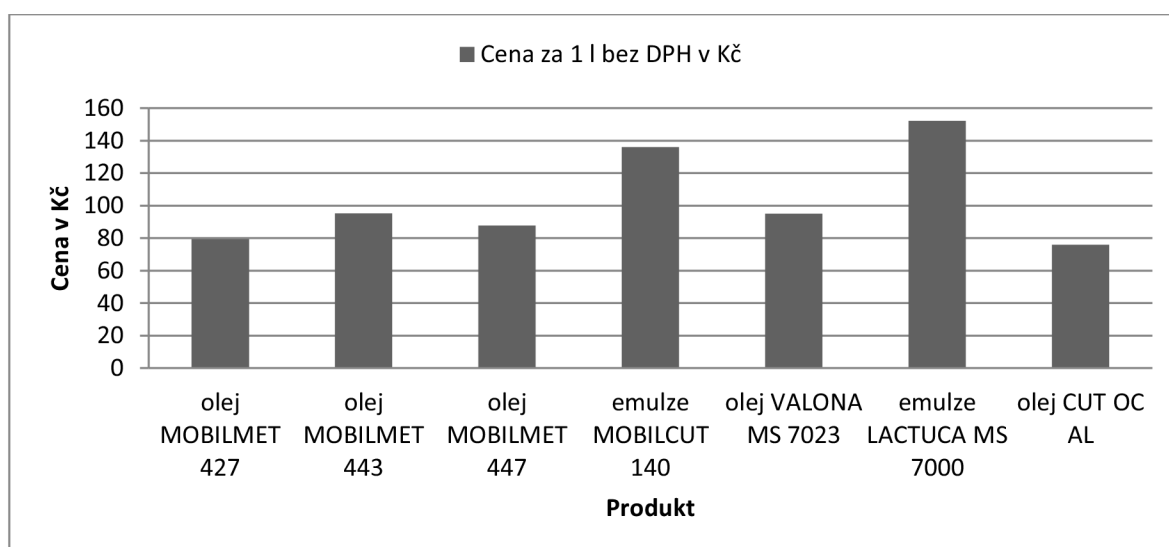
Přehled produktů určených pro **broušení** je uveden na obrázku č. 28. Lze si vybrat ze široké nabídky olejů, emulzí, syntetických a polysyntetických kapalin. Jako ekonomicky nejvýhodnější se jeví polysyntetická kapalina LACTIC 1140 od firmy PARAMO, kterou lze použít při obrábění na univerzálních obráběcích strojích včetně operací broušení. Dle informací od výrobce je produkt šetrný k pokožce obsluhy a je vhodný pro použití v nekrytých nebo částečně krytých obráběcích prostorech. Dle zákona o chemických látkách je klasifikován jako dráždivý.



Obr. 28 Produkty pro broušení.

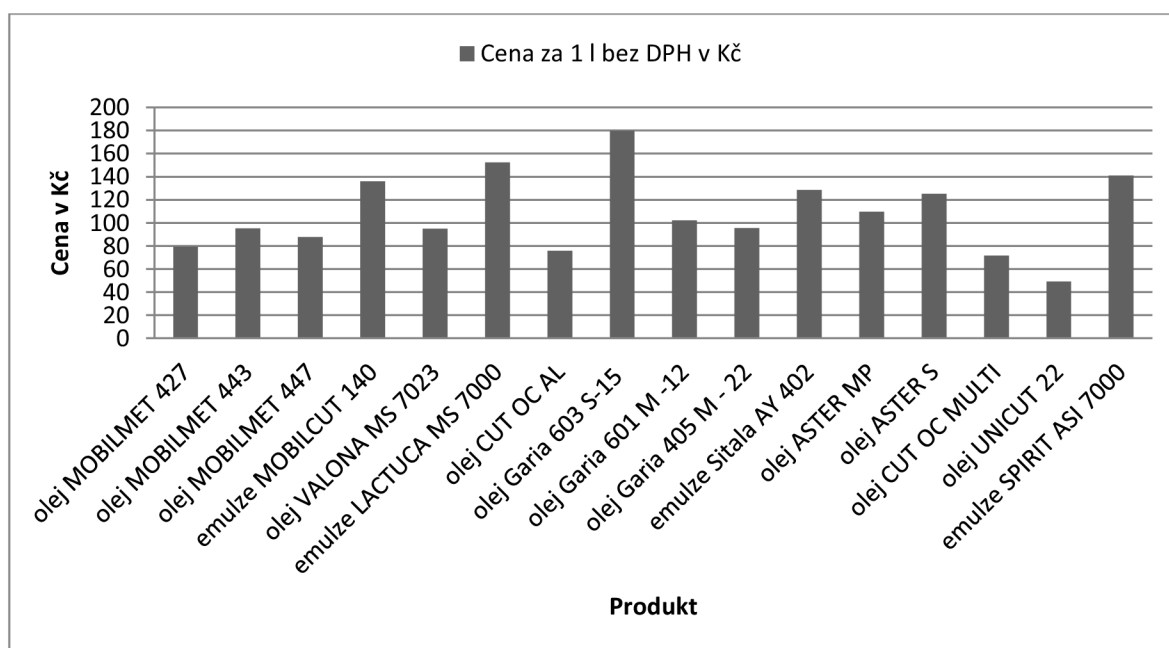
Při výběru je mimo jiné nutné zohlednit obráběný materiál. Např. pro broušení hliníku je vhodná emulze ECOCOOL AL 3000 MB od firmy FUCHS a pro broušení velmi tvrdých materiálů syntetická kapalina VULSOL COB 5100 od firmy TOTAL. Olej GARIA 601 M-12 od firmy Shell zabarvuje barevné kovy.

Produkty pro **náročné operace obrábění** (např. protahování a řezání závitů) **železných a neželezných kovů** jsou porovnány na obrázku č. 29.



Obr. 29 Produkty pro náročné operace obrábění železných a neželezných kovů.

Pokud bychom zúžily **náročné obráběcí operace** pouze na **oceli**, množina vhodných obráběcích kapalin se rozšíří o další produkty (viz obr. č. 30). Stejně jako v předešlém případě, v nabídce produktů převládají oleje.



Obr. 30 Produkty pro náročné operace obrábění oceli.

Nejnižší pořizovací cenu má olej UNICUT 22 od firmy PARAMO. Výrobek lze také použít jako multifunkční olej do hydrauliky a převodů. S ohledem na skutečnost, že srovnáváme oleje a koncentráty vodou mísitelných kapalin, dá se předpokládat, že vždy bude s ohledem na pořizovací náklady výhodnější vodou mísitelná kapalina, která bude naředěna na odpovídající koncentraci. Pokud bychom provedli podrobnou analýzu nákladů na udržování procesní kapaliny v provozu, pravděpodobně bychom museli upřednostnit olej.

ZÁVĚR

Bakalářská práce byla zaměřena na procesní kapaliny, jejich použití při obrábění a ošetřování v provozu. Hlavním výstupem práce je vyhodnocení procesních kapalin dostupných na trhu v ČR. Předmětem zkoumání bylo 94 kapalin od 7 různých výrobců.

Procesní kapaliny byly hodnoceny na základě informací poskytnutých výrobcí (technické a bezpečnostní listy) a podle ceny. S ohledem na získané informace byly vyvozeny následující závěry:

- Na trhu se uplatňují řezné oleje a vodou mísitelné kapaliny.
- Většina produktů nevykazuje ve smyslu zákona o chemických látkách nebezpečné vlastnosti. Pokud má nebezpečné vlastnosti, obvykle se jedná o dráždivost.
- Produkty s obsahem chlóru se vyskytují jen výjimečně.
- Na trhu lze pořídit multifunkční oleje, které se současně používají jako obráběcí kapaliny a hydraulické oleje.
- Na trhu lze pořídit univerzální kapalinu pro širokou škálu obráběcích operací a obráběných materiálů nebo lze zvolit speciální kapalinu pro konkrétní aplikaci nebo specifický materiál.
- Produkty firmy PARAMO jsou cenově dostupné.
- Uvažovaná cena nemůže být nikdy chápána jako hlavním kritériem pro rozhodnutí o výběru konkrétního produktu. Někdy může být toto kritérium dokonce zavádějící. Například pokud budeme srovnávat cenu oleje a cenu koncentrátu vodou mísitelné kapaliny. Nelze také opomenout výrazně vyšší náklady na ošetřování vodou mísitelných kapalin v provozu.
- Vhodnou procesní kapalinu lze zvolit pouze na základě analýzy konkrétní obráběcí operace, materiálu obrobku a nástroje. Informace poskytnuté výrobcem jsou pouze informativní.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. BĚLÍN, L. Aplikace vodou-mísitelných řezných kapalin. *Tribotechnika* [online]. 2009, roč. 56, č. 1 [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-1-2009/aplikace-vodoumisitelných-reznych-kapalin-v-oblastech-s-vysokym-narokem-na-mazivostni-charakteristik.html>
2. BĚLÍN, L. Řezné kapaliny v aplikacích obrábění nástroji s vysokým tlakem vnitřního chlazení. *Tribotechnika* [online]. 2011, roč. 56, č. 3 [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-1-2009/aplikace-vodoumisitelných-reznych-kapalin-v-oblastech-s-vysokym-narokem-na-mazivostni-charakteristik.html>
3. BELMET s. r. o. *Výrobky* [online]. [cit. 2014-05-15]. Dostupné z: <http://www.belmet.cz/vyrobek.php?skid=49>
4. BOSMAN, O. Vrtání hlubokých otvorů na obráběcích centrech. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2006, č. 7 [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/vrtani-hlubokych-otvoru-na-obrabecich-centrech.html>
5. CAKIR, O., YARDIMEDEN, A., OZBEN, T. a E. KILICKAP. Selection of cutting fluids. *Journal in materials and manufacturing engineering* [online]. 2007, roč. 25, č. 2 [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: http://www.journalamme.org/papers_vol25_2/2541.pdf
6. *CIM Canada's metalworking & fabricating technology magazine*. Grinding with CBN [online]. 2009, č. 11 [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: <http://www.cimindustry.com/article/metalworking/grinding-with-cbn>
7. CS MAZIVA [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: http://www.csmaziva.cz/rezne_oleje.html
8. DOBEŠ, P. Současné trendy v oblasti kapalin pro obrábění. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2007, č. 5 [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/soucasne-trendy-v-oblasti-kapalin-pro-obrabeni.html>
9. ENI CZ [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: http://www.eni.com/cz_CZ/eni-ceske-republice/oblasti-podnikani/oblasti-podnikani.shtml
10. FUCHS OIL CORPORATION [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.fuchs-oil.cz/index.php/koncern-fuchs/historie-fuchs-oil-corporation-cz.html>
11. FUCHS OIL CORPORATION [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.fuchs-oil.cz/index.php/produkty/prumysl/chladici-a-mazaci-latky-pro-obrabeni-nemis/>
12. HOGMARK, S. a M., OLSSON. Wear mechanisms of HSS cutting tools. *Gear solutions* [online]. 2008, č. 6 [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: <http://www.gearsolutions.com/article/detail/5809/wear-mechanisms-of-hss-cutting-tools>
13. HRDLIČKA OIL [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.hrdlicka-mc.cz/html/industry.html>
14. CHEVRON [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.chevron.com/about/>
15. ISIK, Y. An experimental investigation on effect of cutting fluids in turning with coated carbides tools. *Journal of Mechanical Engineering* [online]. 2010, roč. 56, č. 3 [cit. 2014-05-03]. Dostupné z: <http://www.sv-jme.eu/archive/sv-jme-volume-2010/sv-jme-56-3-2010/>
16. KAFKA, J. a M. VRABEC. *Technologie obrábění*. Praha: ČVUT, 1976. ISBN 80-01-01355-3.
17. KOČMAN, K. a J. PROKOP. *Technologie obrábění*. 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s. r. o., 2005. ISBN 80-214-3068-0.
18. KOZLOKOVÁ, Z. Filtrace olejové mlhy. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2005, č. 5 [cit. 2014-05-16]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/filtrace-olejove-mlhy.html>

19. KRŮŽ, P. Detergentní vlastnosti vodou mísitelných obráběcích kapalin. *Tribotechnické informace* [online]. 2013, č. 2 [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: http://www.techmagazin.cz/ke_stazeni/tribo/tribo20132.pdf
20. KRŮŽ, P. Aktuální vývoj vodou mísitelných kapalin pro obrábění hliníku. *Tribotechnika* [online]. 2004, roč. 56, č. 11 [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-42011/aktualni-vyvoj-vodou-misitelných-kapalin-pro-obrabeni-hliniku.html>
21. LUBSTAR [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.lubstar.cz/cs/mobil/>
22. LUBSTAR [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.lubstar.cz/cs/index/lubstar/>
23. MANG, T. a W. DRESEL. *Lubricants and Lubrication*. 2. vyd. Weinheim: Wiley-VCH, 2007. ISBN 978-3-527-31497-3.
24. MELKA, L. Efektivní údržba vodou mísitelných obráběcích kapalin. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2013, č. 5 [cit. 2014-05-15]. Dostupné z: <http://www.cnckonstrukce.cz/clanek-118/efektivni-udrzba-vodou-misitelných-obrabecich-kapalin.html>
25. *MM Průmyslové spektrum*. Obrábění za sucha – ano, či ne? [online]. 2001, č. 1 [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/obrabeni-zasucha-ano-ci-ne.html>
26. NEDERMAN CR s. r. o. *Dokonalý způsob, jak vyřešit vaše problémy s mlhou* [online]. [cit. 2014-05-16]. Dostupné z: http://www.nederman.cz/products/filters-for-oil-mist-and-coolants/oil-mist-filters/~media/ExtranetDocuments/PublishedBrochure/NOM_Broschyr_201212_CZ.ashx
27. OPTILUBE [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.optilube.cz/oleje-maziva/esso>
28. PARAMO, a. s. *Katalog speciálních výrobků* [online]. 2012, [cit. 2014-05-15]. Dostupné z: https://eshop.paramo.cz/data/Tiskoviny/Paramo_katalog_specialnich_vyrobku_N.pdf
29. PARAMO [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.paramo.cz/cs/onas/Stranky/default.aspx>
30. PIETONĚ, M. a O. ŠTROCH. Ochrana obráběcích strojů před výbuchem při obrábění kovů. *150 HOŘÍ* [online]. 2002, č. 2 [cit. 2014-05-16]. Dostupné z: http://www.bozpinfo.cz/win/knihovna-bozpcitarna/clanky/pozarni_ochrana/obrabeni020516.html
31. PK SERIVS [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.pkservis.com/cz/maziva-petrochemicke-produkty-pro-prumysl>
32. PLESKOTOVÁ, I. Odsávací a filtrační zařízení. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2004, č. 9 [cit. 2014-05-15]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/odsavaci-a-filtracni-zarizeni.html>
33. ROČEK, V. Suché obrábění snižuje výrobní náklady. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2003, č. 4 [cit. 2014-05-10]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/suche-obrabeni-snizuje-vyrobní-naklady.html>
34. RUŽIČKA, P. Požadavky na obráběcí kapaliny z hlediska typů obráběcích operací, materiálů a provozních podmínek. *Tribotechnika* [online]. 2010, roč. 56, č. 2 [cit. 2014-05-08]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-22010/pozadavky-na-obrabeci-kapaliny-z-hlediska-typu-obrabecich-operaci-materialu-a-provoznich-podminek.html>
35. SANDVIK COROMANT CZ, s. r. o. *Za sucha nebo za mokra* [online]. [cit. 2014-05-15]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/milling/getting_started/general_guidelines/dry_or_with_fluid/pages/default.aspx
36. SANDVIK COROMANT. *Příručka obrábění*. 1. vyd. Brno: Sandvik CZ, s. r. o., 1997. ISBN 91-97 22 99-4-6.

37. SANDVIK COROMANT CZ, s. r. o. *Obrábění hlubokých děr* [online]. [cit. 2014-05-15]. Dostupné z: http://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/drilling/application_overview/deep_hole_machining/coolant/pages/default.aspx
38. SECO TOOLS CZ. Příručka pro technology – Opotřebení se nevyhne. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2012, č. 6 [cit. 2014-05-03]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/prirucka-pro-technologie-opotrebeni-se-nevyhne.html>
39. SEDLAČEK, M., PODGORNIK, B. aj. VIZINTIN. Influence of surface preparation on roughness parameters, fiction and wear. *Wear* [online]. 2009, 266 [cit. 2014-05-27]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043164808002299>
40. SELOS Bohemia, s. r. o. *Magnetický vynašeč kovových třísek* [online]. [cit. 2014-05-15]. Dostupné z: <http://www.magnety.eu/magneticky-vynasec-spon/#>
41. SHELL [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: <http://www.shell.com/>
42. TAWAKOLI, T., et al. An experimental investigation of teh effects of workpieceand grinding parameters on minimum quantity lubrication – MQL grinding. *International Journal of Machine Tools and manufacture* [online]. 2009, roč. 49, č. 12-13 [cit. 2014-05-27]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0890695509001357>
43. TOTAL [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: http://www.total.cz/Lub/lubCzechRepublic.nsf/V5_OPM/81CC3FB72AC0FD18C125717F004FEA68?OpenDocument
44. TOTAL [online]. [cit. 2014-05-18]. Dostupné z: http://www.total.cz/Lub/lubCzechRepublic.nsf/V5_OPM/7D3197E26C2FD3B3C1256FA9004DE0CB?OpenDocument
45. TOTTEN, G. *Handbook of Lubrication (Theory & Practice of Tribology)*. 2. vyd. CRC Press, 2006. ISBN 084932095X.
46. TÖNSHOFF, H.K., ARENDT, C. a R. BEN AMOR. Cutting of Hardened Steel CIRP. *Annals – Manufacturing Technology* [online]. 2000, roč. 2, č. 49 [cit. 2014-05-27]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007850607634556>
47. UNIVERZITA J. E. PURKYNĚ V BRNĚ. *Ekologie obrábění*. Ústí nad Labem: Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, 2000. ISBN 80-7044-328-6.
48. VARADARAJAN, A., P.K. PHILIP a B. RAMAMOORTHY. Investigations on hard turning with minimal cutting fluid application (HTMF) and its comparison with dry and wet turning. *International Journal of Machine Tools & Manufacture* [online]. 2002, roč. 42, č. 2 [cit. 2014-05-03]. Dostupné z: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleListURL&_method=list&_ArticleListID=-570873286&_sort=r&_st=13&view=c&_acct=C000228598&_version=1&_urlVersion=0&_u serid=12975512&md5=df9601a7684076fc96ac8f6994259864&searchtype=a
49. VOCEL, M. a V. DUFEK. *Tření a opotřebení strojních součástí*. Praha: STNL – Nakladatelství technické literatury, n. p., 1976.
50. VOGEL. *Přehled výrobků pro průmyslové aplikace* [online]. [cit. 2014-05-15]. Dostupné z: <http://www.pkservis.com/data/web/upload/48-loziska-tesneni-maz-systemy/centralni-mazaci-systemy-vogel.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka	Popis
CBN	kubický nitrid bóru
Cu	měď
EP	extreme pressure
HSS	high speed steel
MQL	minimum quantity lubrication
PCD	polykrystalický diamant
SK	slinutý karbid
STS	single tube system
ppm	parts per million

Symbol	Jednotka	Popis
Q_e	[J]	teplo řezného procesu
Q_n	[J]	teplo odvedené nástrojem
Q_o	[J]	teplo odvedené obrobkem
Q_{pd}	[J]	teplo vzniklé v oblasti plastických deformací při tvoření třísky
Q_{pr}	[J]	teplo odvedené řezným prostředím
Q_t	[J]	teplo odvedené třískou
Q_α	[J]	teplo vzniklé v oblasti hřbetu nástroje po přechodové ploše obrobku
Q_γ	[J]	teplo vzniklé v oblasti tření třísky po čele nástroje
R_a	[μm]	střední aritmetická hodnota drsnosti
R_z	[μm]	maximální výška nerovnosti profilu
a_p	[mm]	šířka záběru ostří
f	[mm]	posuv
v_c	[$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$] [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]	řezná rychlost
v_{ft}	[$\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$]	tangenciální rychlost posuvu
λ_s	[$^\circ$]	úhel sklonu ostří

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Realizace řezného procesu [17].	9
Obr. 2 Rozdělení teploty při obrábění [12].	10
Obr. 3 Koeficient tření při obrábění za sucha a procesními kapalinami [39].	11
Obr. 4 Náklady na procesní kapaliny pro obrábění [23].	12
Obr. 5 Opotřebenění nástroje [38].	13
Obr. 6 Vliv procesní kapaliny na stáčení třísky [48].	14
Obr. 7 Odchylna rozměrů sledovaná při obrábění s procesní kapalinou a za sucha [46].	15
Obr. 8 Drsnost povrchu v závislosti na rychlosti posuvu a řezném prostředí [42].	16
Obr. 9 Tangenciální řezná síla v čase při obrábění s procesními kapalinami a za sucha [15].	17
Obr. 10 Systém pro přívod řezné kapaliny [37].	18
Obr. 11 Přívod řezné kapaliny do místa řezu [17].	18
Obr. 12 Ejektorový systém [37].	19
Obr. 13 Systém s jednou trubicí (STS) [37].	19
Obr. 14 Obtížnost obráběcích operací [34].	24
Obr. 15 Materiálová náročnost [34].	26
Obr. 16 Frézování za sucha [35].	28
Obr. 17 Externí mazání MQL [50].	29
Obr. 18 Mazání MQL vnitřkem nástroje [50].	29
Obr. 19 Broušení nástrojem z CBN [6].	30
Obr. 20 Ruční refraktometr [28].	32
Obr. 21 Posuzovací stupnice testu koroze [28].	33
Obr. 22 Princip činnosti skimmeru [3].	34
Obr. 23 Koalescenční separátor [24].	35
Obr. 24 Magnetický vynašeč kovových třísek [39].	35
Obr. 25 Filtr olejové mlhy [26].	37
Obr. 26 Multifunkční oleje dostupné na trhu v ČR.	41
Obr. 27 Univerzální produkty pro obrábění železných a neželezných kovů.	42
Obr. 28 Produkty pro broušení.	42
Obr. 29 Produkty pro náročné operace obrábění železných a neželezných kovů.	43
Obr. 30 Produkty pro náročné operace obrábění oceli.	43

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Hodnoty povrchového napětí obráběcích kapalin [19].	11
Tab. 2 Rozdělení řezných olejů podle ISO 6743/7, DIN 51 385 nebo DIN 51 520 [23].	21
Tab. 3 Rozdělení vodou mísitelných řezných kapalin podle ISO 6743/7 [23].	23
Tab. 4 Největší světoví výrobci průmyslových procesních kapalin za rok 2005 [23].	38

SEZNAM PŘÍLOH

- | | |
|------------|---|
| Příloha 1 | Recommendations for cutting and grinding fluids and application methods for carbide tools.
Cutting fluids codes. |
| Příloha 2 | Povinnosti původce odpadů dle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, v platném znění |
| Příloha 3 | Povinnosti v bezpečnosti a ochraně zdraví při práci při nakládání s obráběcími kapalinami |
| Příloha 4 | Produkty firmy Exxon Mobil |
| Příloha 5 | Produkty firmy Shell |
| Příloha 6 | Produkty firmy Fuchs |
| Příloha 7 | Produkty firmy Total |
| Příloha 8 | Produkty firmy Chevron |
| Příloha 9 | Produkty firmy Agip |
| Příloha 10 | Produkty firmy Paramo |

PŘÍLOHA 1

Recommendations for cutting and grinding fluids and application methods for carbide tools [45].

Machined materials	Type of cut	Carbide				HSS tapping
		Turning	Face milling	End milling	Drilling	
Carbon and low alloy steels	All	F 0, 3–3.12; 2–2.10	F 0, 2–2.10; 1.10–1.12	F 3.1–3.3, 3.8–3.12	F 3.4–3.12, 2.3–2.10	F 1–1.2
Low alloy steels	Rough	F 0, 1–2.1	F 0, 2–2.10;	F 2.1, 2.2	F 3.4–3.12, 2.3–2.10	F 1-1.16
Low alloy steels	Finish	F 0, 3.1 –3.13	F 0,3.12–3.12;	F 3.1–3.12	F 3.4–3.12, 2.3–2.10	F 1–1.6
Cast iron	Rough	M-F 0, 2–2.10, 1.24	M-F 0, 2.3–2.10,	M-F 0, 2.3–2.10,	F 0, 2.1, 2.2	F,H 0, 3.4–3.12, 2.3–2.10
Cast iron	Finish	M-F 0, 3.1–3.3, 2.1–2.2	M-F 3.8–3.12	M-F 03.8–3.12	F 3.1–3.3 3.8–3.12	F,H 0, 3.4–3.12, 2.3–2.10
Die steels	Rough	F 0, 1.10–1.12, 1,28	F 2, 1–2.10, 1,28	F 2, 1–2.10, 1,28	F, H 3.4–3.12, 1.10–1.16	F, H, I 1.5–1.21
Die steels	Finish	F 0, 3.1-3.12, 1,28	F 0, 3.1-3.12, 1,28	F 0, 3.1-3.12, 1,28	F, H 3.4–3.12, 1.10–1.16	F, H, I 1.5–1.21
Stainless steel (Austenitic)	Rough	F 0, 2.1–2.10, 1,31	F 0, 2.2, 2.13, 3.1, 3.2, 2.13	F 0, 2.2, 2.13	F, H 3.4–3.12, 2.3–2.10	F, H, I 2.3–2.10, 1.13–1.21
Stainless steel	Finish	F 0, 2.1–2.10, 1,31	F 3.1–3.3, 2.13	F 3.1–3.3, 2.13	F, H 3.4–3.12, 2.3–2.10	F, H, I 2.3–2.10, 1.13–1.21
Nickel-based alloys	Rough	F 1.13–1.21, 1,29	F 1.13–1.21, 1,29	F 1.13–1.21, 1,29	F, H, I 1.13–1.21, 1,29	F, H, I 1.17–1.21, 1,29
Nickel-based alloys	Finish	F 2.3–2.10, 1,29	F 2.3–2.10, 1,29	F 2.3–2.10, 1,29	F, H, I 1.13–1.21, 1,29	F, H, I 1.17–1.21, 1,29
Magnesium	All	M-F 0, 1.23–1.26, 3,20	M-F 0, 1.22,1.23, 1,26	M-F 0, 1.22,1.23, 1,26	F 0, 1.22, 1.23, 1.26	F-H 0, 1.22, 1.26
Aluminum	All	M-F 3.3, 2.1, 1.26, 3.20	M-F 3.1–3.3, 2.1, 1.26	M-F 3.1–3.3, 2.1, 1.26	M-F 2.1–2.2, 1.26	F-H 0, 1.22, 1.26
Cooper and alloys	Rough	F 2.3–2.10, 1.24, 1.25	F 2.1, 2.2, 1.25	F 2.1, 2.2, 1.25	F, H 2.1–2.2, 1.25	F, H 1.24
Cooper and alloys	Finish	F 2.3–2.10, 1.24, 1.25	F 2.1, 2.2, 1.25	F 2.1, 2.2, 1.25	F, H 2.1–2.2, 1.25	F, H 1.24
Titanium	Rough	M-F 2.10, 3.4, 2.11	F 1.24, 2.11, 1.27	M-F 1.24, 2.11, 1.27	F, H, I 1.27	F, P, H, I 1.34, 1.27
Titanium	Finish	M-F 2.10, 3.4, 2.11	F 1.24, 2.11, 1.27	M-F 1.24, 2.11, 1.27	F, H, I 1.27	F, P, H, I 1.34, 1.27

Application method: F, flow; M, mist; I, immersion; P, high pressure.

Cutting fluids codes [45].

Code	Fluid type	Code	Fluid type
0	Dry	1.32	Chlorinated mineral-lard oil
1	Cutting oils	1.33	Honing oil
1.1	Sulfurized oil, light duty	1.34	Tapping oil
1.2	Sulfurized mineral-lard oil, light duty	2	Emulsifiable oils (water miscible), all
1.3	Sulfurized mineral oil, light duty	2.1	Water miscible oil, light duty
1.4	Sulfurized lard oil with chlorine, light duty	2.2	Water miscible oil, medium duty
1.5	Sulfurized oil, medium/heavy duty	2.3	Water miscible oil, heavy duty
1.6	Sulfurized mineral-lard oil, medium/heavy duty	2.4	Sulfo-chlorinated water miscible oil, heavy duty
1.7	Sulfurized fat compounded oil, medium/heavy duty	2.5	Chlorinated water miscible oil, heavy duty
1.8	Sulfurized mineral oil, medium/heavy duty	2.6	Sulfo-chlorinated water miscible compound,
1.9	Sulfurized lard oil, medium/heavy duty	2.7	Water miscible compound, active sulfur, heavy duty
1.10	Sulfo-chlorinated mineral-lard oil, light duty	2.8	Water miscible mineral oil
1.11	Sulfo-chlorinated mineral oil, light duty	2.9	Fatter water miscible oil
1.12	Sulfo-chlorinated lard oil, light duty	2.10	Extreme pressure water miscible oil, heavy duty
1.13	Sulfo-chlorinated mineral-lard oil, medium duty	2.11	Water miscible oil specially recommended for titanium alloys
1.14	Sulfo-chlorinated mineral oil, medium duty	2.12	Water miscible oil specially recommended for high nickel cobalt alloys
1.15	Sulfo-chlorinated lard oil, medium duty	3	Chemical (synthetic) fluid
1.16	Sulfo-chlorinated oil, medium duty	3.1	Chemical emulsion, light duty
1.17	Sulfo-chlorinated mineral-lard oil, medium duty	3.2	Water based chemical, light duty
1.18	Sulfo-chlorinated lard oil, heavy duty	3.3	Water miscible petrochemical, light duty
1.19	Sulfo-chlorinated oil, heavy duty	3.4	Chemical emulsion, heavy duty
1.20	Sulfo-chlorinated mineral oil, heavy duty	3.5	Sulfurized water-based chemical, heavy duty
1.21	Highly chlorinated lard oil, heavy duty	3.6	Chlorinated water-based chemical, heavy duty
1.22	Straight mineral oil	3.7	Water miscible, heavy duty
1.23	Straight oil	3.8	Chemical (synthetic) fluid
1.24	Mineral-lard oil, medium/heavy duty	3.9	Chemical solution
1.25	Mineral-lard oil, light duty	3.10	Chemical solution, oil based
1.26	Oil specially recommended for aluminium, magnesium alloys	3.11	Chemical and oil solution, heavy duty
1.27	Oil specially recommended for titanium alloys	3.12	Chemical and organic compound solution
1.28	Oil specially recommended for high temperature alloys	3.13	Chemical with extreme pressure and wetting agent, water miscible
1.29	Oil specially recommended for nickel-based alloys		
1.30	Oil specially recommended for cobalt base		
1.31	Oil specially recommended for stainless steels		

PŘÍLOHA 2

Povinnosti původce odpadů dle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, v platném znění

Povinnost	Legislativa
Původce je povinen zařadit odpad dle Katalogu odpadů.	§ 5, odst. 1, zákona č. 185/2001 Sb., vyhláška 381/2001 Sb.
Původce je povinen zařadit odpad do kategorie nebezpečný za podmínek stanovených zákonem.	§ 6, odst. 1, zákona č. 185/2001 Sb.
Původce, který nakládá s nebezpečnými odpady je povinen tyto odpady označit v souladu se zákonem.	§ 13, odst. 2, zákona č. 185/2001 Sb.
Původce, který nakládá s nebezpečnými odpady je povinen zpracovat identifikační list nebezpečného odpadu v souladu se zákonem a místa nakládání tímto listem vybavit.	§ 13, odst. 3, zákona č. 185/2001 Sb.
Původce, který nakládal v posledních 2 letech s nebezpečnými odpady v množství větším než 100 t za rok je povinen zajistit odborné nakládání s odpady prostřednictvím odborně způsobilé osoby.	§ 15, odst. 1, zákona č. 185/2001 Sb.
Původce je povinen odpady, které sám nemůže využít nebo odstranit v souladu se zákonem, převést do vlastnictví oprávněné osobě. Každý je povinen zjistit, zda osoba, které předává odpady, je k jejich převzetí oprávněna. Jinak nelze odpad předat.	§ 16, odst. 1, písmeno c, zákona č. 185/2001 Sb.
Původce je povinen shromažďovat odpady tříděné podle druhů a kategorií.	§ 16, odst. 1, písmeno e, zákona č. 185/2001 Sb.
Původce je povinen zabezpečit odpady proti znehodnocení, odcizení nebo úniku.	§ 16, odst. 1, písmeno f, zákona č. 185/2001 Sb.
Původce je povinen vést průběžnou evidenci o odpadech.	§ 16, odst. 1, písmeno g, zákona č. 185/2001 Sb.
Původce je povinen podávat hlášení o produkci odpadů příslušnému správnímu úřadu, pokud produkuje nebo nakládá s více než 100 kg nebezpečných odpadů za rok nebo s více než 100 t ostatních odpadů za rok	§ 39, odst. 2, písmeno g, zákona č. 185/2001 Sb.
Původce odpadních olejů je povinen zajistit přednostně jejich regeneraci. Regenerace je proces, kterým lze vyrobit základové oleje rafinací odpadních olejů, zejména odstraněním kontaminujících složek.	§ 29, odst. 1, písmeno a, zákona č. 185/2001 Sb.
Původce odpadních olejů je povinen zajistit spalování odpadních olejů, pokud regenerace není možná. Spalováním je myšleno jejich energetické využití jako paliva.	§ 29, odst. 1, písmeno b, zákona č. 185/2001 Sb.

Původce odpadů je zde právnická nebo podnikající fyzická osoba, při jejichž činnosti vzniká odpad.

PŘÍLOHA 3

Povinnosti v bezpečnosti a ochraně zdraví při práci při nakládání s obráběcími kapalinami

Povinnost	Legislativa
Při nakládání s nebezpečnými chemickými látkami a chemickými přípravky je každý povinen chránit zdraví lidí a životní prostředí a řídit se výstražnými symboly nebezpečnosti, standardními větami označujícími specifickou rizikovou pokyny pro bezpečné zacházení .	§ 44a, odst. 2, zákona č. 258/2000 Sb.
Fyzické osoby, které v rámci svého zaměstnání nakládají s nebezpečnými chemickými látkami nebo přípravky klasifikovanými jako vysoce toxické, toxické, žíravé nebo karcinogenní označené R-větou 45 nebo 49, mutagenní označení R-větou 46 a toxické pro reprodukci označené R-větou 60 nebo 61, musí být prokazatelně seznámeny s nebezpečnými vlastnostmi chemických látek a přípravků, se kterými nakládají, zásadami ochrany zdraví a životního prostředí před jejich škodlivými účinky a zásadami první předlékařské pomoci.	§ 44a, odst. 9, zákona č. 258/2000 Sb.
Právnická osoba nebo fyzická osoba oprávněná k podnikání je povinna vydat pro pracoviště, na němž nakládá s nebezpečnými chemickými látkami nebo přípravky klasifikovanými a označenými dle předešlého odstavce, písemná pravidla o bezpečnosti, ochraně zdraví a ochraně životního prostředí při práci s těmito látkami a přípravky . Pravidla musí být volně dostupná a musí obsahovat pokyny pro bezpečnost, ochranu zdraví a ochranu životního prostředí, pokyny pro první předlékařskou pomoc a postup při nehodě. Text musí projednat s místně příslušným orgánem ochrany veřejného zdraví.	§ 44a, odst. 10, zákona č. 258/2000 Sb.
U chemické látky nebo směsi, která se vstřebává kůží nebo sliznicemi, a u chemické látky, směsi nebo prachu, které mají dráždivý nebo senzibilizující účinek na kůži, je nezbytné zajistit, aby zaměstnanec byl vybaven vhodným osobním ochranným pracovním prostředkem .	§ 11, odst. 1, vyhlášky č. 361/2007 Sb.
Při práci s chemickou látkou, směsí nebo prachem musí být zajištěno dostatečné a účinné větrání a místní odsávání od zdroje chemické látky, směsi nebo prachu a uplatněna technická a technologická opatření, která napomáhají ke snížení úrovně chemické látky, směsi nebo prachu v pracovním ovzduší.	§ 11, odst. 2, vyhlášky č. 361/2007 Sb.
Zaměstnavatel je povinen poskytovat zaměstnancům mycí, čisticí a dezinfekční prostředky na základě rozsahu znečištění kůže a oděvu.	§ 104, odst. 3, zákona č. 262/2006 Sb.
Zaměstnavatel je povinen udržovat osobní ochranné pracovní prostředky v použitelném stavu a kontrolovat jejich používání.	§ 104, odst. 4, zákona č. 262/2006 Sb.
Osobní ochranné pracovní prostředky, mycí, čisticí a dezinfekční prostředky a ochranné nápoje přísluší zaměstnanci od zaměstnavatele bezplatně podle vlastního seznamu zpracovaného na základě vyhodnocení rizik a konkrétních podmínek práce. Poskytování nelze nahradit finančním plněním.	§ 104, odst. 5, zákona č. 262/2006 Sb.

PŘÍLOHA 4

Produkty Exxon Mobil – řezné oleje

Název	Korozivní vliv?	Obsahuje Cl?	Použití jako hydraulický olej?	Obráběný materiál	Aplikace	Bod vzplanutí [°C]	Viskozita při 40 °C [mm ² /s]	Brání tvorbě mlhy?	Cena za 1 l bez DPH [Kč]	Technický list
MOBILMET 423	N	N	A	Železné i neželezné kovy	Lehké až středně náročné řezné operace. Doporučen pro obrábění hliníku, hořčíku a mědi, mosazi, bronzu, oceli a litiny s tvrdostí do 200 HB.	182	16	A	80,62	1
MOBILMET 424	N	N	A	Železné i neželezné kovy	Lehké až středně náročné řezné operace. Doporučen pro obrábění hliníku, hořčíku a mědi, mosazi, bronzu, oceli a litiny s tvrdostí do 200 HB.	182	16	A	78,66	1
MOBILMET 426	N	N	A	Železné i neželezné kovy	Lehké až středně náročné řezné operace. Doporučen pro klíčové operace obrábění neželezných kovů a pro obrábění materiálů s tvrdostí do 300 HB.	210	35	A	79,07	1
MOBILMET 427	N	N	A	Železné i neželezné kovy	Lehké až středně náročné řezné operace. Doporučen pro klíčové operace obrábění neželezných kovů a pro obrábění materiálů s tvrdostí do 300 HB.	212	43	A	79,56	1

Název	Korozivní vliv?	Obsahuje Cl?	Použití jako hydraulický olej?	Obráběný materiál	Aplikace	Bod vzplanutí [°C]	Viskozita při 40 °C [mm ² /s]	Brání tvorbě mlhy?	Cena za 1 l bez DPH [Kč]	Technický list
MOBILMET 443	N	N	A	Železné i neželezné kovy. Běžné i obtížně obrobitelné oceli, včetně ocelí určených k cementování, uhlíkatých a silně legovaných ocelí a neželezných kovů a jejich slitin.	Náročné obráběcí operace. Doporučen pro soustružení, vrtání, vyvrtávání, vystružování a řezání závitů, všechny typy broušení včetně broušení nerezových a silně legovaných ocelí, náročné odvalovací frézování, soustružení a ševingování ozubených kol, broušení kol a závitů, frézování a protahování.	170	15	A	95,32	2
MOBILMET 447	N	N	A	Železné i neželezné kovy. Běžné i obtížně obrobitelné oceli, včetně ocelí určených k cementování, uhlíkatých a silně legovaných ocelí a neželezných kovů a jejich slitin.	Náročné obráběcí operace. Doporučen pro soustružení, vrtání, vyvrtávání, vystružování a řezání závitů, všechny typy broušení včetně broušení nerezových a silně legovaných ocelí, náročné odvalovací frézování, soustružení a ševingování ozubených kol, broušení kol a závitů, frézování a protahování.	220	46	A	87,77	2
MOBILMET 763	A na Cu	N	N	Obtížně obrobitelné oceli.	Náročné operace obtížně obrobitelných ocelí. Doporučeno pro vrtání hlubokých děr o průměru nad 20 mm, vrtání, řezání závitů a vnitřních závitů, frézování, obrážení ozubených kol, protahování, upichování a soustružení.	180	19	A	93,57	3

Název	Korozivní vliv?	Obsahuje Cl?	Použití jako hydraulický olej?	Obráběný materiál	Aplikace	Bod vzplanutí [°C]	Viskozita při 40 °C [mm ² /s]	Brání tvorbě mlhy?	Cena za 1 l bez DPH [Kč]	Technický list
MOBILMET 766	A na Cu	N	N	Obtížně obrobitelné oceli.	Pro řezání vnitřních závitů a závitů, frézování, ševingování a obrázení ozubených kol, protahování, hoblování, upichování a soustružení.	205	35	A	88,01	3
VACMUL XLM 10	N	N	N	Oceli, slitiny mědi nebo hliníku, barevné kovy.	Víceúčelový olej pro broušení, především na ozubená kola, ložiska a nápravy tam, kde je požadován excelentní povrch. Vhodný také pro lehčí řezné operace.	144	4,6	A	-	4
VACMUL XLM 12	N	N	N	Oceli, slitiny mědi nebo hliníku, barevné kovy.	Pro vysoce náročné brousící operace jako jsou drážkování nebo broušení ozubení. Vhodný pro středně náročné řezné operace.	194	10,9	A	-	4
VACMUL XLM 5	N	N	N	Kovové materiály včetně ocelí, mědi a hliníku.	Honování, superfiniš. Vhodný také jako řezný a brusný olej u malých součásti.	192	11,2	A	-	4
ESSO DORTAN N 33	A pro Cu	N	N	Cementační oceli, např. 16MnCr5, 20MnCr5, 25CrMo4, ocelí k zušlechtnění jako C 35, C 45. Automatové oceli.	Hluboké vrtání pomocí jednobřitých a ejektorových vrtacích zařízení, např. k vrtání hlavní zbraní, vřeten, os a hydraulických válců. Vyvrtávání bloků motorů a trubek. Odvalovací frézování šnekových pohonů z ocelí k zušlechtnění. Odvodové a upichovací obrábění a vrání ventilů čerpadel z automatových ocelí.	175	18	A	-	5

Název	Korozivní vliv?	Obsahuje Cl?	Použití jako hydraulický olej?	Obráběný materiál	Aplikace	Bod vzplanutí [°C]	Viskozita při 40 °C [mm ² /s]	Brání tvorbě mlhy?	Cena za 1 l bez DPH [Kč]	Technický list
MORNOP 25	A pro Cu	A	N	Těžce a velmi těžce obrobitelné materiály. Vysoce legované oceli. Austenitické, nerezové a kyselině odolné oceli.	Třískové a beztřískové obrábění. Protahování, vnitřní závitování. Výroba dílů na přesných CNC vřetenových soustružnických automatech, k vnitřnímu protahování drážek do těles ozubených kol ze slitin 20MnCr5.	180	25	A	-	5
MORNOP 26	A pro Cu	A	N	Velmi těžce obrobitelné materiály.	Určený speciálně pro řezání vnitřních závitů ve slepých otvorech. Kvalitní závity na konstrukčních dílech z antikorozivních, kyselinovzdorných a žáruvzdorných ocelí.	160	26	A	-	5
SCHNEIDOEL DN 37	A pro Cu	N	N	Obtížně až velmi těžce obrobitelné materiály.	V soustružnických automatech, ve frézách a obráběcích strojích na výrobu ozubených kol. Široká oblast použití v sériové výrobě, např. podélné soustružení, vrtání do plného mat., řezání a vrtání závitů, frézování, řezání a upichovací soustružení. Hromadná výroba na soustružnických automatech a CNC, výroba normovaných i přesných součástí ze stavebních, automatových ocelí.	175	43	A	-	5

A – ano, N – ne, - nevedeno

Produkty Exxon Mobil – vodou mísitelné řezné kapaliny

Název	Korozivní vliv?	Obsahuje Cl?	Druh	Obráběný materiál	Aplikace	pH 5% emulze	Obsah minerálního oleje [%]	Tvorba pěny?	Cena za 1 l bez DPH [Kč]	Technický list
MOBILCUT 100	N	N	Emulze	Měkké až nástrojové oceli a slitiny mědi.	Málo až středně náročné operace jako je frézování, soustružení, řezání, vrtání, vyvrtávání nebo vystružování.	8,9	80	N	-	6
MOBILCUT 140	N	N	Emulze	Široké spektrum materiálů. Obrábění hliníku a legovaných nástrojových ocelí.	Pro středně a vysoce náročné obráběcí operace jako je frézování, soustružení, řezání, vrtání, vyvrtávání a vystružování.	9,1	48	N	135,95	6
MOBILCUT 210	N	N	Polo-synt.	Litina. Obrábění železných a neželezných kovů.	Použití v centralizovaných obráběcích centrech, ale i jednotlivých strojích. Široký rozsah operací, včetně broušení.	9,1	20	N	-	6
MOBILCUT 230	N	N	Polo-synt.	Železné i neželezné kovy a jejich slitiny. Univerzální. Vhodné zejména pro nástrojové oceli včetně nerez ocelí a litin.	Frézování, soustružení, řezání, vrtání, vyvrtávání a vystružování.	9,3	47	N	135,95	6
MOBILCUT 250	N	N	Polo-synt.	Obrábění hliníku a hliníkových slitin. Uhlíkové a slitinové oceli a barevné kovy. Široké spektrum železných materiálů.	Široký rozsah obráběcích operací.	9,4	43	N	165,71	6

Název	Korozivní vliv?	Obsahuje Cl?	Druh	Obráběný materiál	Aplikace	pH 5% emulze	Obsah minerálního oleje [%]	Tvorba pěny?	Cena za 1 l bez DPH [Kč]	Technický list
MOBILCUT 320	N	N	Synt.	Oceli a litiny.	Pro broušení operace, kde je kladen důraz na kvalitu obráběné plochy.	8,9	0	N	173,14	6

A – ano, N – ne, - neuvedeno

Přehled technických listů produktů Exxon Mobil

Technický list:	Dostupné z:
1.	http://www.lubstar.cz/upload/files/cs/mobilmet-42x-rada-2013.pdf
2.	http://www.lubstar.cz/upload/files/cs/mobilmet-440-rada-new.pdf
3.	http://www.lubstar.cz/upload/files/cs/mobilmet-760-rada.pdf
4.	http://ivorim.net/technicke-listy/MOBIL_VACMUL_XLM_SERIES.PDF
5.	http://www.pkservis.com/cz/maziva-petrochemicke-produkty-pro-prumysl
6.	http://www.lubstar.cz/upload/files/cs/mobilcut-series-en.pdf

PŘÍLOHA 5

Produkty Shell – řezné oleje

Název	Korozivní vliv?	Obsahuje Cl?	Použití jako hydraulický olej?	Obráběný materiál	Aplikace	Bod vzplanutí [°C]	Viskozita při 40 °C [mm ² /s]	Brání tvorbě mlhy?	Cena za 1 l bez DPH [Kč]	Technický list
Garia 603 S-15	N	N	N	Velmi obtížně obrobitelné materiály. Titan a jeho slitiny, kyselinovzdorné oceli, nízko uhlíkaté oceli, vysoce legované oceli.	Vhodný především pro operace hlubokého vrtání. Obrábění velmi obtížně obrobitelných materiálů a pro vysoké řezné rychlosti. Odbarvuje barevné kovy!	140	15	-	179,70	7
Garia 601 M -12	A na Cu	N	N	Obrábění vysoce legovaných, nerezových, kyselinovzdorných a austenitických ocelí.	Operace hlubokého vrtání, broušení a honování, protahování, řezání vnitřních závitů, obrábění a ševingování ozubení. Odbarvuje výrobky z barevných kovů.	165	12	-	102,16	8
Garia 405 M - 22	N	N	N	Uhlíkaté a nízko až středně legované oceli.	Obrábění s vysokým zatížením. Náročné obráběcí procesy na automatech a strojích pro výrobu ozubených kol. Strojní broušení závitů a boků zubů.	190	22	-	95,65	9
Macron 205 M - 5	N	N	N	Litiny, houževnaté, cementační oceli, lehké kovy a sklo při vysokých rychlostech.	Honování. Broušení lehkých kovů a skla při vysokých rychlostech. Broušení za použití diamantových brusných kotoučů.	125	5	A	94,35	10

Název	Korozivní vliv?	Obsahuje Cl?	Použití jako hydraulický olej?	Obráběný materiál	Aplikace	Bod vzplanutí [°C]	Viskozita při 40 °C [mm²/s]	Brání tvorbě mlhy?	Cena za 1 l bez DPH [Kč]	Technický list
Macron 401 F - 22	N	N	A	Automatové oceli i s vyšší pevností, barevné a lehké kovy.	Obrábění. Rovinné broušení, broušení drážek, kulové broušení. Malý sklon k pění. Dobrá snášenlivost s pokožkou.	190	22	A	93,04	11
Macron 801 S - 12	N	N	N	Všechny druhy ocelí a neželezných kovů.	Broušení operace, broušení drážek, rovinné i kulové broušení. Broušení za použití keramických, diamantových brusných kotoučů a kotoučů na bázi nitridů boru. Broušení ozubených kol se šikmým ozubením. Nezpůsobuje odbarvení barevných kovů.	170	12	A	147,27	12

A – ano, N – ne, - neuvedeno

Produkty Shell – vodou mísitelné řezné kapaliny

Název	Korozivní vliv?	Obsahuje Cl?	Druh	Obráběný materiál (směšovací poměr)	Aplikace	pH 5% emulze	Obsah minerálního oleje [%]	Tvorba pěny?	Cena za 1 l bez DPH [Kč]	Technický list
Dromus BX	N	N	Emulze	Oceli a neželezné kovy (1:30 až 1:12). Litiny (1:30 až 1:12). Broušení (1:30 až 1:20).	Universální použití. Obrábění, broušení.	-	80	-	152,85	13
Sitala AY 402	N	N	Emulze	Mosaz, měď a její slitiny. Chrání před oxidací a odbarvováním.	Pro středně a vysoce náročné obráběcí operace jako je frézování, soustružení, řezání, vrtání, vyvrtávání a vystružování.	8,4	69	-	128,51	14
Sitala A 2407	N	N	Polo- synt.	Oceli a neželezné kovy (6 až 8%) Vysokolegované oceli (6 až 10 %) Hliník	Univerzální	9,3	60	-	180,11	15
Adrana D 2012	N	N	Polo- synt.	Oceli a neželezné kovy (3 až 5 %) Litiny (3 až 5 %) Broušení ocelí 3%	Univerzální, včetně broušení	9,2	20	-	172,15	16
Adrana D 401	N	N	Polo- synt.	Obrábění oceli (4 až 6 %). Obrábění litiny (5 až 7 %). Broušení ocelí (3 až 5 %)	Univerzální, včetně broušení	9,1	38	-	177,64	17

Název	Korozivní vliv?	Obsahuje Cl?	Druh	Obráběný materiál (směšovací poměr)	Aplikace	pH 5% emulze	Obsah minerálního oleje [%]	Tvorba pěny?	Cena za 1 l bez DPH [Kč]	Technický list
Adrana D 601	N	N	Polo-synt.	Vysoce legované oceli (5 až 10 %). Vysoce houževnaté oceli (5 až 15 %). Broušení (4 až 6 %).	Univerzální, včetně broušení a tváření. Nevhodná pro obrábění neželezných kovů.	9,3	19	-	-	18
Metalina DY 3201	N	N	Synt.	slnuté karbidy, železné kovy	broušení nástrojů ze slnutých karbidů, železných kovů	9,3	0	-	223,50	19
Metalina B 3650	N	N	Synt.	litiny a oceli	Soustružení a obrábění (4 až 5 %)	9,2	0	-	152,00	20

A – ano, N – ne, - nevedeno

Přehled technických listů produktů Shell

Technický list:	Dostupné z:
7.	http://www.madoil.cz/dodavatsky-program/shell/technicke-listy/Garia603S-15(GariaTX).pdf
8.	http://www.madoil.cz/dodavatsky-program/shell/technicke-listy/Garia601M(GariaBX).pdf
9.	http://www.madoil.cz/dodavatsky-program/shell/technicke-listy/Garia405M(GariaGX).pdf
10.	http://www.madoil.cz/dodavatsky-program/shell/technicke-listy/Macron205M-5(MacronOilH).pdf
11.	http://www.madoil.cz/dodavatsky-program/shell/technicke-listy/Macron401F(MacronOilMX).pdf
12.	http://www.madoil.cz/dodavatsky-program/shell/technicke-listy/Macron801S-12(MacronOilGRS12).pdf
13.	http://www.madoil.cz/dodavatsky-program/shell/technicke-listy/DromusBX.pdf
14.	http://www.madoil.cz/dodavatsky-program/shell/technicke-listy/SitalaAY402.01.pdf
15.	http://www.madoil.cz/dodavatsky-program/shell/technicke-listy/SitalaA2407(KSFluidO).pdf
16.	http://www.madoil.cz/dodavatsky-program/shell/technicke-listy/AdranaD202.pdf
17.	http://www.madoil.cz/dodavatsky-program/shell/technicke-listy/AdranaD401(KSFluidU).pdf
18.	http://www.madoil.cz/dodavatsky-program/shell/technicke-listy/AdranaD601.01.pdf
19.	http://www.madoil.cz/dodavatsky-program/shell/technicke-listy/MetalinaDY3201.pdf
20.	http://www.madoil.cz/dodavatsky-program/shell/technicke-listy/MetalinaB3650.pdf

PŘÍLOHA 6

Produkty Fuchs – řezné oleje

Název	Korozivní vliv?	Obsahuje Cl?	Použití jako hydraulický olej?	Obráběný materiál	Aplikace	Bod vzplanutí [°C]	Viskozita při 40 °C [mm ² /s]	Brání tvorbě mlhy?	Cena za 1 l bez DPH [Kč]	Technický list
ECOCUT HFN 18	N	N	N	Železné i neželezné kovy, hliník, měď, mosaz.	Vrtání, broušení, lapování, ražení, děrování.	120	3,8	-	104,94	21
ECOCUT HSG 900 LE-G	N	N	N	Železné i neželezné kovy. Nezpůsobuje korozi na barevných kovech.	Vysokorychlostní broušení drážek spirálovými vrtáky a závitníků, zhotovování kotoučů okružních pil kyvadlovým způsobem Honování.	130	5,2	-	168,54	22
UNIFLUID 32	A na Cu	N	A	Šedá litina, šedá litina s kuličkovým grafitem, odlitky hliníku, vysoce pevné Al-Si materiály, oceli, barevné kovy, titan hořčík	Soustružení, frézování, vrtání, hluboké vrtání, broušení, honování, protahování	210	32,5	-	-	23
PLANTOCUT 40 SR	N	N	N	Železné i neželezné kovy	Soustružení, frézování, řezání závitů a protahování	218	40	A	190,80	24
ECOCUT MICRO 46 S	N	N	N	Ocelové materiály s vysokou pevností, hliník, slitiny hliníku a barevných kovů.	Univerzální, pro MQL.	210	46	A	644,46	25

Produkty Fuchs – vodou mísitelné řezné kapaliny

Název	Korozivní vliv?	Obsahuje Cl?	Druh	Obráběný materiál (směšovací poměr)	Aplikace	pH 5% emulze	Obsah minerálního oleje [%]	Tvorba pěny?	Cena za 1 l bez DPH [Kč]	Technický list
ECOCOOL 2035	N	N	Emulze	Ocel (5 – 10 % a 3 % pro broušení) Hliník (5 – 12 %, 3 až 4 % pro broušení a 8 až 12 % pro vystružování.	Hrubé obrábění, broušení Vystružování hliníku	9,2	50	N	167,48	26
MAXICOOL 145	N	N	Emulze	Hliník, železné i neželezné kovy	Vrtání, frézování, soustružení atd. Pro nástroje s vysokým průtokem a vysokým tlakem kapaliny.	9	69	-	-	27
MICROCOOL 236	N	N	Polo-synt.	Železné i neželezné kovy	Univerzální, pro všechny obráběcí stroje včetně CNC, také pro broušení (koncentrace od 4 %)	9,4	60	N	-	2815
ECOCOOL AL 3000 MB	N	N	Emulze	Litina, hliníkové materiály a oceli Broušení (3-5%) Hrubé obrábění (3-10%)	Jemné a hrubé obrábění, broušení.	9,2	23	A	162,18	29
SYNTOCOOL 240	N	N	Synt.	Uhlíkové oceli, slitinové oceli, nerezavějící austenitické oceli, karbid wolframu, sklo	Víceúčelová kapalina, včetně broušení.	9,2	0	-	135,89	30

Název	Korozivní vliv?	Obsahuje Cl?	Druh	Obráběný materiál (směšovací poměr)	Aplikace	pH 5% emulze	Obsah minerálního oleje [%]	Tvorba pěny?	Cena za 1 l bez DPH [Kč]	Technický list
ECOCOOL DURANT 40	N	N	Emulze	Oceli (5-10 %, broušení 3%) Hliník (5-12 %, broušení 3-4%) Litiny	Hrubé a jemné obrábění, broušení	9,1	40	N	-	31

A – ano, N – ne, - neuvedeno

Přehled technických listů produktů Fuchs

Technický list:	Dostupné z:
21.	http://www.madoil.cz/dodavatelsky-program/fuchs/technicke_listy/PI/PI1-3250.pdf
22.	http://www.madoil.cz/dodavatelsky-program/fuchs/technicke_listy/PI/PI1-3453.pdf
23.	http://www.madoil.cz/dodavatelsky-program/fuchs/technicke_listy/PI/PI1-0063.pdf
24.	http://www.madoil.cz/dodavatelsky-program/fuchs/technicke_listy/PI/PI1-3513.pdf
25.	http://www.madoil.cz/dodavatelsky-program/fuchs/technicke_listy/PI/PI1-3539.pdf
26.	http://www.madoil.cz/dodavatelsky-program/fuchs/technicke_listy/PI/PI1-3556.pdf
27.	http://www.madoil.cz/dodavatelsky-program/fuchs/technicke_listy/PI/PI-W-0059.pdf
28.	http://www.madoil.cz/dodavatelsky-program/fuchs/technicke_listy/PI/PI-W-0078.pdf
29.	http://www.madoil.cz/dodavatelsky-program/fuchs/technicke_listy/PI/PI3454g.pdf
30.	http://www.madoil.cz/dodavatelsky-program/fuchs/technicke_listy/PI/PI-W-0052.pdf
31.	http://www.madoil.cz/dodavatelsky-program/fuchs/technicke_listy/PI/PI1-0027.pdf

PŘÍLOHA 7

Produkty Total – řezné oleje

Název	Korozivní vliv?	Obsahuje Cl?	Použití jako hydraulický olej?	Obráběný materiál	Aplikace	Bod vzplanutí [°C]	Viskozita při 40 °C [mm ² /s]	Brání tvorbě mlhy?	Cena za 1 l bez DPH [Kč]	Technický list
SCILIA MS 3040	A na Cu	N	A	Železné i neželezné kovy, polotvrdé oceli	Obrábění, soustružení na poloautomatických a automatických strojích	220	40	A	69,83	32
SCILIA MS 5032	A na Cu	N	A	Neželezné slitiny, tvrdé oceli, nerez a legované oceli.	Obrábění a soustružení.	212	32	A	-	33
SCILIA MS 7046	A na Cu	N	A	Železné a neželezné kovy, speciální a nerez oceli, žáruvzdorné oceli a slitiny titanu	Horizontální protahování, soustružení a horizontální vrtání	202	46	A	-	34
VALONA MS 5020	A na Cu	N	N	Železné i neželezné kovy, slitiny, měď, hliníkové slitiny, antikorozivní oceli	Přesné soustružení a obrábění slitin a mědi, přesné soustružení středně a těžce obrobitelných ocelí	200	20	A	-	35
VALONA ST 9013	A na Cu	N	N	Železné materiály, legované oceli, antikorozivní oceli	Pouze pro železné kovy! Velmi náročné obráběcí operace: Vysokorychlostní protahování, obrábění ozubených kol,.	-	13	A	-	36
VALON AU 5520	N	N	N	Železné a neželezné kovy, zvláště vhodné pro hliník.	řezání závitů, vrtání, soustružení, frézování	196	20	A	-	37

Název	Korozivní vliv?	Obsahuje Cl?	Použití jako hydraulický olej?	Obráběný materiál	Aplikace	Bod vzplanutí [°C]	Viskozita při 40 °C [mm ² /s]	Brání tvorbě mlhy?	Cena za 1 l bez DPH [Kč]	Technický list
VALONA MS 7023	N	N	N	Železné a neželezné kovy, zvlášť vhodné pro speciální, nerez oceli, žáruvzdorné oceli a slitiny titanu.	Protahování, obrábění ozubení, řezání vnitřních závitů, frézování a horizontální vrátání.	190	23	A	95,00	38

A – ano, N – ne, - neuvedeno

Produkty Total – vodou mísitelné řezné kapaliny

Název	Korozivní vliv?	Obsahuje Cl?	Druh	Obráběný materiál (směšovací poměr)	Aplikace	pH 5% emulze	Obsah minerálního oleje [%]	Tvorba pěny?	Cena za 1 l bez DPH [Kč]	Technický list
VILSOL COB 5100	N	N	Synt.	Velmi tvrdé kovové materiály, lze použít i pro litiny a běžné oceli. (3 až 5 %)	Broušení	9,1	-	N	256,98	39
VILSOL MS 7500	N	N	Synt.	Všechny kovy, speciální optická skla a plasty. (4 až 6 %, 3-4% broušení)	Broušení a soustružení.	9,1	-	N	166,98	40

Název	Korozivní vliv?	Obsahuje Cl?	Druh	Obráběný materiál (směšovací poměr)	Aplikace	pH 5% emulze	Obsah minerálního oleje [%]	Tvorba pěny?	Cena za 1 l bez DPH [Kč]	Technický list
LACTUCA LT 3000	N	N	Emulze	Slitiny mědi, uhlíkové oceli vyšších tříd. (3-6%)	Běžné soustružení, frézování a vrtání	8,8	-	N	89,26	4115
LACTUCA MS 7000	N	N	Emulze	Železné i neželezné kovy, oceli, nerez oceli, hliník i měď (6-9%, velmi obtížné operace až 12%))	Obtížné a velmi obtížné obráběcí operace	9	-	N	152,23	42
SPIRIT MS 5000	N	N	Emulze	Železné a neželezné kovy - broušení 4% - obrábění 5 až 9 %	Universální, hlavně broušení	9,2	-	N	126,98	43
SPIRIT WBA 5000	N	N	Emulze	Železné a neželezné kovy - 3 až 5 % broušení - 5 – 10 % obrábění	Univerzální, zvláště vhodné pro soustružení a broušení	9	-	N	155,00	44
SPIRIT ASI 7000	N	N	Emulze	Hliník, slitiny hliníku a křemíku, také pro oceli a nerez oceli. - broušení 4% - obrábění 5 až 9 %	Náročné a velmi náročné obráběcí operace.	8,4	-	N	140,99	45

A – ano, N – ne, - nevedeno

Přehled technických listů produktů Total

Technický list:	Dostupné z:
32.	http://www.lubadmin.com/upload/produit/FichePDF/lang_1/306.pdf
33.	http://www.lubadmin.com/upload/produit/FichePDF/lang_1/310.pdf
34.	http://www.lubadmin.com/upload/produit/FichePDF/lang_1/313.pdf
35.	http://www.lubadmin.com/upload/produit/FichePDF/lang_1/6098.pdf
36.	http://www.lubadmin.com/upload/produit/FichePDF/lang_1/4115.pdf
37.	http://www.lubadmin.com/upload/produit/FichePDF/lang_1/309.pdf
38.	http://www.lubadmin.com/upload/produit/FichePDF/lang_1/312.pdf
39.	http://www.lubadmin.com/upload/produit/FichePDF/lang_1/6097.pdf
40.	http://www.lubadmin.com/upload/produit/MultiPDF/lang_1/196.pdf
41.	http://www.lubadmin.com/upload/produit/MultiPDF/lang_1/182.pdf
42.	http://www.lubadmin.com/upload/produit/MultiPDF/lang_1/286.pdf
43.	http://www.lubadmin.com/upload/produit/MultiPDF/lang_1/192.pdf
44.	http://www.lubadmin.com/upload/produit/MultiPDF/lang_1/194.pdf
45.	http://www.lubadmin.com/upload/produit/MultiPDF/lang_1/289.pdf

PŘÍLOHA 8

Produkty Chevron – řezné oleje

Název	Korozivní vliv?	Obsahuje Cl?	Použití jako hydraulický olej?	Obráběný materiál	Aplikace	Bod vzplanutí [°C]	Viskozita při 40 °C [mm ² /s]	Brání tvorbě mlhy?	Cena za 1 l bez DPH [Kč]	Technický list
CLEARTEX FX 22	N	N	A	Železné i neželezné kovy, včetně slitin mědi.	Obrábění, včetně broušení	170	22	A	70,09	46
CLEARTEX LM 25	N	A	A	Ocelové slitiny, zvlášť vhodný slitiny mědi	lehké až středně těžké obrábění	184	23,7	A	-	46
CLEARTEX M 32	N	A	A	Ocelové slitiny, zvlášť vhodný slitiny mědi	Středně těžké až těžké obrábění	188	31	A	-	46
EDM FLUID 5	N	N	N	-	Elektrojiskrové obrábění	125	4,2	-	-	35
TRANSULTEX HX 35	A na Cu	N	N	Železné a neželezné kovy. Nelze použít na barevné kovy!	Těžké obrábění, obrábění ozubených kol, protahování, vysokorychlostní obrábění, vrtání závětí.	215	36,02	A	-	35

Produkty Chevron – vodou mísitelné řezné kapaliny

Název	Korozivní vliv?	Obsahuje Cl?	Druh	Obráběný materiál (směšovací poměr)	Aplikace	pH 5% emulze	Obsah minerálního oleje [%]	Tvorba pěny?	Cena za 1 l bez DPH [Kč]	Technický list
AQUATEX 1020	N	N	Emulze	Měkké oceli, litiny, nerez oceli a další lehce až těžce obrábitelné materiály. (3-6 % broušení, 4-7 % ostatní)	Řezání, soustružení, frézování, vrtání a řezání závitů Povrchové a bezhrotou broušení a broušení válcových ploch	9,5	72	-	-	35
AQUATEX 3000	N	N	Emulze	Železné kovy, barevné kovy, zejména oceli a hliníkové slitiny	Obrábění	9,2	V	-	-	35
AQUATEX 6000	N	N	Polo-synt.	Lehce až středně tažné oceli, neželezné materiály, železné litiny	Obrábění, včetně broušení	9,2	-	N	-	3515
AQUATEX 6400	N	N	Polo-synt.	Univerzální, včetně litiny, měkké oceli, nerez oceli, hliníkové slitiny.	Víceúčelová řezná a brousící kapalina. Řezání, soustružení, frézování, vrtání a řezání závitů. Povrchové a bezhrotou broušení.	9,1	45	-	-	35
AQUATEX 9000	N	N	Synt.	Železné i neželezné materiály.	Brousící kapaliny pro povrchové a bezhrotou broušení a broušení válcových ploch.	9,4	0	N	-	35

Název	Korozivní vliv?	Obsahuje Cl?	Druh	Obráběný materiál (směšovací poměr)	Aplikace	pH 5% emulze	Obsah minerálního oleje [%]	Tvorba pěny?	Cena za 1 l bez DPH [Kč]	Technický list
AQUATEX 9500	N	N	Synt.	Oceli, letecké slitiny a slitiny barevných kovů.	Všeobecné obrábění, včetně vrtání, soustružení, frézování, soustružení otvorů. Broušení. Řezání závitů a ozubení.	8,9	0	N	-	35

A – ano, N – ne, - nevedeno

Přehled technických listů produktů Chevron

Technický list:	Dostupné z:
46.	http://www.pkservis.com/cz/maziva-petrochemicke-produkty-pro-prumysl

PŘÍLOHA 9

Produkty Agip – řezné oleje

Název	Korozivní vliv?	Obsahuje Cl?	Použití jako hydraulický olej?	Obráběný materiál	Aplikace	Bod vzplanutí [°C]	Viskozita při 40 °C [mm ² /s]	Brání tvorbě mlhy?	Cena za 1 l bez DPH [Kč]	Technický list
ASTER MP	N	N	A	Oceli, hliník, barevné kovy	Těžké obrábění	200	30	A	109,70	47
ASTERS	N	N	N	Legované oceli. Na barevných kovech tvoří skvrny.	Řezání závitů, přesné řezání, protahování, protlačování.	200	38	A	125,20	48
ASTER L	N	N	N	železné kovy, hliník, barevné kovy	Lapování a honování železných kovů. Použitelné také pro obrábění oceli, hliníku a barevných kovů na automatech.	145	10	A	93,49	49
METALCUT 10 TB	A na Cu	N	N	Nevhodné pro barevné kovy! Obtížně obrobitelné materiály.	Hluboké vrtání, protahování a frézování obtížně a velmi obtížně obrobitelných mat. Řezání závitů, ševingování ozubených kol, jemné obrábění ozubených kol.	180	15	A	125,20	50
METALCUT ERF 14	-	N	N	Oceli, barevné kovy.	Honování a jiskrové erozivní obrábění. Lapování a běžné obrábění oceli a barevných kovů.	116	2,3	A	118,42	51
METALCUT 22 UNI	N	N	N	Oceli, hliník, barevné kovy	Sítědné těžké obrábění, broušení oceli, hliníku a barevných kovů.	174	22	A	-	52
METALCUT TAE	N	N	N	Oceli, vysoce legované nástrojové a ložiskové oceli, cementační oceli,	Obrábění kovů k docílení vysoké kvality povrchů.	200	20	A	-	53

Název	Korozivní vliv?	Obsahuje Cl?	Použití jako hydraulický olej?	Obráběný materiál	Aplikace	Bod vzplanutí [°C]	Viskozita při 40 °C [mm ² /s]	Brání tvorbě mlhy?	Cena za 1 l bez DPH [Kč]	Technický list
METALCUT IS MG	N	N	N	Hořčík, barevné kovy, lehké kovy, šedá litina, automatové oceli a konstrukční oceli.	Soustružení, frézování, vrtání, hluboké vrtání, broušení a honování barevných a lehkých kovů, šedé litiny, automatových oceli a konstrukčních oceli a hořčíku.	210	16	A	-	54
				železné litiny.						

A – ano, N – ne, - neuvedeno

Produkty Agip – vodou mísitelné řezné kapaliny

Název	Korozivní vliv?	Obsahuje Cl?	Druh	Obráběný materiál (směšovací poměr)	Aplikace	pH 5% emulze	Obsah minerálního oleje [%]	Tvorba pěny?	Cena za 1 l bez DPH [Kč]	Technický list
AQUAMET AHS BF	N	N	Emulze	Oceli, železné kovy, litiny.	Univerzální pro středně těžká obrábění ocelí, železných kovů a litin. Brusná emulze.	8,6	30	N	149,26	55
AQUAMET GG	N	N	Emulze	Oceli, barevné kovy, hliník, litiny.	Univerzální pro středně těžká a těžké obrábění ocelí, barevných kovů, hliníků a hlavně litiny.	9	60	-	-	56

Název	Korozivní vliv?	Obsahuje Cl?	Druh	Obráběný materiál (směšovací poměr)	Aplikace	pH 5% emulze	Obsah minerálního oleje [%]	Tvorba pěny?	Cena za 1 l bez DPH [Kč]	Technický list
AQUAMET LAK E	N	N	Synt.	Hliník, oceli a litiny.	Univerzální, pro středně těžké a těžké obrábění hliníku, oceli a litiny.	9,1	0	N	124,10	5715
AQUAMET OSL	N	N	Synt.	Oceli, litiny.	Univerzální použití pro středně těžké a těžké práce při broušení oceli a litiny.	9	33	N	149,23	58
AQUAMET TOP EP OM	N	N	Emulze	Hliník, ocel, litiny.	Univerzální použití pro středně těžké a těžké operace obrábění hliníku, oceli a litiny, včetně broušení.	9,2	50	N	1264,18	59

A – ano, N – ne, - nevedeno

Přehled technických listů produktů Agip

Technický list:	Dostupné z:
47.	http://www.csmaziva.cz/produktove_listy/obrabeci-kapaliny/Agip-Aster-MP.pdf
48.	http://www.csmaziva.cz/produktove_listy/obrabeci-kapaliny/Agip-Aster-S.pdf
49.	http://www.csmaziva.cz/produktove_listy/obrabeci-kapaliny/Agip-Aster-L.pdf
50.	http://www.csmaziva.cz/produktove_listy/obrabeci-kapaliny/Agip-MetalCut-10-TB.pdf
51.	http://www.csmaziva.cz/produktove_listy/obrabeci-kapaliny/Agip-MetalCut-ERF-14.pdf
52.	http://www.csmaziva.cz/produktove_listy/obrabeci-kapaliny/Agip-MetalCut-UNI.pdf
53.	http://www.csmaziva.cz/produktove_listy/obrabeci-kapaliny/Agip-metalCut-20-TAE.pdf
54.	http://www.csmaziva.cz/produktove_listy/obrabeci-kapaliny/Agip-metalCut-15-MG.pdf
55.	http://www.csmaziva.cz/produktove_listy/obrabeci-kapaliny/Agip-Aquamet-AHS-BF.pdf
56.	http://www.csmaziva.cz/produktove_listy/obrabeci-kapaliny/Agip-Aquamet-GG.pdf
57.	http://www.csmaziva.cz/produktove_listy/obrabeci-kapaliny/Agip-Aquamet-LAK-E.pdf
58.	http://www.csmaziva.cz/produktove_listy/obrabeci-kapaliny/Agip-Aquamet-OSL.pdf
59.	http://www.csmaziva.cz/produktove_listy/obrabeci-kapaliny/Agip-Aquamet-TOP-EP-OM.pdf

PŘÍLOHA 10

Produkty Paramo – řezné oleje

Název	Korozivní vliv?	Obsahuje Cl?	Použití jako hydraulický olej?	Obráběný materiál	Aplikace	Bod vzplanutí [°C]	Viskozita při 40 °C [mm ² /s]	Brání tvorbě mlhy?	Cena za 1 l bez DPH [Kč]	Technický list
CUT OC	N	N	N	Oceli špatně obrobitelné – středně legované, oceli středně obrobitelné – nízko legované.	Univerzální pro operace jako je frézování, vrtání, soustružení prováděné na obráběcích centrech a automatech. Závitování, vystružování. Broušení.	186	14,5	-	51,90	60
CUT OC MULTI	A na Cu	N	N	Oceli špatně obrobitelné – středně legované, oceli středně obrobitelné – nízko legované.	Soustružení, frézování, vrtání, zahlubování, vystružování, vnitřní a vnější závitování, hluboké vrtání na obráběcích centrech, linkách a automatech.	184	15	-	71,65	60
CUT OC AL	N	N	N	Obrábění slitin lehkých kovů. Železné i neželezné kovy.	Soustružení, frézování, vrtání, závitování na obráběcích centrech, linkách a automatech.	181	12	-	75,95	6049
UNICUT 22	N	N	A	Konstrukční, vysoce legované oceli. Nevhodný pro obrábění mědi.	Náročné obráběcí operace, jako je hluboké vrtání u vysokolegovaných ocelí, dokončovací operace v oblasti minimální třísky.	192	23	-	49,08	60
CUT 16H	N		N	Oceli, barevné kovy.	Honování a jiskrové erozivní obrábění. Lapování a běžné obrábění oceli a barevných kovů.	178	16	-	74,79	60

A – ano, N – ne, - nevedeno

Produkty Paramo – vodou mísitelné řezné kapaliny

Název	Korozivní vliv?	Obsahuje Cl?	Typ emulze	Obráběný materiál (směšovací poměr)	Aplikace	pH 5% emulze	Obsah minerálního oleje [%]	Tvorba pěny?	Cena za 1 l bez DPH [Kč]	Technický list
EOPS 3030	N	N	Polo-synt.	Materiály se zhoršenou nebo velice špatnou obrábělností.(5-10 %)	Univerzální, včetně složitých operací – hluboké vrtání, vnitřní a vnější závitování a vystružování.	9,4	-	-	97,27	60
LACTIC 1140	N	N	Polo-synt.	Železné kovy, slitiny barevných a lehkých kovů. (5-10 %)	Univerzální, pro běžné operace třískového obrábění. Použití na obráběcích centrech, linkách. Broušení.	9,3	40	N	111,49	60
ERO 1070	N	N	Polo-synt.	Lehké slitiny, špatně obrábělné oceli a slitiny barevných kovů. (5-10 %)	Univerzální použití, včetně obtížných operací. Obrábění na univerzálních obráběcích strojích a centrech.	9,3	-	-	72,98	60
SYNT 220	N	N	Synt.	Oceli, šedá a tvárná litina. (5-10 %)	Broušení ocelí, obrábění šedé a tvárné litiny.	9,4	0	-	118,10	60
SYNT 300	N	N	Synt.	Oceli, šedá litina, lehké slitiny. (5-10 %)	Broušení ocelí, obrábění šedé litiny, snadno obrábělných ocelí a lehkých slitin.	9,4	0	-	122,23	60

A – ano, N – ne, - neuváděno

Přehled technických listů produktů Paramo

Technický list:	Dostupné z:
60.	https://eshop.paramo.cz/data/Tiskoviny/Paramo_katalog_specialnich_vyrobku_N.pdf