



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

# VLIV PROCESNÍ KAPALINY NA OBRÁBĚCÍ CYKLUS

THE INFLUENCE OF PROCESS FLUID ON THE MACHINING CYCLE

## BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Roman Ertl

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Milan Kalivoda

BRNO 2018

## Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie  
Student: **Roman Ertl**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Strojírenská technologie  
Vedoucí práce: **Ing. Milan Kalivoda**  
Akademický rok: 2017/18

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:

### Vliv procesní kapaliny na obráběcí cyklus

#### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Použit nebo nepoužit procesní kapaliny při obrábění není v některých případech jednoznačné. Databáze procesních kapalin a souběžně možnosti v pracovních prostorech strojů umožňují víceméně toto rozhodování usnadnit.

#### Cíle bakalářské práce:

- Vlastnosti procesních kapalin
- Možnosti využití v obráběcích cyklech
- Způsoby přívodu procesní kapaliny do pracovního prostoru stroje
- Vlivy na životní prostředí
- Technicko–ekonomické zhodnocení

#### Seznam doporučené literatury:

FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Brno: CERM, s. r. o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.

FREMUNT, Přemysl, Jiří KREJČÍK a Tomáš PODRÁBSKÝ. Nástrojové oceli. Brno: Dům techniky Brno, 1994. 234 s.

HUMÁR, Anton. Materiály pro řezné nástroje. Praha: MM publishing, s. r. o., 2008. 240 s. ISBN 978-80-254-2250-2.

Kompletní program pro manipulaci a skladování nebezpečných látek. Strakonice: DENIOS, s. r. o., 2005. 180 s.

LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky. 3. vyd. Praha: Scientia, s. r. o., 2000. 986 s. ISBN 80-7183-164-6.

Příručka obrábění, kniha pro praktiky. Praha: Sandvik CZ, s. r. o. a Scientia, s. r. o., 1997. 857 s. ISBN 91-972299-4-6.

SHAW, Milton Clayton. Metal Cutting Principles. 2nd ed. Oxford: Oxford University Press, 2005. p. 651. ISBN 0-19-514206-3.

ZDRAVECKÁ, Eva a Ján KRÁL'. Základy strojárenskej výroby. 2. vyd. Košice: Elfa, 2004. 143 s. ISBN 80-89066-72-9.

ZEMČÍK, Oskar. Nástroje a přípravky pro obrábění. Brno: CERM, s. r. o., 2003. 193 s. ISBN 80-21-2336-6.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na rešerši problematiky procesních kapalin v obráběcím cyklu. Cílem práce je popsat vlastnosti procesních kapalin a jejich rozdělení. Následně jsou v práci rozepsány požadavky na kapaliny z různých úhlů pohledu. Podrobně rozebrané jsou také vlivy procesních kapalin na aspekty, jako jsou teplota, opotřebení a trvanlivost nástroje, atd. Další cíl práce zaujímají přívody procesní kapaliny do pracovního prostoru stroje a alternativy procesních kapalin, kde jsou především zahrnuté metody MQL a obrábění za sucha. Velký důraz se klade na ochranu životního prostředí a vliv kapalin na zdraví obsluhy stroje, proto je téma také rozebráno. Následně je v práci popsána základní údržba kapalin, počínaje vytvořením nového koncentrátu až po jejich likvidaci.

### Klíčová slova

procesní kapalina, chlazení, mazání, přívod kapalin, životní prostředí

## ABSTRACT

The bachelor's thesis focuses on literature search of problems of process fluids in the machining cycle. The aim of the thesis is to describe the properties of metalworking fluids and their distribution. Subsequently, the requirements for metalworking fluids from different angles of view are described. Process influences are also discussed in detail on aspects such as temperature, wear, tool durability, etc. Another aim of the thesis is the feeding of process fluid into the machine's working space and alternatives to process fluids, where MQL and dry machining are included. Great emphasis is placed on protecting the environment and the influence of liquids on the health of the machine operator. Subsequently, the basic maintenance of metalworking fluids is described, starting with the creation of a new concentrate until their disposal.

### Key words

process liquids, cooling, lubrication, liquid supply, environment

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ERTL, Roman. *Vliv procesní kapaliny na obráběcí cyklus*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 50 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Milan Kalivoda.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Vliv procesní kapaliny na obráběcí cyklus** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

---

Datum

---

Roman Ertl

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto Ing. Milanovi Kalivodovi za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování bakalářské práce.

---

**OBSAH**

ABSTRAKT .....	4
PROHLÁŠENÍ .....	5
PODĚKOVÁNÍ.....	6
OBSAH.....	7
ÚVOD .....	9
1 PROCESNÍ KAPALINY .....	10
1.1 Fyzikální vlastnosti procesních kapalin .....	10
1.2 Základní funkce procesních kapalin .....	10
1.3 Druhy procesních kapalin .....	14
1.3.1 Vodou mísitelné procesní kapaliny .....	15
1.3.2 Řezné oleje .....	16
2 POŽADAVKY NA PROCESNÍ KAPALINY .....	18
2.1 Požadavek operace obrábění.....	18
2.2 Požadavek obráběného materiálu .....	20
2.3 Požadavek materiálu nástroje .....	21
2.4 Požadavek obráběcích provozních podmínek.....	21
3 VLIV PROCESNÍ KAPALINY NA OBRÁBĚNÍ .....	22
3.1 Vliv na tvorbu a odvod třísky .....	22
3.2 Vliv na snížení teploty řezného procesu .....	22
3.3 Vliv na opotřebení nástroje.....	23
3.4 Vliv na velikost řezné síly .....	24
3.5 Vliv na tvorbu nárůstku .....	25
3.6 Vliv na kvalitu obrobené plochy .....	25
3.7 Vliv kapalin na zbytková napětí .....	26
3.8 Vliv na zpevnění .....	26
4 ZPŮSOBY PŘÍVODU PROCESNÍ KAPALINY DO MÍSTA ŘEZU .....	27
4.1 Konvenční přívod procesních kapalin.....	27
4.2 Vnitřní chlazení.....	28
4.3 Tlakové chlazení .....	28
4.4 Chlazení mlhou .....	29
4.5 Podchlazování procesních kapalin .....	30
4.6 Kryogenní chlazení.....	30
4.7 Chlazení vzduchem.....	31
4.8 Povodňové chlazení .....	31

---

5 ALTERNATIVY PROCESNÍCH KAPALIN .....	32
5.1 Obrábění bez procesních kapalin .....	32
5.2 MQL .....	32
5.3 Obrábění multifunkčními oleji .....	33
5.4 Náhrada vodou mísitelných kapalin oleji .....	33
6 VLIVY NA ZDRAVÍ ČLOVĚKA A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ .....	34
6.1 Vliv na zdraví člověka .....	34
6.2 Vliv na životní prostředí .....	34
7 ÚDRŽBA PROCESNÍCH KAPALIN .....	36
7.1 Vytvoření nového koncentrátu .....	36
7.1.1 Refraktometr .....	36
7.1.2 Testovací pásky kvality vody .....	37
7.1.3 Testování přítomnosti bakterií .....	37
7.2 Doplnování procesních kapalin .....	37
7.3 Čištění procesních kapalin .....	37
7.3.1 Čištění třísek .....	38
7.3.1 Čištění nádrže .....	38
7.4 Likvidace procesních kapalin .....	39
8 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ .....	40
8.1 Technické zhodnocení .....	40
8.2 Ekonomické zhodnocení .....	40
9 DISKUZE .....	42
9.1 Obrábění s procesní kapalinou v porovnání s obráběním za sucha .....	42
9.2 Jaké druhy procesních kapalin se nejvíce používají .....	42
9.3 Směr vývoje a spotřeba procesních kapalin .....	42
9.4 Osobní zkušenosti autora .....	42
9.5 Výrobci procesních kapalin na trhu .....	43
ZÁVĚR .....	44
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	45
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	49
SEZNAM PŘÍLOH .....	50



## ÚVOD

Vzhledem k vývoji nových technických materiálů a vysokorychlostního obrábění, má procesní kapalina důležitou roli při obrábění. Používání procesních kapalin může snížit teplotu v místě řezu, snížit tření mezi nástrojem a obrobkem, prodloužit životnost nástroje, zlepšit účinnost obrábění a kvalitu povrchu. Tyto účinky procesní kapaliny jsou získány hlavně z jejich základních funkcí a to jsou chlazení, mazání, ochrana proti korozi a čištění místa řezu. Z těchto důvodů je výběr a použití procesních kapalin ekonomickou a technickou otázkou. Podle výzkumu procesních kapalin používaných v procesu řezání kovů se dostupný výzkum zaměřuje na aplikační strategie a schopnosti vniknutí do místa řezu, výkonnost zpracování a nové typy ekologicky šetrných procesních kapalin. V této bakalářské práci je popsáno, že procesní kapalina dokáže ovlivnit opracovanou kvalitu povrchu. Další výzkum vlivu procesních kapalin na obráběný povrch by měl zahrnovat fyzikální a chemický mechanismus kapalin, mechanismus působení dlouhodobého řezání a stabilita složení.

Historie procesních kapalin sahá až do středověku, kdy se používal živočišný a rostlinný tuk. S vývojem obráběcích nástrojů vzrůstal i význam procesních kapalin. Vývoj procesních kapalin, za posledních 50 let, se velmi posunul dopředu. Zvyšující se nároky zákazníků vedou k odlišnému složení. Do procesních kapalin se začaly přidávat aditiva, kvůli zvýšení určitých vlastností a naopak potlačení těch nežádoucích. V posledních letech se klade velký důraz na zdravotní nezávadnost a ekologicky neznečišťující složení kapalin. Evropská unie v roce 2006 vydala směrnici o registraci, povolování a omezování chemických látek – REACH. Směrnice velmi přísně určuje chemické složení, skladování a likvidaci procesních kapalin.



Obr. 0.1 Procesní kapaliny od firmy Cimcool.

## 1 PROCESNÍ KAPALINY

Procesní kapalina má nedílné zastoupení ve všech odvětvích průmyslu. Procesní kapaliny plní několik důležitých funkcí. Aby bylo možné zvolit tu nejvhodnější, je důležité znát jejich fyzikální vlastnosti, základní funkce a jejich druhy. Při vhodném použití procesní kapaliny se dá zvýšit kvalita obrobenej plochy, hodnotu řezné rychlosti a posuvu, odvod tepla z obráběné plochy a v neposlední řadě trvanlivost nástroje [1,2,3,4].

### 1.1 Fyzikální vlastnosti procesních kapalin

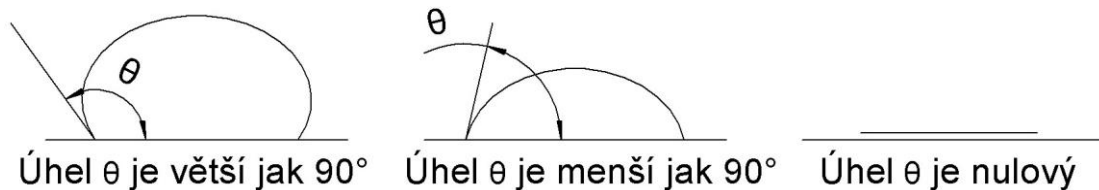
Kapalina je skupenství látky, která nemá svůj tvar, ale zaujímá tvar nádoby ve které je obsažena. Vždy zaujímá tvar, při kterém má minimální potenciální energii. Ideální kapalina je nestlačitelná. Přehled důležitých fyzikálních vlastností, které ve valných případech uvádějí výrobci:

**Hustota** – Představuje podíl hmotnosti a objemu. Někdy výrobci uvádí samostatně hmotnost a objem.

**Teplota** – Charakterizuje tepelný stav kapaliny. Bývá uváděna ve stupních Celsia nebo Fahrenheita. Ve valné většině případů se uvádí bod tuhnutí (např.  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) a bod vzplanutí. (např.  $280\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

**Viskozita** – Míra viskozity udává, jak se kapalina brání tečení. Vyšší viskozita zpomaluje pohyb kapalin nebo těles v kapalině [5].

**Úhel smáčení** – Je to úhel kapaliny, který přilne k povrchu jiné pevné látky. V případě, že úhel smáčení  $\theta$  je větší jak  $90^{\circ}$ , tak se jedná o nedostatečné smáčení. Pokud je úhel smáčení v rozmezí  $1-90^{\circ}$  jedná se o smáčení. V případě nulového úhlu smáčení se jedná o roztékání [6].



Obr. 1.1 Kontaktní úhly kapky tekutiny.

**Skladovatelnost** – Udává čas, který kapalina vydrží být skladována. (např. 5 let při teplotě v rozmezí  $10-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

### 1.2 Základní funkce procesních kapalin

Okolní oblast okolo řezu nazýváme řezné prostředí a mohou do něj být zařazeny kapaliny, vzduch, popřípadě páry, které přivádíme do místa řezu. Účinnost procesního média závisí na molekulární příbuznosti s kovem. Tato příbuznost podmiňuje smáčecí a mazací schopnosti tohoto média a také usnadňuje obrábění.

Z technologického, provozního a zdravotního hlediska je na procesní kapaliny mnoho dalších požadavků. Mezi nejdůležitější jsou řazeny:

- chladicí účinek,
- mazací účinek,
- čisticí účinek,
- provozní stálost,
- ochranný účinek,
- zdravotní nezávadnost,
- přiměřené náklady [1,2,3,4].

### Chladicí účinek

Chladicí účinek je definován jako schopnost kapaliny odvádět teplo z místa řezu. Čím má kapalina vyšší vlastnost smáčení, tím je dosaženo většího chladicího účinku. Odvod tepla se provádí tím, že proud kapaliny, který dopadá na obrobek, nástroj i třísku, přejímá teplo. Rozdělení teplot je uvedeno na obr. 1.2. Se zvyšující teplotou v místě řezu, se zvyšují požadavky na správný odvod tepla. Teplo, které není odvedeno, se akumuluje do nástroje a obrobku. Nahromaděná teplota v nástroji má negativní vliv na jeho vlastnosti. Může dojít k překročení teploty popuštění a nástroj tím ztrácí svoji tvrdost a dochází k většímu opotřebení [7,11].

Účinek procesní kapaliny závisí na její smáčecí schopnosti, výparném teple, rychlosti vypařování za určitých teplot, na měrném teple, tepelné vodivosti a průtokovém množství kapaliny. Vznik a odvod tepla je popsán vztahy (1.1) a (1.2) [2].

$$Q_e = Q_{pd} + Q_Y + Q_\alpha \text{ [ J ]} \quad (1.1)$$

kde:

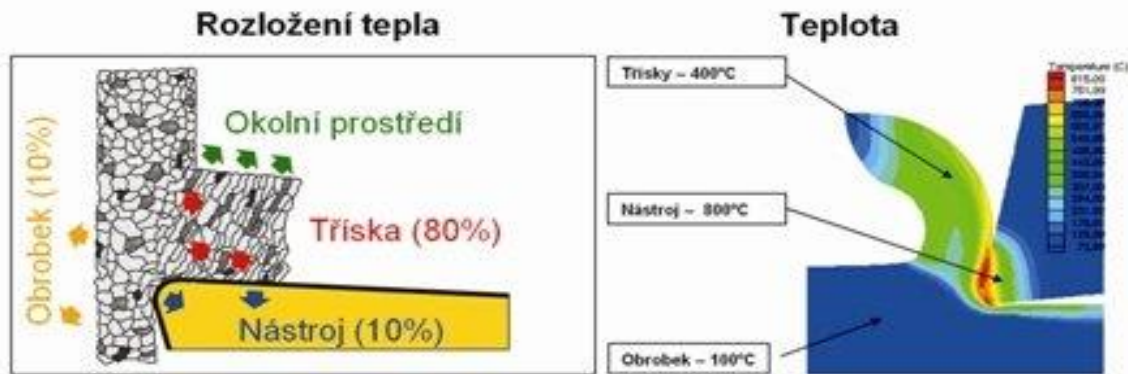
- |                |   |   |
|----------------|---|---|
| $Q_e$ [J]      | - | teplo řezného procesu,  |
| $Q_{pd}$ [J]   | - | teplo vzniklé v oblasti plastických deformací při tvoření třísky, |
| $Q_Y$ [J]      | - | teplo vzniklé v oblasti tření třísky po čele nástroje,            |
| $Q_\alpha$ [J] | - | teplo vzniklé v oblasti tření hřbetu nástroje po obrobené ploše.  |

$$Q_e = Q_t + Q_o + Q_n + Q_{pr} \text{ [ J ]} \quad (1.2)$$

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. |

Přílišné odpařování z hospodárných a zdravotních důvodů není žádoucí, i když se tím zvětšuje část tepla, které se vypaří. Vznikající páry je třeba odsávat [7].



Obr. 1.2 Teplota a teplota v technologii obrábění [8].

### Mazací účinek

Mazací účinek je schopnost vytvořit na povrchu kovu vrstvu, která brání a omezuje přímý styk nástroje a obrobku. Snižuje tření. Při řezání vznikají velké tlaky a nemůže dojít ke tření kapalnému. Má-li řezné prostředí silnou afinitu ke kovu, může vzniknout tření mezní, nebo váže-li se s materiálem obrobku chemicky v mikroskopické povrchové mezní vrstvě [7].

V případě použití řezného oleje dochází ke zmenšení řezných sil, snížení spotřeby energie a zlepšení jakosti povrchu obráběné součásti. Řezné oleje jsou tedy nejvíce potřeba při dokončovacích operacích a při provádění náročných operací, jako je výroba závitů, protahování nebo výroba ozubených kol [7].

Mazací schopnost procesní kapaliny je závislá na pevnosti vytvořené mezní vrstvy a na její viskozitě. S rostoucí viskozitou se zhoršuje schopnost pronikání kapaliny mezi třecí plochy, její proudění a odvod tepla. Kapaliny s vyšší viskozitou ulpívají více na tříškách a tím dochází ke ztrátám celkového množství procesní kapaliny v nádrži. Použitím přísad aktivních látek se zvyšuje mazací pevnost. Viskozitní index značí závislost změny viskozity na teple. Čím vyšší hodnota indexu, tím je menší závislost viskozity na teplotě [9].

Pevnost mazací vrstvy zvyšují aditiva (povrchově aktivní látky) za nízkých i vysokých teplot, které se přidávají do řezných médiích. Aditiva obsahují polární částice s elektrickým nábojem, které se orientují na kovový povrch a vytvářejí na něm pevnou mazací vrstvu. Mezi povrchově aktivní látky jsou řazeny sloučeniny síry, chloru a fosforu. Sloučeniny fosforu jsou neekologické [7].

### Čistící účinek

Odvádění třísek z místa řezu je nezbytné. Procesní kapalina odvádí nečistoty nejen z místa řezu, ale oplachuje a čistí také nečistoty a třísky z obráběcího prostoru stroje. U broušení čistící účinek zlepšuje vlastnosti broušícího kotouče tím, že vyplavuje zanesené póry. Při procesu řezání vznikají nečistoty, které mají tendenci se na sebe nalepit. Procesní kapalina jim brání v jejich spojení a pomůže jim v jejich usazování [7].

Efektivita čištění závisí na čistotě procesní kapaliny, která je v nádrži. Větší nečistoty se usadí na dně nádrže, ale menší nečistoty může proud odnést zpět do řezného procesu, kde může dojít ke zhoršení obráběného povrchu. Musí být

zajištěna filtrace nečistot, které kapalina již odplavila z místa řezu. Čisticí účinek má největší uplatnění při operacích jako jsou řezání závitů nebo vrtání hlubokých děr, kde procesní kapalina musí odnést třísky z místa řezu [7].

Čisticí vlastnost je dána povrchovým napětím daného média. Čím vyšší hodnota povrchového napětí je, tím horší jsou čisticí účinky. Ovšem při velmi nízkých hodnotách dochází k pění kapaliny [7].

### **Provozní stálost**

Provozní stálost procesní kapaliny je posuzována podle časového horizontu mezi jednotlivými výměnami kapaliny v nádrži. V průběhu užívání média musí zůstat její vlastnosti stejné. Provozní stálost závisí na pracovní teplotě a vlastnostech média po fyzické i chemické stránce. Kapaliny s vyšším počtem aditiv má větší sklon k nestabilitě [2,7].

Předpokladem pro provozní stálosti, je stálost, při uskladnění procesní kapaliny. Dostatečně velká nádrž, odstraňování nečistot vzniklých při provozu, odstraňování kalů a pravidelná výměna média [7].

Jak dlouho kapalina vydrží v oběhu, závisí na kvalitě tekutiny, ze které je procesní kapalina připravena, složení koncentrátu maziva a na péči o kapalinu. Klíčové je vhodně zvolená olejová emulze skládající se z různých tenzidů, což jsou povrchově aktivní látky a snižují povrchovou či mezifázovou energii, které zvyšují odolnost kapaliny vůči stárnutí a zlepšují oplachové schopnosti. Ale jejich nadměrné množství zvyšuje kožní dráždivost výrobku a pěnovost kapaliny [7,10].

Stárnutí řezného oleje se projevuje vytvořením pryskyřičnatých usazenin, které mohou způsobit poruchu obráběcího stroje [7].

### **Ochranný účinek**

Je to schopnost nenapadat kovy a nezpůsobovat korozi. Je to důležitý požadavek, aby nebylo nutné mezi každou operací výrobky konzervovat a také aby stroje byly chráněny před korozí. Procesní kapalina nesmí rozpouštět nátěry obráběcích strojů a nesmí být agresivní vůči gumovým těsněním. Kvůli vytvoření neagresivního a antikoroziho prostředí se do kapaliny přidávají přísady, které pasivují kovy proti nežádoucím účinkům [7].

### **Zdravotní nezávadnost**

Obsluha při práci přichází do styku s procesní kapalinou, a proto musí být zdravotně nezávadná. Nesmí obsahovat látky, které mohou podráždit sliznici, nebo vytvořit kožní problémy. Kapaliny taktéž nesmí zamořovat vzduch nepříjemným zápachem [7].

Zdravotní nezávadnost také závisí na provozní stálosti procesní kapaliny a její čistotě. V provozu musí být zajištěno hygienické opatření, jako je odvětrávání par kapaliny, umývání rukou a preventivní ochrana pokožky [7].

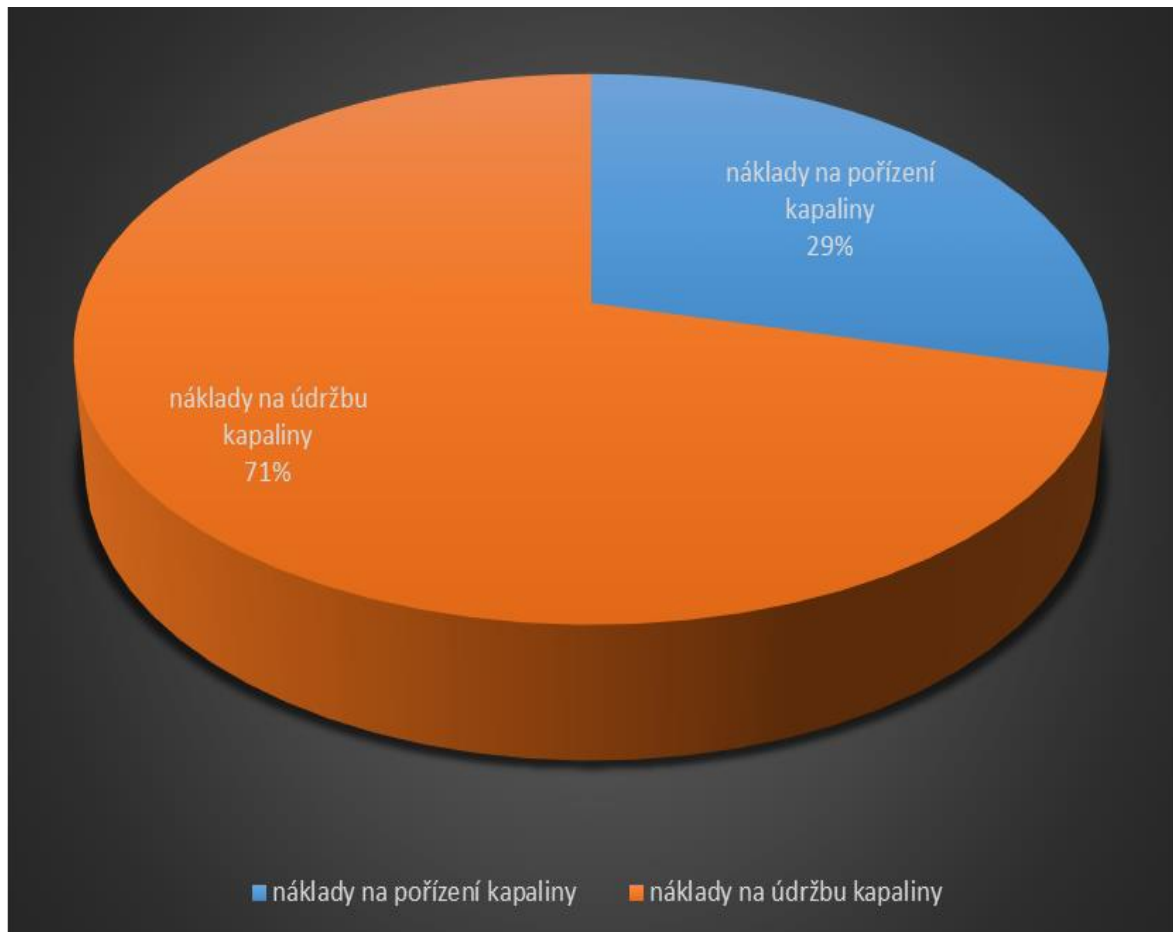
### **Přiměřené náklady**

Největším faktorem ovlivňujícím náklady na procesní kapalinu je její spotřeba. Při ekonomickém rozboru je nutné nejdříve posoudit jejich vliv po technické stránce a to jejich vliv na odvod teploty z místa řezu, zvýšení trvanlivosti břitů, spotřebu elektrické energie čerpadel. Následně se musí vyhodnotit procesní kapalina s ohledem na její provozní stálost, spotřebu a výměnu. Je důležité zakomponovat i náklady spojené s likvidací kapaliny a také náklady na pořízení [7].



Procesní kapalina je jedním z faktorů, které ovlivňují ekonomičnost procesu obrábění. Při jejím výběru je nutné sledovat veškeré aspekty a to, co s přívodem procesní kapaliny souvisí. Jedná se o její působení na řezný proces, kde ovlivní průběh plastické deformace. Dále se jedná o vliv na opotřebení nástroje. Popřípadě na ovlivnění kvality povrchu obrobené plochy [7].

V konečné fázi to je až technicko-ekonomický rozbor, který rozhodne o vhodnosti a hospodárnosti procesní kapaliny. Je totiž důležité vzít všechny aspekty v potaz, nikoliv jen cenu za jeden litr. Struktura nákladů na procesní kapaliny je uvedena na obr. 1.3 [7].



Obr. 1.3 Struktura nákladů procesní kapaliny [9].

### 1.3 Druhy procesních kapalin

Procesní kapaliny mohou být rozděleny do dvou základních skupin:

- Vodou mísitelné procesní kapaliny – s převažujícím chladicím účinkem
- Řezné oleje – s převažujícím mazacím účinkem [2,9].

Kromě výše uvedených kapalin mohou být použity také roztavené kovy, jako je cín, bismut, zinek, atd. Jejich využití je při obrábění obtížně obrobitelných kovů, například titanu a jeho slitin [2].

Zmíněné rozdělení již přesně nevystihuje současný sortiment na trhu. Výrobci mají snahu zvyšovat mazací účinky i u procesních kapalin s převažujícím chladicím účinkem. V praxi jsou ovšem potřeba obě zmíněné skupiny [2,13].

---

Procesní kapaliny mohou být dále rozděleny dle jejich složení:

- vodné roztoky,
- emulzní kapaliny,
- mastné oleje,
- syntetické kapaliny.
- polosyntetické kapaliny,
- řezné oleje,
  - s mastnou látkou,
  - s organickou sloučeninou,
  - s pevným mazivem [2].

### 1.3.1 Vodou mísitelné procesní kapaliny

Hlavní výhoda vodou mísitelných procesních kapalin je jejich vyšší chladicí účinnost. Nevýhoda je nízká mazací schopnost, nízká účinnost při specifických řezných podmínkách, vyšší koroze, nízká stabilita vlastností v čase a vyšší náklady na ošetřování kapalin. Klade se větší důraz na ochranu zdraví a hygienické podmínky [13].

Do skupiny vodou mísitelných kapalin jsou řazeny emulze, vodné roztoky, syntetické roztoky a polosyntetické roztoky. Značí se v souladu s normou ISO 6743/7 [2,9].

#### Emulze

Emulze pokrývají asi 75 % všech používaných procesních kapalin. Tvoří je disperzní soustava dvou vzájemně nerozpustných kapalin, z nichž jedna tvoří mikroskopické kapky rozptýlené v druhé kapalině. Ve většině případů se jedná o olej ve vodě. Je zapotřebí přidat další složky, tzv. emulgátory, které zabrání koagulaci jemně rozptýlených částic ve vodě. Tyto látky zmenšují mezi povrchové napětí emulgovaných kapalin a stabilizují emulzi. Emulzní kapaliny spojují výhody mazacích olejů a vody. Chladicí účinek emulzní kapaliny je závislý na koncentraci emulze [2].

Chladicí účinek ubývá s rostoucí koncentrací emulgačního prostředku. To je dáno vlastnostmi emulgačního prostředku a také vytvořenou koncentrací. Hodnota pH emulze udává schopnost ochrany proti korozi, ale v daleko menší míře než u vodných roztoků. Emulze při hodnotě pH = 8 – 10 poskytuje dostatečnou ochranu proti korozi železa a kontaminaci nádrže bakteriemi. Obsah minerální olejů ve vodě může být až 85 %, obvykle se ale používá koncentrace 1-5 % [2,15].

#### Vodné roztoky

Jsou procesní kapaliny v nejjednodušším stavu. Mají velmi dobré chladicí a mazací účinky. Voda, jako jejich základ, je velmi náročná na údržbu. Vyžaduje řadu úprav, jako je změkčování, přidávání aditiv proti korozi, pro zlepšení smáčecí vlastnosti a proti pěnovosti roztoku. Z těchto důvodů se do vodou mísitelných kapalin přidávají různé inhibitory (sloučeniny karboxylových kyselin, boráty, atd.), pevné látky pro zlepšení mazacích vlastností, silikonové oleje kvůli pěnovosti a EP přísady pro zlepšení nosnosti mazacího filmu (EP – extreme pressure – tlaková únosnost – organické mastné látky, většinou se jedná o aditiva s obsahem fosforu nebo síry). Vodný roztok musí být zásaditý. Vodné roztoky mají vyšší riziko vzniku bakterií a jejich následnému rozmnožování, zvláště pokud jsou v nádrži usazené třísky a podobné nečistoty [2,15].

Procesní kapaliny na bázi vody založené na polymeru a náhražkách tekutin na bázi minerálních olejů mají dobré řezné vlastnosti a jsou vhodné pro běžné obrábění a broušení. Kapalina tvoří nepěnvitý roztok s tvrdou i měkkou vodou. Zvyšují viskozitu.

### Syntetické roztoky

Syntetické roztoky se vyznačují velkou provozní stálostí. Většinou jsou rozpustné ve vodě a mají dobré chladicí, mazací a ochranné účinky. Syntetické procesní kapaliny neobsahují oleje, ale jsou složeny z rozpouštědel, glykolů, které ve vodě emulgují, nebo se rozpouští. Glykoly jsou průsvitné a umožňují obsluze sledovat řezný proces. Oproti kapalinám na bázi oleje mají syntetické kapaliny ekonomické výhody a navíc zajišťují rychlé odvádění tepla z místa řezu. Mají dobré čisticí vlastnosti a jednoduchou přípravu jejich cyklu [2,15].

### Polosyntetické roztoky

Polosyntetické roztoky jsou syntetické roztoky obohacené o oleje, které v roztoku vytváří olejové částice. V emulzích se nacházejí mnohem větší olejové částice než v polosyntetických kapalinách [2,16].

## 1.3.2 Řezné oleje

Jsou to kapaliny na bázi zušlechtěných minerálních olejů. Do této skupiny patří honovací oleje, oleje pro vrtání děr a brousící oleje, které se při použití nemísí s vodou. Mezi jejich výhody patří:

- lepší mazací vlastnosti,
- mají vyšší tlakovou únosnost,
- chrání stroj před korozí,
- větší trvanlivost nástroje,
- zlepšují kvalitu povrchu při nízkých řezných otáčkách [2,9].

Mezi nevýhody se řadí slabé chladicí účinky, zvláště při vyšších řezných rychlostech. Tato nevýhoda se neřadí k vysokorychlostnímu broušení, kde vyšší mazací schopnost olejů snižuje množství tepla odvedeného z místa broušení. Další nevýhoda je zvýšení nákladů kvůli hořlavosti olejů a jejich riziku exploze olejových mlh a par. Zvýšené náklady se dále projeví na velikosti viskozity olejů, která je podstatně vyšší a tím pádem olej přilhává k třísce a obrobku. Třísky i obrobek je potřeba odmastit [2,9].

Řezné oleje se skládají ze základní složky a aditiva. Základní složkou řezných olejů jsou ve velké míře minerální oleje, méně se používají syntetické oleje nebo jejich směsi v minerálním oleji. Syntetické oleje jsou dražší, takže jsou méně hospodárné [13,14].

Dle potřebných charakteristik a vlastností, které jsou požadovány od řezného oleje, se volí různá aditiva. Jedná se např. o antikorozi požadavek, zabránění tvorby pění a mlhy nebo třeba tlakovou únosnost. Používáme přísady ve formě *mastných látek, organických sloučenin a pevných maziv*. Řezné oleje bez aditiv mají malé uplatnění, používají se pouze při obrábění snadno obrobitelných materiálů, jako jsou např. neželezné kovy nebo litiny [9,12].

Přísady ve formě *pevného maziva* působí při řezání mechanickým účinkem. Na povrchu se vytváří mezní vrstva díky afinitě pevných maziv. Mezní vrstva



je odolná proti vysokým tlakům a zlepšuje mazací schopnosti oleje. Mezi pevná maziva je řazen grafit a siřík molybdenu. Hlavní nevýhoda je jejich nerozpustnost v procesní kapalině, proto se musí udržovat v rozptýleném stavu [2].

*Organické sloučeniny* se využívají jako vysokotlaké přísady (EP). Na povrchu vyvábí tzv. vrstvu kovových mýdel, které zabraňují kovovým svarům a snižují tření mezi nástrojem a obrobkem. Mezi organické sloučeniny je řazena kombinace sloučenin síry, chlóru a fosforu [2,9].

Mezi *mastné látky* jsou řazeny mastné kapaliny nebo syntetické estery. Jsou to zmýdelnitelné mastné oleje, které zvyšují afinitu oleje ke kovu a zlepšují mazací schopnosti při obrábění. Tyhle přísady nelze použít při vysokém tlaku, které vznikne u některých druhů obrábění [13,14].

Značení řezných olejů se v souladu s normou ISO 6743/7, DIN 51 385 nebo DIN 51 520 značí dle přidávaných aktivních látek [9].

Obrábění pomocí řezného oleje je ukázáno na obr. 1.4.



Obr. 1.4 Obrábění s řezným olejem [47].

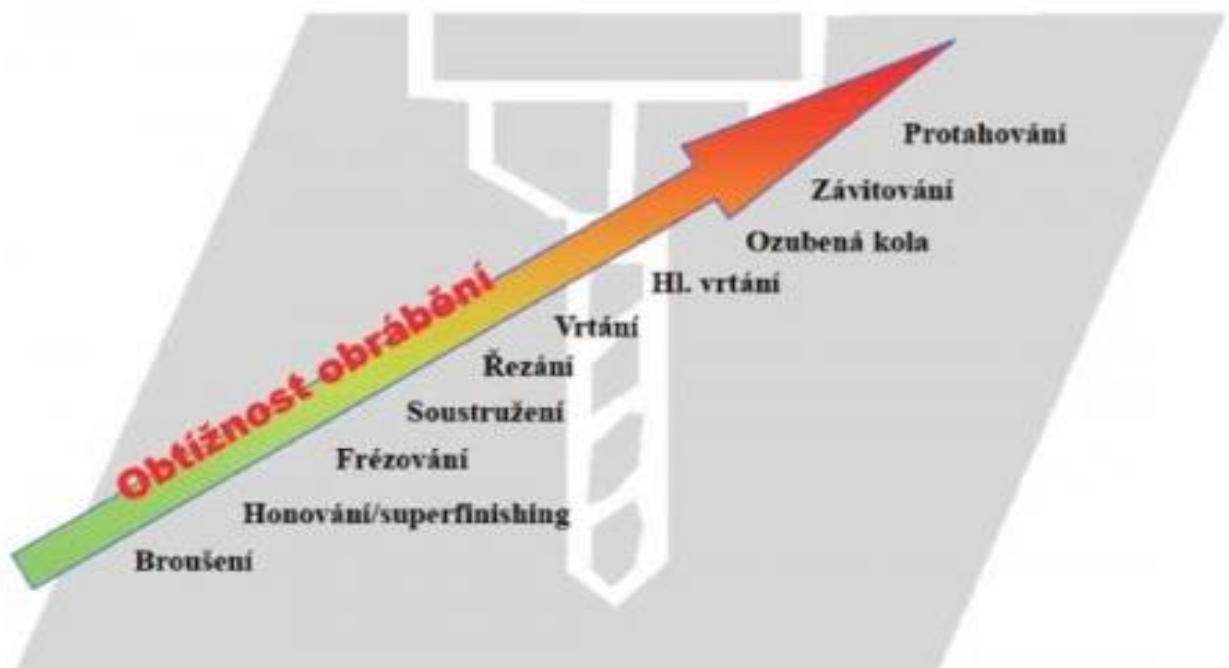
## 2 POŽADAVKY NA PROCESNÍ KAPALINY

Vhodná volba procesní kapaliny je velmi složitá, protože je závislá na mnoha faktorech, se kterými je potřeba počítat. V praxi se setkáváme s požadavky na obráběcí operace, obráběný materiál, materiál nástroje a obráběcí provozní podmínky.

Aktuálně se dle aplikací používá cca 75 % obráběcích emulzí, cca 20 % řezných olejů nebo cca 5 % metoda s minimálním množstvím oleje (MQL – minimum quantity lubrication) [17].

### 2.1 Požadavek operace obrábění

Cílem obrábění je zajistit výrobu součásti s požadovaným tvarem a kvalitou povrchu výrobku. Každá operace obrábění vyžaduje jiné vlastnosti procesních kapalin. S obtížností obrábění se zvyšuje důležitost použití procesní kapaliny. Pořadí operací dle obráběcí náročnosti je zobrazeno na obr. 2.1, kde nejjednodušší operace je broušení a nejtěžší protahování. Obtížnost je proměnlivá, závisí totiž na mnoha dalších aspektech obrábění např. posuvová rychlost, materiál obrobku atd. [2].



Obr. 2.1 Obtížnost obrábění [17].

V případě *broušení* vzniká vysoká teplota, která je nežádoucí a je odvedena do obrobku. Proto použitá procesní kapalina musí mít dobré chladicí účinky. Je potřeba snížit tření mezi nástrojem a obrobkem. Pro běžné broušení se uplatňují emulze o nižší koncentraci pod 5 %. Při broušení závitů, ozubených kol, nebo jiných složitých tvarů se používají řezné oleje. Důležitou roli zde hraje viskozita, která by měla mít nižší hodnoty [2].

Při *honování* má procesní kapalina dvě funkce. Zaprvé odvádět teplo vznikající při pohybu honovací hlavy. Zadruhé čistící účinek při vyplachování brusného kotouče od částic z obráběného materiálu. V případě honování oceli se více používají směsi oleje, nebo také emulze o standardní koncentraci 5 až 10 % [2].

Při operaci *superfinašování* se používají směsi oleje. Je snaha nahradit směsi oleji za vodou mísitelné procesní kapaliny, které jsou vhodně upravené pro operaci superfinašování [2].

Při *frézování* jde především o prodloužení trvanlivosti fréz a snížení tření. Z těchto důvodů se doporučují emulze. Litiny mohou být frézovány bez procesní kapaliny [2].

V případě *soustružení* jde o požadavek na dodržení trvanlivosti nástroje a tomuhle nejlépe vyhovuje emulze. U tvarového soustružení, kde tvarový nástroj zabezpečuje i výbornou kvalitu obrobené plochy je vhodné zvolit procesní kapalinu s mazacím účinkem. Řezné oleje splňují tyto požadavky nebo také emulze s vyšší koncentrací a zároveň obohacené o různá aditiva [2].

U *vrtání* se využívají procesní kapaliny především kvůli zvýšení trvanlivosti vrtáků. Pro vrtání hlubokých děr se procesní kapaliny využívají k odvodu třísky z místa vrtání. U těchto operací se využívá řezných olejů [2,9].

*Řezání závitů* je náročnější operace, při které se vyžaduje dodržení profilu závitu i jakost předepsaného povrchu. Je důležitá správná volba procesní kapaliny. U běžných materiálů se dá využít obou typů procesních kapalin, jak řezného oleje, tak emulzí s přidanými EP aditivami. Při obrábění závitů do těžko obrobitelného materiálu se nepoužívají emulze, ale řezné oleje [2].

Při *protahování* je nástroj silně namáhán na tlak a navíc se touto operací vytváří obrobky s vysokou kvalitou obrobené plochy. Při malých rychlostech se využívají řezné oleje nebo emulze o koncentraci 5 až 10 % [2].

Tab. 2.1 Přehled použití procesních kapalin [18].

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

kde:

- A - minerální oleje,
- B - mastné oleje,
- C - maštěné oleje s přísadami,
- D - emulze (číslo značí koncentraci v %),
- E - minerální oleje s přísadami,
- F - lehké minerální oleje s přísadami,
- H - oleje s aditivy,
- J - maštěný olej s přísadami.

## 2.2 Požadavek obráběného materiálu

Další faktor volby procesní kapaliny je materiál obrobku. Obtížnost obráběných materiálů je znázorněna na obr. 2.2.



Obr. 2.2 Materiálová obtížnost obrábění [17].

V procesu obrábění se jedná především o tzv. železné materiály a to jsou oceli a litiny. Tyto materiály mohou obsahovat legury za účelem dosažení požadovaných vlastností materiálu. Například chrom pro dosažení vysoké tvrdosti a odolnosti vůči korozi, přidáním niklu se zvedne pevnost materiálu bez poklesu tvrdosti. Mezi neželezné materiály se řadí například slitiny mědi, hliníku atd. S tím souvisí požadavky na procesní kapaliny z hlediska náročnosti obrábění daného materiálu. Přehled použití je uveden v tabulce č. 2.1. Se zvětšující se pevností obráběného materiálu, dochází k většímu namáhání břitu nástroje. Z toho důvodu se volí procesní kapalina, která má vyšší koncentraci nebo se přidávají aditiva, které zaručí vyšší pevnost mazací vrstvy. Pokud má materiál nižší tepelnou vodivost, je nutné zvolit

---

procesní kapalinu, která zvládne udržet pevnost mazací vrstvy i za zvýšených teplot [17].

### 2.3 Požadavek materiálu nástroje

Rychlořezné oceli mohou být použity se všemi druhy procesních kapalin. Vodou mísitelné kapaliny se upřednostňují při obrábění vysokými řeznými rychlostmi, řezné oleje při obrábění těžko obrobitelných materiálů [2].

Při obrábění PCD a CBN není použití procesní kapaliny nutné. Obrábění se provádí za sucha [9].

Slinuté karbidy jsou negativně ovlivňovány opotřebením nástroje, které je způsobeno vznikajícím teplem v místě řezu. Je nutné použít procesní kapaliny s chladicím účinkem. U povlakovaných slinutých karbidů je vyšší rezistence proti opotřebením nástroje [9].

Řezná keramika má velkou citlivost na teplo, větší než slinuté karbidy, proto se obecně používá při obrábění za sucha. V menším měřítku se používají vodou mísitelné kapaliny [9].

### 2.4 Požadavek obráběcích provozních podmínek

Volba správné procesní kapaliny rovněž závisí na provozních podmínkách, které jsou zejména relativní rychlost a změna polohy vůči obrobku, tzv. řeznou rychlostí a dále tloušťkou vrstvy odebíraného materiálu. V případě kovoobrábění, kde dochází k přenosu vysokého zatížení (vysoké zatížení a nízká rychlost obrábění) je nutné volit řezné oleje. Většinou se jedná o oleje s vyšší kinematickou viskozitou. Z druhé strany v případě velkého vzniku tepla (vysoká rychlost obrábění a nízké zatížení) se používá vlastností emulzí, které mají chladicí účinek. V případě průměrných hodnotách rychlosti obrábění, zatížení a teplot, které vznikají, je důležité vzít v potaz další kritéria. Vyhodnocení obráběcí operace, materiálu, ekonomického zhodnocení, a systém údržby pomůže vybrat vhodnou emulzi nebo řezný olej [17].



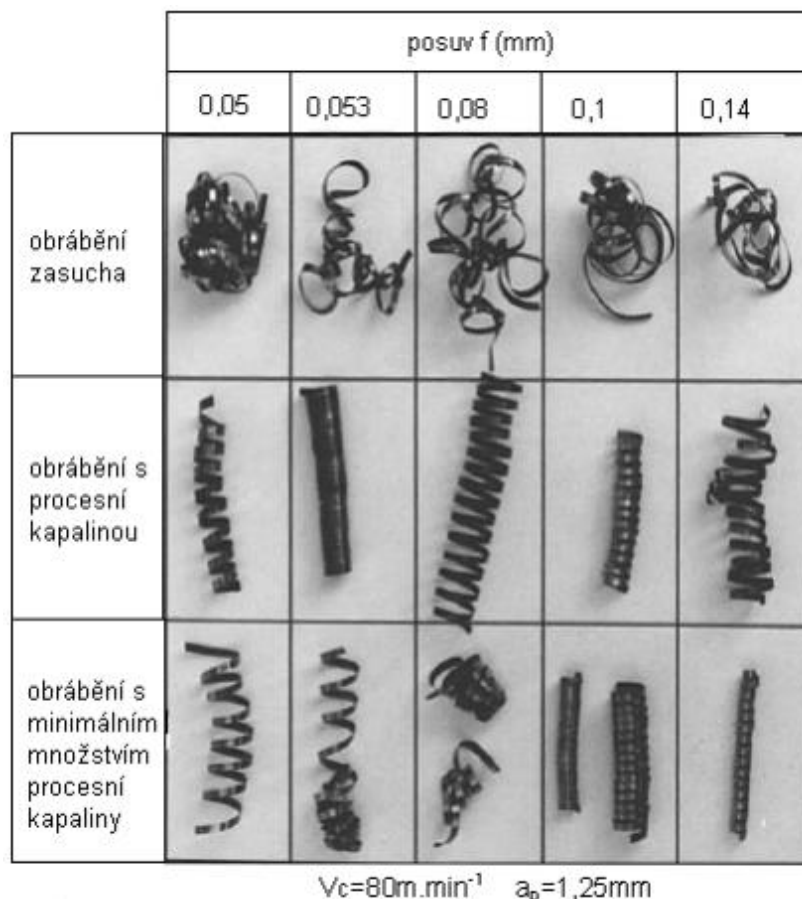
### 3 VLIV PROCESNÍ KAPALINY NA OBRÁBĚNÍ

Procesní kapaliny ovlivňují mnoho faktorů v řezném procesu. Snižují teplotu řezného procesu, mají vliv na tvorbu a odvod třísek, velikost řezné síly, opotřebení nástroje a jakost obrobené plochy.

#### 3.1 Vliv na tvorbu a odvod třísky

Tříška odvádí největší část tepla z místa řezu. Hromadění třísek v místě řezu je nežádoucí jev, je nutné je odvést z místa řezu za použití procesní kapaliny. Hromadění má vliv na tepelné ovlivnění nástroje a obrobku, to vede ke zhoršení povrchové a geometrické přesnosti obrobku a také ke snížení trvanlivosti řezného nástroje. Tříška musí mít tvar, který zaujímá co nejmenší objem. Ideální tříška je krátká a přerušovaná, aby byla dobře odvedena z místa řezu [2,19].

Na obr. 3.1 je vidět vliv procesní kapaliny na tvorbu třísek. Tvar třísky závisí na vlastnostech obráběného materiálu, geometrii nástroje, řezných podmínkách (teplo v místě řezu, rychlost obrábění, atd.) a materiálu nástroje [2].



Obr. 3.1 Vliv procesní kapaliny a rychlosti posuvu na tvorbu třísky [20].

#### 3.2 Vliv na snížení teploty řezného procesu

Při obrábění se většina veškeré kinetické energie transformuje na teplo. Vznikající teplo je důsledkem plastické deformace. Deformace probíhá v oblasti oddělování

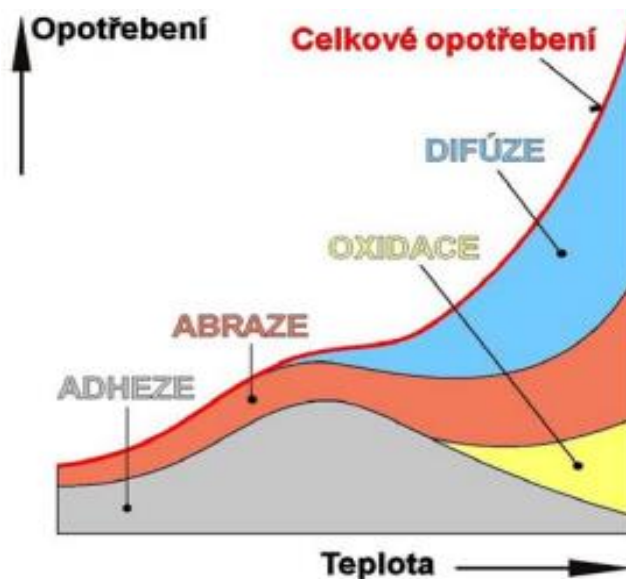
třísky. Teplo vzniká při tření třísky po čele nástroje a mezi třískou a obrobkem v oblasti tření hřbetu. Podíl tepla, které jde to třísky, nástroje a obrobku je zobrazen na obr. 1.2. Velikost dané složky tepla je dána tepelnou vodivostí materiálu obrobku a nástroje, na řezných podmínkách, řezném prostředí a na geometrii břitu [2].

Vznik a odvod tepla je popsán vztahy (1.1) a (1.2).

Teplo, které vzniká v řezném procesu má nežádoucí vliv na trvanlivost nástroje a kvalitu obrobku. Proto je nutné jej odvádět z místa řezu [2].

### 3.3 Vliv na opotřebení nástroje

Procesní kapaliny mají vliv zpomalovat rychlost vzniku opotřebení a tím prodloužit trvanlivost nástroje. Teplo tvořené v řezném procesu ovlivňuje nástroj, který ztrácí svou kvalitu. Především tvar břitu, jak na čele, tak na bočních plochách nástroje. Na obr. 3.2 je znázorněna závislost teploty na velikosti opotřebení nástroje [2].



Obr. 3.2 Vliv teploty na jednotlivé mechanismy opotřebení [22].

Význam jednotlivých pojmů:

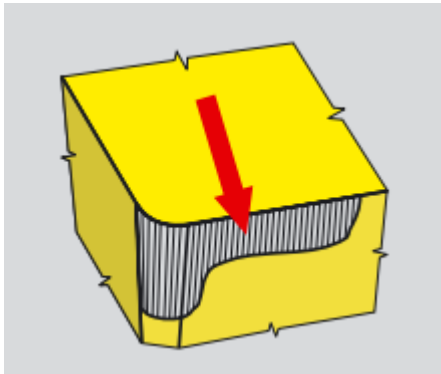
*Adheze* – důsledkem styku kovových částí pohybujících se po funkčních površích, vznikají mikro spoje, které se následně porušují. Adheze je podmíněna zatížením a rychlostí pohybu funkčních ploch a schopností materiálu vytvářet adhezivní spoje. Adheze vzniká především při obrábění v nižších řezných rychlostech [23].

*Abraze* – při obrábění nízkými rychlostmi (nástroj materiálu – nástrojová a rychlořezná ocel) dochází k abrazi v důsledku nehomogenity materiálu obrobku a nástrojového materiálu. Adheze vzniká, když materiál nástroje měkčích částic je vybrušován částicemi materiálu obrobku, které jsou tvrdší [23].

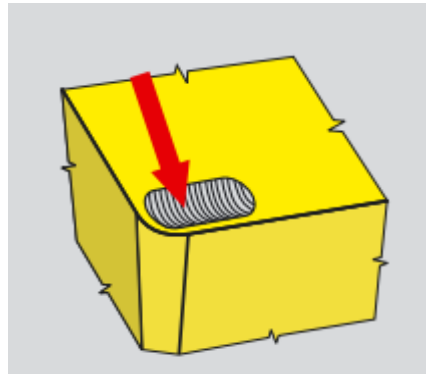
*Oxidace* – oxidací vznikají nové nežádoucí chemické sloučeniny, které vznikají v důsledku oxidace kyslíkem nebo působením řezných kapalin [23].

*Difúze* – kvůli pohybu atomů mezi stýkajícími se povrchy dochází ke změnám chemického složení povrchových vrstev [23].

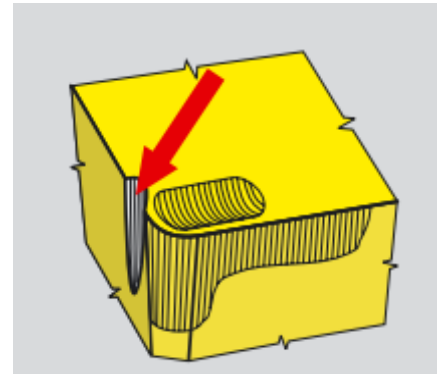
Nejčastější formy opotřebení jsou znázorněny na obr. 3.3 [24].



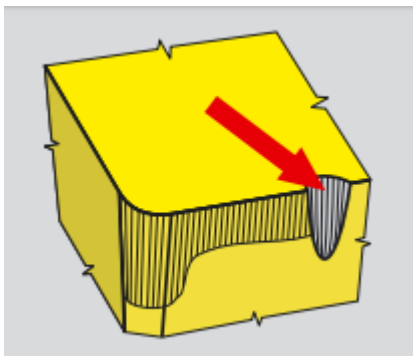
Opotřebení hřbetu



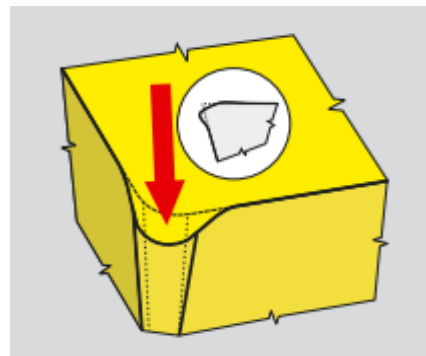
Výmol na čele



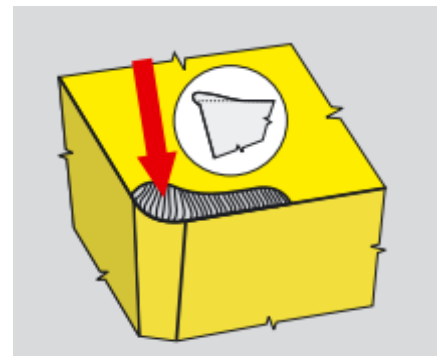
Oxidační rýha na vedlejší břítu



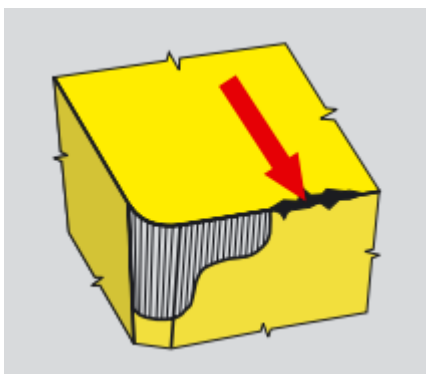
Vrubové opotřebení na hlavním břítu



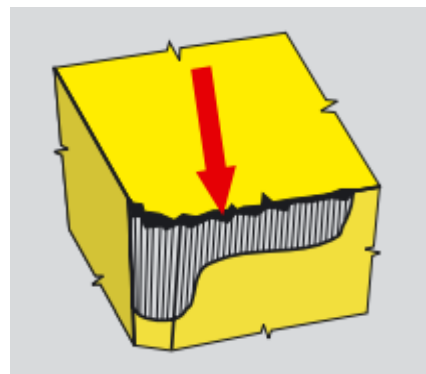
Plastická deformace špičky



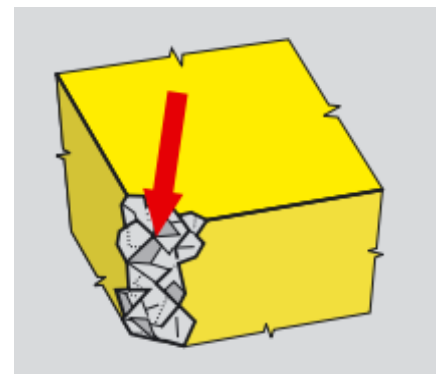
Tvorba nárůstků



Porušování řezné hrany mimo záběr



Křehké porušení řezné hrany – mikro vyštipování



Destrukce břítu

Obr. 3.3 Opotřebení nástrojů [24].

### 3.4 Vliv na velikost řezné síly

Řezná síla je důležitý index obrábělnosti. Z velikosti síly se odvíjí spotřeba energie, jakost výrobku a životnost nástroje [21].

Velikost řezné síly je velmi individuální. Záleží na množství použité procesní kapaliny, řezných podmínkách a to především řezné rychlosti a posuvu. Množství



procesní kapaliny může ovlivnit velikost řezné síly, za určitých podmínek je výsledná řezná síla stejná jako při obrábění za sucha. Je nezbytné zhodnotit vhodnost použití procesní kapaliny [21].

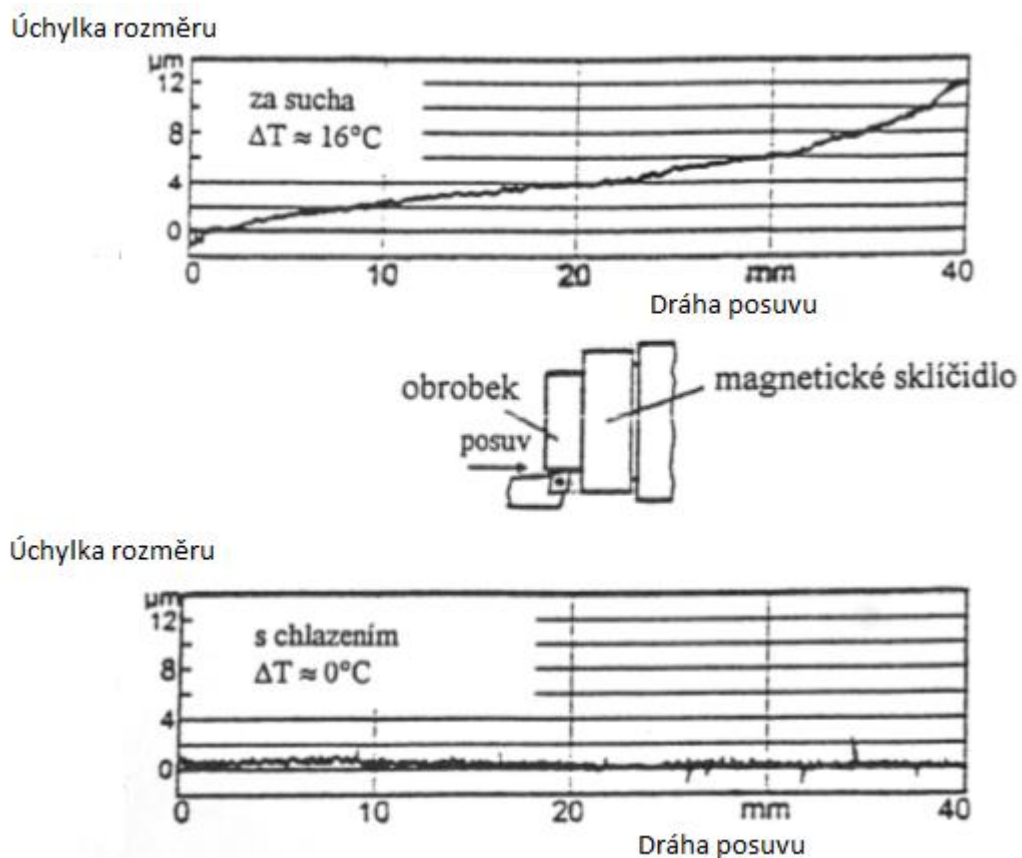
### 3.5 Vliv na tvorbu nárůstku

Vlivem adheze v místě řezu, při odchodu třísky na břitu nástroje, se tvoří silně pěchující se tvrdá a pevná vrstva obráběného materiálu. Pevnost nárůstku s rostoucí teplotou klesá a dochází k jeho postupnému rozpadání. Rozpadnuté části, které se ulpívají na tříске, způsobují opotřebení čela nástroje. Rozpadnuté části, které ulpí na obrobku, sníží kvalitu a strukturu obrobené plochy [2].

Nárůstek nevzniká za daných podmínek – vhodné řezné podmínky a použití procesní kapaliny s vysokým mazacím účinkem [2].

### 3.6 Vliv na kvalitu obrobené plochy

Správně zvolená procesní kapalina může zlepšit Ra povrchu o 1 až 2 třídy proti obrábění za sucha. Přísady, působící na zlepšení řezného účinku, přispívají k dosažení lepších výsledků dosahované hodnoty Ra. Emulze s vyšší koncentrací také vykazují kladný vliv na výslednou kvalitu povrchu [13].



Obr. 3.4 Rozměrová přesnost při obrábění s použitím procesní kapaliny a za sucha [25].

Z obr. 3.4 vyplývá, že při měření přesnosti obráběného vzorku (ocel 14 109 ČSN 41 4109) v rozdílné délce posuvu, se odchylka liší bez použití procesní kapaliny.

Použití kapalin je nutné při výrobě velmi přesných součástí, kde se požadují toleranční stupně IT 00 a IT 01 [25].

### 3.7 Vliv kapalin na zbytková napětí

Dalším důsledkem změn vlastností povrchové vrstvy při obrábění jsou zbytková napětí. Tato napětí jsou vyvolána plastickou deformací povrchové vrstvy za působení teploty řezání. V závislosti na energetickém charakteru mohou být tato napětí tlaková nebo tahová. Procesní kapaliny snižují teplotu v místě řezu a tím ovlivní zbytková napětí. V případě použití řezného oleje dojde ke snížení tření a řezné síly a tak i tlakové napětí. Obecně platí, že s přívodem procesní kapaliny se zmenšuje hloubka zpevněné vrstvy [2].

Rostoucí požadavky na jakost obrobených ploch nevystačí jen se zjištěním tvarové a rozměrové přesnosti a hodnoty Ra povrchu. Je nutné vzít v úvahu i příčiny změn v povrchové vrstvě. V povrchové vrstvě se může projevit plastická deformace, fázová změna, zbytkové napětí a vznik tepelných pnutí [2].

Zbytková napětí se dají snížit ovlivněním mechanických vlastností obrobku. Při obrábění materiálů působí teplotní pole na povrchovou vrstvu obrobku, uvažujeme-li tento stav, vznikají pnutí tahová. Při působení mechanických sil dojde k vyvolání pnutí tlakových [2].

Zbytková napětí mohou být měřena nedestruktivní metodou, která využívá Barkhausenův šum. Jedná se o zapojení jádra cívkou k reproduktoru a zrcadlovému galvanometru. S přibližováním a oddalováním magnetu od jádra je možné slyšet praskání. Tento efekt ovlivňuje tvrdost materiálu. Tento jev lze pozorovat pouze u feromagnetických materiálů. Proces magnetizace lze charakterizovat jako hysterezní křivku, která není spojitá. Shrnutí všech elektrických skoků vznikne celkový signál.

### 3.8 Vliv na zpevnění

Plastická deformace, která často zasahuje, až pod úroveň budoucího povrchu, vede ke zpevnění povrchové vrstvy obrobku. Většinou je při přívodu procesní kapaliny zmenšena hloubka vrstvy, ve které probíhá zpevnění materiálu. Podle některých autorů se přívodem emulze zmenšila hloubka zpevněné vrstvy o 33 % a při přívodu řezného oleje o 44 % [2,23].

Ukazatel stupně zpevnění povrchové vrstvy je porovnání tvrdosti povrchové vrstvy po obrábění a tvrdosti výchozího polotovaru. Tato tvrdost bývá až třikrát vyšší než u výchozího polotovaru. Přívod procesní kapaliny tuto diferenci redukuje [2].

## 4 ZPŮSOBY PŘÍVODU PROCESNÍ KAPALINY DO MÍSTA ŘEZU

Trvanlivost břitu nástroje, jakost obrobené plochy a parametry procesu řezání významně ovlivňuje způsob přívodu procesní kapaliny [1].

Využití procesní kapaliny by mělo být co nejvyšší a očekává se od nich více než jen proces chlazení. Pro dosažení nejvyššího možného mazacího účinku pro snížení tření se dosahuje při přívodu kapaliny přímo na místo obrábění. Je důležité podotknout, že kapaliny mohou být k místu řezu přiváděny různými způsoby. Poslední trendy jsou chlazení tlakové, chlazení mlhou, chlazení CO<sub>2</sub> a podchlazování procesní kapaliny. Každá metoda se snaží zvýšit výkon obráběcího procesu. Je nutné vzít v úvahu i ekonomické zhodnocení [26,27].

### 4.1 Konvenční přívod procesních kapalin

Konvenční přívod nevyžaduje žádnou speciální úpravu přívodního potrubí a vystačí si pouze s běžným standardním zařízením dodávaným výrobcem obráběcího stroje. Zařízení je tvořeno nádrží, čerpadlem, procesní kapalinou a rozvodovým potrubím. Čerpadlo a škrčení průtoku na výstupním kohoutu udávají množství dodávané procesní kapaliny [28].

Procesní kapalina může být přivedena na odcházející třísku, nebo mezi čelo nástroje a odcházející třísku, nebo mezi hřbet nástroje a obrobek. Nejčastěji se procesní kapaliny přivádí modulární hadicí, které umožňují nastavení délky a tvaru. Standardní provedení je v kombinaci modrá a oranžová barva, které je zobrazeno na obr. 4.1. Existuje provedení ve žluté barvě, které je odolné i vůči kyselinám [29].

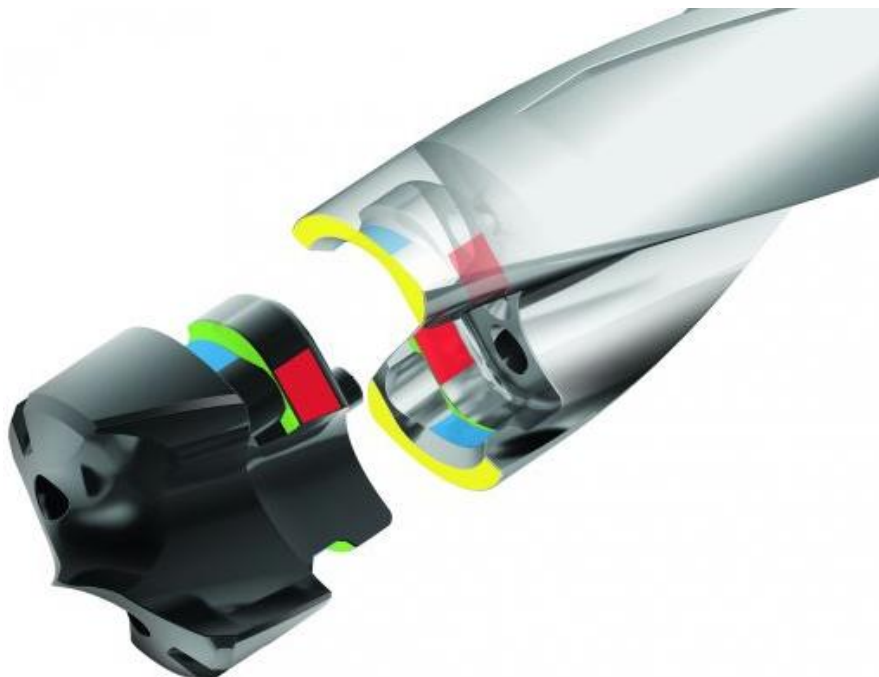


Obr. 4.1 Hadice pro chladicí kapaliny [29].

## 4.2 Vnitřní chlazení

Vnitřní chlazení přináší zvýšení výkonu obrábění. Je možné zvýšit řezné rychlosti o 5 – 15 %. Tlak, který je přiváděn do místa řezu, vede ke zvýšení výkonu obrábění a k lepšímu odvodu třísky z místa řezu. Metoda je využitelná pro nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami, pro vrtáky a brusné kotouče. Při frézování je výhoda přívodu na každý břit zvlášť. Při broušení je procesní kapalina přiváděna přes póry brusného kotouče, kde plní i čisticí účinek a odplavuje z pórů brusného kotouče nečistoty. Při vrtání se používá vnitřní přívod kapaliny u vrtání hlubokých děr nebo při vrtání těžko obrobitelných materiálů. Kapalina u vrtání zajišťuje funkci odvodu třísky z místa řezu. U zapichování je důležitý přívod kapaliny, přičemž snížení výlomků na břitu se dosáhne již při tlaku 0,5 MPa. Pro redukci nárůstku je potřeba tlak vyšší než 2 MPa. Od 4 MPa je možné dosáhnout efektivního vedení a kontroly třísky a zvláště vysoké tlaky nad 15 MPa, které se využijí při obrábění vysoce pevných slitin na bázi niklu, způsobí požadovaný lom třísky [26,28].

Společnost Kennametal uvedla na trh modulární vrtací systém s monolitickou vrtací korunkou. Nástroj má vyměnitelnou vrtací korunku, urychluje proces výměny, dosáhne-li nástroj nežádoucího opotřebení. Jednoduše se vymění za novou. Nástroj umožňuje přívod procesní kapaliny tělesem nástroje do místa řezu skrz čtyři kanálky. Dva ústí na špičce a dva v zubové mezeře za vrtací korunkou. Větší počet kanálků umožňuje přívod většího množství procesní kapaliny, která odvádí třísky z místa řezu a účinněji odvádí teplo z místa řezu. Nástroj je zobrazen na obr. 4.2. Tyto konstrukční úpravy vedou ke zvýšení trvanlivosti a životnosti nástroje [30].



Obr. 4.2 Vrtací nástroj společnosti Kennametal [30].

## 4.3 Tlakové chlazení

Do místa řezu se přivádí procesní kapalina pod vysokým tlakem. Výstupní tlak se pohybuje v rozmezí 3 – 20 MPa, výjimečně až 100 MPa. Průměr trysky na výstupu se pohybuje okolo 0,3 – 1 mm. Množství přivedené procesní kapaliny bývá 0,5 – 2 litry za minutu. Nevýhodou je rozstřík a tvorba mlhy, která se vytvoří

při rozstřiku kapaliny a ohřátí od tepla z obrábění. Z toho důvodu musí být pracovní prostor uzavřený, jelikož mlha způsobuje znečištění. Používají se odsávací zařízení, které kvůli podtlaku v pracovním prostoru stroje zabraňují úniku par [2,27,31].

U tlakového chlazení (obr. 4.3) je možné využít nástrojů s vnitřním přívodem procesní kapaliny, nebo standardního nástroje s externím přívodem procesní kapaliny. Při správně aplikovaném tlakovém chlazení je možné zvýšit produktivitu obrábění až o 59 % a životnost nástroje až 5 krát. Při nesprávném nastavení může dojít k poškození nástroje či obrobku [2,27,31].

Systém přívodu procesní kapaliny může být se stálým nebo proměnlivým průtokem. Množství přiváděné kapaliny udává velikost nástroje. Kvůli životnosti filtrů je nevhodné mít zapnutý přívod procesní kapaliny při přejezdech a při výměně nástroje [31].



Obr. 4.3 Tlakové chlazení [31].

#### 4.4 Chlazení mlhou

Jedná se o procesní kapalinu, která je rozptýlena pomocí stlačeného plynu vycházejícího z trysky, který má rychlost až  $300 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Mazací a chladicí účinek je zajištěný především kapalinou rozptýlenou v expandujícím plynu. Rozpínající se vzduch s kapalinou velmi dobře vstřebává a odvádí teplo z místa řezu do okolí. Malé kapičky mají velkou plochu, přes kterou teplo účinně odvedou. Chlazení mlhou může zvýšit výkon obrábění a snížit spotřebu procesní kapaliny. Při chlazení procesní mlhou je nutné zabezpečit odsávání a uzavřít prostor kolem řezného procesu a zajistit odsávání mlhy, aby se nedostala mimo pracovní prostor [2].



Chlazení mlhou se používá na chlazení nástrojů s keramickými destičkami nebo při výrobě velmi tenkých součástí [2].

#### 4.5 Podchlazování procesních kapalin

Podchlazování procesních kapalin na teplotu nižší, než je teplota okolí, přispívá ke zvyšování trvanlivosti nástroje. Je možné zvýšit trvanlivost až o 200 %. Kvůli zachování mazacích vlastností se podchlazují běžné druhy procesních kapalin na 5 – 7 °C, oleje se podchlazují na 15 – 20 °C. Při podchlazování procesních kapalin je nutné vzít v potaz nestálost emulzí a houstnutí u řezných olejů. Je možné snížit teplotu kapalin pod bod mrazu, ale je nutné použít speciální složení procesní kapaliny [2].

#### 4.6 Kryogenní chlazení

Chlazení kapalným dusíkem LN<sub>2</sub> bylo technologickou novinkou roku 2011 na veletrhu v Hannoveru. Při použití kapalného dusíku s teplotou až –196 °C je nutné zajistit speciální systém přívodů, izolovanými nádobami pro skladování, vakuem izolovanými hadicemi a odpovídajícím způsobem dimenzování rozvody uvnitř stroje i nástrojového systému [26].

Méně nákladným způsobem kryogenního chlazení je chlazení paprskem kapalného CO<sub>2</sub> s teplotou od –78 °C. Firma Walter představila nástroj (obr. 4.4) se dvěma otvory pro přívod procesního média. Jeden otvor je určen pro přívod CO<sub>2</sub> a druhý pro plyn, aerosol nebo emulzi [26,32].

Tyto metody chlazení se používají při obrábění slitin titanu a niklu nebo duplexních ocelí, kde vysoké termické zatížení břitu vede k jeho velkému opotřebení. Kryogenní chlazení umožňuje značné zvýšení životnosti nástroje, která se zvýší až pětinasobně kvůli zvýšení tvrdosti. Zlepšuje se díky tvrdosti nástroje i kvalitu obrobené plochy [26].



Obr. 4.4 Čelní válcová fréza Walter F2334R Cryo-tec [32].

## 4.7 Chlazení vzduchem

S ohledem na ekonomičnost obrábění a snižování nákladů se v mnoha případech zavedlo obrábění za sucha s použitím stlačeného vzduchu jako chladicí médium. Používá se především u obrábění materiálů, jako je keramika, nebo grafit. Cílem je efektivně a rychle odstranit a odsát abrazivní prach z místa řezu [26].

## 4.8 Povodňové chlazení

Velkoobjemové chlazení zajišťuje efektivnější odstranění tepla z místa řezu. Množství kapaliny závisí na velikosti a počtu použitých nástrojů a podle výkonu stroje. Musí se vzít v potaz ekonomičnost, která není příznivá a dochází k velké spotřebě procesní kapaliny [34].

Při povodňovém chlazení se dosahuje spotřeby procesní kapaliny až 15 000 l/min [33]. Ukázka povodňového chlazení je na obr. 4.5.



Obr. 4.5 Povodňové chlazení [46].

## 5 ALTERNATIVY PROCESNÍCH KAPALIN

Současný trend se zaměřuje na snížení ekonomických nákladů, odstranění zdravotních problémů a snížení dopadu na životní prostředí. Reakcí na dané problémy jsou alternativy procesních kapalin:

- obrábění bez procesních kapalin,
- MQL,
- obrábění multifunkčními oleji,
- náhrada vodou mísitelných kapalin oleji.

### 5.1 Obrábění bez procesních kapalin

Obrábění za sucha představuje velkou alternativu především z pohledu ekologického. Nejsou použité žádné procesní kapaliny, a tudíž není třeba řešit otázku likvidaci tekutiny, kterou je třeba likvidovat s ohledem na legislativu a při dodržení správných předpisů se jedná o nákladnou záležitost. Obrábění bez procesních kapalin je doménou při obrábění šedé litiny, kde obsažený grafit zajišťuje mazací účinky [35,36].

Při obrábění bez procesní kapaliny se zvyšuje tření a adheze mezi třískou a nástrojem. Čím je tepelná zátěž větší, tím se zvyšuje opotřebením nástroje a jeho životnost se snižuje. Za předpokladu malé řezné rychlosti se jedná o opotřebením abrazivním účinkem, v případě vyšší řezné rychlosti se jedná o adhezivní účinek. Obrábění bez chlazení má kladný efekt při přerušovaném zatěžování, kde nástroj při použití procesní kapaliny je zahříván záběrem a při klidovém režimu chlazen. Jedná se o tepelné šoky, které nástroji neprospívají, a může dojít k tvorbě trhlin na břitu nástroje [35].

Zvýšené tření při obrábění za sucha se musí eliminovat pozitivní geometrií břitu a to na úhlu čela. Třísky, které se vytváří, jsou ochlazovány okolním vzduchem, což je nedostačující a třísky se vytváří smotané nebo stuhovité. Takto tvořené operace vyžadují speciální utvářeče třísek. Třísky, které zůstávají v řezném procesu, je možné odsávat nebo odfukovat tlakovým vzduchem [36].

Použití závisí na konkrétních podmínkách řezného procesu. Při HS (high speed – vysoká rychlost) obrábění se obrábí na sucho. U frézování se též ve valné většině případů nevyužívá procesních kapalin právě v důsledku výše zmíněného přerušovaného zatěžování břitů [36].

### 5.2 MQL

MQL neboli minimum quantity lubrication, česky minimální množství kapaliny bylo vyvinuto na základě principu co nejpřesnějšího mazání ostří nástroje s použitím minimálního množství kapaliny. Systém využívá olej nebo emulzi k vytváření aerosolu, rozprášené homogenní kapičky v mikro oblasti a poté jej přenáší do řezného bodu nástroje, aby bylo zajištěno chlazení nástroje, obrobku i třísky skrz trysku. MQL může být rozděleno na externí, kde tryska směřuje na řeznou plochu nástroje nebo na interní neboli vnitřní přívod aerosolu skrz nástroj [37].



Způsob řezání, druh materiálu a nastavení stroje udává množství spotřebované kapaliny. Většinou se jedná o hodnoty okolo 15 ml/h, spíše méně. Mnoho operací nelze provést bez použití procesní kapaliny, jedná se zejména o vrtání, vystružování, řezání závitů nebo frézování hliníkových slitin. Metoda minimálního množství kapaliny vede ke značným úsporám i kvůli odstranění potřeby čištění obrobku a třísky po obrábění. Nevýhodou je tvorba mlhy a aerosolu, kvůli kterým je třeba vytvořit opatření v podobě krytů kolem pracovního prostoru [37].

### 5.3 Obrábění multifunkčními oleji

Použitím procesních kapalin může dojít ke smíchání s jiným olejem použitým ve stroji např. hydraulický, převodový nebo maziva kluzných vedení. Procesní kapaliny smíšením mění své chemické a fyzikální vlastnosti, což je nežádoucí jev z pohledu mazacích a chladicích schopností. Vznikají zvýšené náklady na čištění a úpravu kapalin do stavu, který je opět vhodný pro jejich následné použití. Řešením této problematiky je použití multifunkčních kapalin. Jedná se o používání řezných olejů, které mají podobné složení jako ostatní oleje použité na stroji. Při smíchání se nemusí řešit čištění a jedná se tedy o úsporu nákladů. Nalézt jeden multifunkční olej, který splní veškeré funkce, je velmi obtížné [9].

### 5.4 Náhrada vodou mísitelných kapalin oleji

Oleje mohou pokrýt více než 90 % obráběcích operací, jsou z některých úhlů pohledu výhodnější než emulze. Jedná se především o nižší náklady, které souvisí s výměnou emulzí. Oleje mají téměř neomezenou životnost. Z hlediska bezpečnosti práce jsou emulze více dráždivé pro kůži než oleje, protože obsahují biocidní a fungicidní látky. Oleji se dá také zlepšit kvalita obrobenej plochy a zvýšit životnost nástroje. Emulze lze nahradit esterovými oleji s nízkou viskozitou, které plní chladicí a mazací požadavky a také požadovanou nízkou tvorbu emisí, trvanlivost a vysokou teplotu vzplanutí [9].

Řezné oleje mají také nevýhody. Jedná se o vyšší ekonomické náklady na pořízení oleje, vznik mlh, velké odpařování a s tím související opatření na uzavřený pracovní prostor z hlediska bezpečnosti obsluhy stroje. Jedná se o kryty kolem stroje [9].

## 6 VLIVY NA ZDRAVÍ ČLOVĚKA A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Procesní kapaliny se používají při obráběcích operacích. Mezi primární účinky se řadí odvod tepla z místa řezu, čištění a mazání pro snížení tření kovových částí a s tím spojené zvýšení trvanlivosti nástroje. Procesní kapaliny doprovází nevýhody, mezi které jsou řazeny poškození zdraví člověka při vdechování aerosolu z procesních kapalin nebo znečištění životního prostředí při nevhodném zacházení s procesní kapalinou [38].

### 6.1 Vliv na zdraví člověka

Při nevhodném zacházení a nedodržení pracovních předpisů může dojít k ohrožení zdraví člověka, který s procesní kapalinou pracuje. Procesní kapalina se může dostat do těla kvůli vytvořené mlze, páře nebo aerosolu, který je vdechnut pracovníkem. Také kontakt s procesní kapalinou není bezpečný, zvláště pokud má pracovník vyrážku nebo nějaké praskliny na kůži a procesní kapalina se může dostat do těla. Hrozí také nebezpečí polknutí procesní kapaliny. Pracovníci si musí dávat pozor na to, co pijí a aby řádně dbali na svoji osobní hygienu [39].

Procesní kapaliny jsou spojené s několika zdravotními problémy. Podrážděná pokožka je nejčastější symptom. Mezi příznaky patří pálení, svědění a puchýřkovitá kůže. Vdechování mlhy může způsobit podráždění plic, chronickou bronchitidu a zhoršenou funkci plic. Existují důkazy, že procesní kapaliny jsou spojené se zvýšeným rizikem určitých rakovin. Patří mezi ně rakovina hrtanu, konečníku, kůže a močového měchýře. Ovšem údajná doba expozice kapalin je uváděna v řádech desítek let a tyto případy byly zaznamenány v sedmdesátých letech. V dnešní době je složení přísně hlídáno a došlo ke snížení kontaminantů. Celkové riziko zdravotních problémů záleží na mnoha faktorech:

- použitá procesní kapalina,
- stupeň a typ kontaminace kapaliny,
- množství procesní kapaliny,
- doba trvání řezného procesu,
- frekvence procesu [39].

Ze zdravotního hlediska je velmi důležité dbát na bezpečnost práce a dodržovat níže zmíněné zásady:

- používat ochranné prostředky očí,
- vyhnout se kontaktu s procesními kapalinami,
- nosit odolné ochranné oblečení,
- používat vhodné hygienické pomůcky,
- zakrýt řezné prostředí stroje,
- zajistit ventilaci páry a mlhy.

### 6.2 Vliv na životní prostředí

Ekologie procesních kapalin je sledovaná problematika. Evropská unie v roce 2006 vydala směrnici o registraci, povolování a omezování chemických látek – REACH. Směrnice velmi přísně určuje chemické složení, skladování a likvidaci procesních kapalin. Na výrobce je kladen velký důraz, co se týče maximálního množství nebezpečných látek obsažených v emulzích [40]. S příchodem

---

této směrnice se velmi posunul vývoj nových zdravotně nezávadných procesních kapalin, které zle snadno recyklovat. Většina procesních kapalin je na bázi vody, kvůli snadnému oddělení od olejové fáze.

Celosvětová roční spotřeba procesních kapalin se odhaduje na 2 miliardy litrů. Odpad však může být až desetkrát větší s ohledem na to, že procesní kapaliny se před použitím ředí vodou. Procesní kapaliny způsobují vysokou úroveň kontaminace životního prostředí v důsledku přítomnosti směsi chemikálií, což zvyšuje poptávku po jejich recyklaci nebo likvidaci [41].

Při likvidaci musí být postupováno v souladu s legislativou o odpadech. Způsob likvidace záleží na složení a dle toho je zařazen dle katalogu odpadů. Použité oleje a emulze nelze vypouštět do veřejné kanalizace. U emulzí musí být v první řadě odloučen olej od vody. Pro odloučení se využívá síran železnatý, sůl, nebo koncentrované kyseliny. V případě použití kyselin musí být voda neutralizovaná, než je vypuštěna do kanalizace. Odloučený olej bývá spalován ve speciálních pecích [40,41].

---

## 7 ÚDRŽBA PROCESNÍCH KAPALIN

Důležitý faktor procesních kapalin je jejich údržba a to správné namíchání koncentráту nové dávky, její monitoring a následná likvidace při znečištění.

### 7.1 Vytvoření nového koncentráту

Před samotným obráběcím cyklem je důležité v první řadě naplnit nádrž správně koncentrovanou procesní kapalinou. Optimální koncentrace pro většinu procesních kapalin se pohybuje v rozmezí 6 – 10 %. Správnou hodnotu je nutné si ověřit u dodavatele nebo na technickém listu procesní kapaliny. Voda s koncentrátem by měla být smíchaná ještě před nalitím do nádrže. Při míchání nové dávky procesní kapaliny je nejlepší použít vodu z kohoutku. Minerální látky obsažené ve vodě umožní přilnutí olejů a aditiv. Míchání kapaliny proběhne nejlépe při nalévání koncentrátu do vody, jelikož koncentrát se snadno rozpustí. V opačném případě se voda shlukuje u sebe a nedojde k požadovanému smíchání.

Když je koncentrát ve správném poměru namíchán, tak je možno jej nalít do nádrže. V případě, že nádrž není dostatečně plná tak není možné ji doplnit pouze vodou. Voda přidaná do namíchané směsi by se nemusela správně emulgovat. Lepší způsob je vytvoření slabého koncentrátu – 1 %, kterým se doplní nádrž. Tímto slabým koncentrátem se docílí rovnoměrné promíchání se směsí, která již je v nádrži.

Za předpokladu, že je nádrž plná a dobře promíchaná, tak pomocí refraktometru se změří koncentrace procesní kapaliny. Po dobu 30 minut je vhodné nechat spuštěný systém chlazení, aby se dokončilo promíchání procesní kapaliny.

#### 7.1.1 Refraktometr

Refraktometr (Příloha 3) je velmi důležitý nástroj, který slouží ke kontrole správných vlastností procesní kapaliny. Bez refraktometru se nezměří koncentrace procesní kapaliny a není jasné, zda je příliš vysoká nebo nízká. Když se do kapaliny s vysokou koncentrací přidá ještě více koncentrátu, tak se sníží chladicí účinek a zároveň je to velká nevýhoda z ekonomického hlediska v podobě zbytečně využitého koncentrátu. V případě, že do procesní kapaliny s nízkou koncentrací není přidán dostatek koncentrátu, hrozí korodování stroje a součástí, zkrácení životnosti nástroje a špatné dokončování povrchu obrobku. Změření koncentrace refraktometrem eliminuje výše zmíněné problémy.

Před prvním použitím refraktometru je nutné jej vždy vynulovat a to tak, že se nastaví referenční hodnota vody, která se bude používat k přípravě procesní kapaliny. Umístěním několika kapek na zobrazovací hranol a následným nastavováním šroubu pod hranolem se docílí vyrovnání rysky s nulou. Jakmile je referenční hodnota nastavena, tak je možné přejít k samotnému měření koncentrace. Odebraný vzorek bude umístěn na zobrazovací hranol a ryska se zvedne na hodnotu °Bx, která je v kapalině.

Refraktometr ukazuje hodnotu ve stupnici 0 – 50 °Bx, která značí obsah cukru. Refraktometru se také se mu říká brixmetr. Tato hodnota není vždy stejná jako skutečná koncentrace procesní kapaliny, je nutné vzít v úvahu převod, který bývá na technickém listu a dle něj přepočítat hodnotu °Bx na skutečnou koncentraci.

### 7.1.2 Testovací pásky kvality vody

Testovací pásky kvality vody (Příloha 4) lze použít ke kontrole hodnoty pH a tvrdosti vody v procesní kapalině. Přijatelná hodnota pH je v rozmezí 8 – 10. Hodnoty nižší než 7 indikují slabou koncentraci kapaliny, ve které je zvýšené riziko koroze a kontaminace bakteriemi. Tvrdost vody je vhodná v rozmezí 150 – 400 ppm pro většinu kapalin. Vyšší hodnoty indikují zvýšené riziko koroze a kontaminace bakteriemi. Při nadměrné tvrdosti vody zároveň roste pravděpodobnost oddělení vody od koncentrátu.

Jak se může hodnota tvrdosti dostat na tak vysokou hodnotu? V průběhu času se voda v procesní kapalině odpařuje, a kdyby byla použita voda z kohoutku, tak tvrdé minerální látky obsažené ve vodě by se neodpařily. Při každém dalším doplnění nádrže vodou z kohoutku by se do směsi přidala nová dávka minerálů a po několika cyklech odpaření a doplnění by v nádrži byla plná nádrž minerálů a chladicí kapalina by měla nevhodné složení. Při doplňování nádrže je doporučeno používat demineralizovanou vodu.

### 7.1.3 Testování přítomnosti bakterií

Pokud je pravidelně měřena koncentrace a kvalita vody, tak by nemělo dojít k zamoření bakteriemi. Pokud tomu bude naopak, tak se kapalina v nádrži může proměnit v hnědou, zápachající hmotu, kde je velké riziko, že v ní budou přítomné bakterie. V takovém případě je vhodné provést test na přítomnosti bakterií v nádrži. Sada pro testování přítomnosti bakterií by měla být připravena v každé společnosti, kde se procesní kapaliny používají. Odebraný vzorek kapaliny by měl odstát několik dní. V případě, že test bude pozitivní a nádrž je tak zamořena jsou dvě možnosti. První možnost je vyprázdnění nádrže a naplnění nové dávky. Druhá možnost je přidání biocidu do kapaliny. Jelikož jsou biocidy nebezpečné chemikálie, tak je vhodnější první varianta.

## 7.2 Doplnování procesních kapalin

Jelikož kvůli vypařování a určitým ztrátám v pracovním prostoru stroje dochází k úniku procesních kapalin, tak je nutné doplňovat jejich stav. Doplnění může probíhat ručním přidáním koncentrátu smíchaným s demineralizovanou vodou nebo automatickým smícháním pomocí automatického mixéru, který bývá hned vedle stroje. Skládá se z nádrže s koncentrátem, směšovacím ventilem (Venturiho ventil) a připojení vody. Veškeré míchání probíhá automaticky a nastavení požadované koncentrace probíhá na obrazovce stroje, kde se jednoduše nastaví požadovaná hodnota. Systém řízení má zabudovaný snímač hladiny a nemůže dojít k přeplnění nádrže.

## 7.3 Čištění procesních kapalin

Nežádoucí účinkem jsou nečistoty, které se dostávají do kapaliny. Mají vliv na kvalitu obrobené plochy a snižují trvanlivost břitu. Dokonalá filtrace a čištění nádrže s procesní kapalinou dokáže těmto problémům předcházet. Především u operace broušení je nutné mít kapalinu čistou, jinak jsou do pórů brousícího kotouče zaneseny nečistoty a ty snižují jakost obrobené plochy a průtok procesní kapaliny brousícím kotoučem. Nejjednodušším způsobem čištění procesní kapaliny je její usazení. Usazování ale probíhá velmi pomalu a většinou je na to potřeba celý den, jelikož jemné nečistoty se usazují déle než hrubé, které se usadí během pár minut [7].

Magnetické filtry odstraňují kovové nečistoty a rozdělují se na průtokové a rotační. Elektromagnetické rotační filtry mají výkon 40 až 50 l/min. Tyto filtry ale nedokážou vyčistit veškeré kovové nečistoty a proto jsou často přidávány i filtry mechanické [7].

U povrchových mechanických filtrů se nečistoty zachycují na povrchu filtračního materiálu, kterým je filtrační papír, plátno nebo síťka. Výkon těchto filtrů je až 100 l/min. Filtrační papír dokáže zachytit nečistoty, které jsou větší než 1  $\mu\text{m}$ . Plátna, která jsou vyrobena z umělých látek, mají vyšší účinnost [7].

Tam, kde je větší počet obráběcích strojů je účinné použít centrální rozvod s homogenním druhem procesní kapaliny. Centrální čištění je snazší a jednodušší pro obsluhu i provoz výroby. Kontrola procesní kapaliny probíhá jednodušeji, jelikož je jednodušší zkontrolovat jednu centrální nádrž, než kontrolovat všechny nádrže u všech strojů [7].

### 7.3.1 Čištění třísek

Na povrchu třísek se usazuje velký objem procesních kapalin. Celkové množství zachycené na tříse závisí na typu třísek a na typu procesní kapaliny. Z důvodu odkupu třísek je nutné je odstranit od zbylé procesní kapaliny. Je možné použít odstředivé zařízení, zvaného centrifuga, nebo briketovací lisu, kde dochází k drcení třísek, následnému oddělení od kapalin magnetickým separátorem a následných zbriketováním do různých tvarů.

Při aktuálním trendu, který je zaměřen na minimalizaci nákladů na recyklaci třísek a na manipulaci a skladování jsou tyto zařízení vhodné pro výrobu.

### 7.3.1 Čištění nádrže

V nádrži mohou být usazeny zbytky oleje, minerálních látek nebo dokonce třísky z obrábění, které jsou vhodným prostředím pro šíření olejových bakterií. Když jsou na hladině usazené zbytky olejů, které se do nádrže dostaly ze stroje a je zapotřebí je odstranit, tak mohou být odstraněny pomocí utěrek absorbujících olej. Položená utěrka na hladině do sebe nasaje jak kapalinu, tak olej, proto se musí vyždímat nad nádrží. Nasáklé utěrky olejem se mohou vznítit, a proto se nesmí vyhodit do běžné odpadu. S utěrkami je nutné zacházet v bezpečnostním oblečení a ochrannými brýlemi.

Pomocí mřížkované lopatky se zkontroluje, zda v nádrži jsou třísky. Pomocí lopatky se vyberou ven. Třísky v nádrži mohou zvednout dno a tím docílit nepřesného měření výšky hladiny procesní kapaliny v nádrži.

Pokud je kapalina označena za nepoužitelnou a kontaminovanou, tak je nutné ji zlikvidovat. Nejprve musí být kapalina vyčerpána z nádrže a to pomocí čerpadla, může být použito ruční. Konec sacího potrubí čerpadla je opatřen sítkem, aby se do čerpadla nedostaly třísky. Je nutné vyčistit celou nádrž od oleje, včetně krycích panelů, aby nedošlo k opětovné kontaminaci při vytvoření nové kapaliny.

Kontaminace kapalin bakteriemi zvyšuje pravděpodobnost, že i jiné části chladicího systému stroje jsou kontaminované. Tyto špatně přístupná místa se vyčistí silným alkalickým čističem, který nalejeme do prázdné nádrže. Pokud by došlo k naplnění nádrže bez vyčištění celého chladicího systému, tak by během čtyř dní byla kapalina opět kontaminovaná na stejné úrovni. Chladicí systém se silným alkalickým čističem je nutné mít v provozu alespoň dvě hodiny. Všechna čerpadla musí být zapnuta a použity veškeré hadice na stroji.



Alkalický roztok nesmí zůstat v systému, a proto musí být odčerpán. Následně musí být chladicí systém vyplachován 2 % roztokem procesní kapaliny po dobu alespoň půl hodiny. I tento roztok musí být z nádrže vyčerpán a až tehdy je nádrž připravena na doplnění nového roztoku procesní kapaliny.

## 7.4 Likvidace procesních kapalin

Pro likvidaci nepoužitelných procesních kapalin existují tři metody, a to chemicko-fyzikální způsob, membránová filtrace a destilace. Chemicko-fyzikální způsob likvidace je ekonomicky výhodný při zpracovávání velkého množství objemu kapalin. Tento způsob je však prostorově náročný a vyžaduje neustálý dohled personálu včetně nutnosti častého testování odebraných vzorků. Pokud se v odpadech vyskytnou těžké kovy, tak většinou není možné dosáhnout požadovaných limitů. Kvůli těmto nevýhodám je tento druh likvidace spíše pro společnosti, které se zabývají sběrem a likvidací procesních kapalin [42].

Druhým způsobem likvidace procesních kapalin, který se dá aplikovat přímo v dílně, kde vznikají, je membránová filtrace. Tato metoda má nejvyšší účinek při zajišťování konstantního složení zpracovávaných procesních kapalin, kdy je vybraná vhodná membrána pro daný typ znečištění. Problém nastává v momentě, kdy není konstantní složení odpadních kapalin [42].

Pro komplexní řešení likvidace odpadních kapalin v rámci podniku je určen třetí nástroj a to je atmosférická odparka (obr. 7.1). Tato technologie zvládne zpracovat kapaliny s měnícím se složením, jako jsou emulze, odmašťovací lázně, vody z mytí podlah atd. Tato metoda je ale ekonomicky náročná. Redukce kapalného odpadu je až 95 % přičemž cena za likvidaci zkoncentrované odpadní vody je v tomto případě nízká. Pořizovací cena odparky je vysoká a dále spotřeba energie na její provoz je taktéž vysoká. Pro velké společnosti se investice jistě vyplatí již po pár měsících [42].



Obr. 7.1 Atmosférická odparka ET 320 [42].

## 8 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

V následujících bodech je popsáno zhodnocení dle daných požadavků na obráběcí cyklus. Zhodnocení by mělo být provedeno z technické stránky i ekonomické.

### 8.1 Technické zhodnocení

Co se týče technického zhodnocení tak je důležité vzít v potaz požadavky kladené na obráběcí cyklus. V první řadě je potřeba posoudit vhodnost použití procesní kapaliny z hlediska operace obrábění. Dále je důležité vzít v úvahu obráběný materiál a materiál nástroje. Například frézování litin lze provádět bez procesních kapalin a je tedy zbytečné používání procesní kapaliny. Požadavky z hlediska operace obrábění a z hlediska používaných materiálů jsou důkladně rozebrány v kapitole č. 2. V tabulce č. 2.1 je znázorněno, jaká procesní kapalina je použita v závislosti na použité technologii obrábění.

Při volbě, zda použít procesní kapalinu, nebo ne, je důležité zvážit fakt, jakou má mít procesní kapalina úlohu v obráběcím cyklu. Takže je důležité zvážit, zda je třeba nástroj chladit, kvůli vznikajícímu teplu. V případě vznikajícího tření mezi nástrojem a obrobkem je vhodné použít procesní kapalinu, která vytvoří mazací vrstvu a tím sníží tření mezi nástrojem a obrobkem. Dále je potřeba vyhodnotit, zda je potřeba použití procesní kapaliny kvůli odvodu třísek a jiných nečistot z místa řezu.

Dalším aspektem volby jsou řezné podmínky, sem patří například rychlost obrábění. Emulze je možné použít pro vyšší řezné rychlosti, přičemž oleje mají omezení z hlediska jejich možnosti vzplanutí při vysoké rychlosti. Při vysokorychlostním obrábění (HSM – high speed machining) se procesní kapaliny taktéž nepoužívají. Obráběcí proces je tak rychlý, že se nástroj nestihne ohřát a není potřeba jej chladit.

Důležité je také zvážit, zda je možné zajistit dostatek prostoru pro skladování a provoz zařízení spojených s používáním procesních kapalin. V případě nedostatku místa není vhodné pořizovat procesní kapalinu.

### 8.2 Ekonomické zhodnocení

Negativní pohled na procesní kapaliny vrhá ekonomické hledisko. Celkové náklady na procesní kapaliny při výrobě se odhadují na 17 %. Samotná koupě procesní kapaliny se odhaduje na 5 %, přičemž zbylých 12 % se odhadují na provoz a následné prodloužení životnosti kapalin. Mezi náklady na procesní kapaliny se řadí:

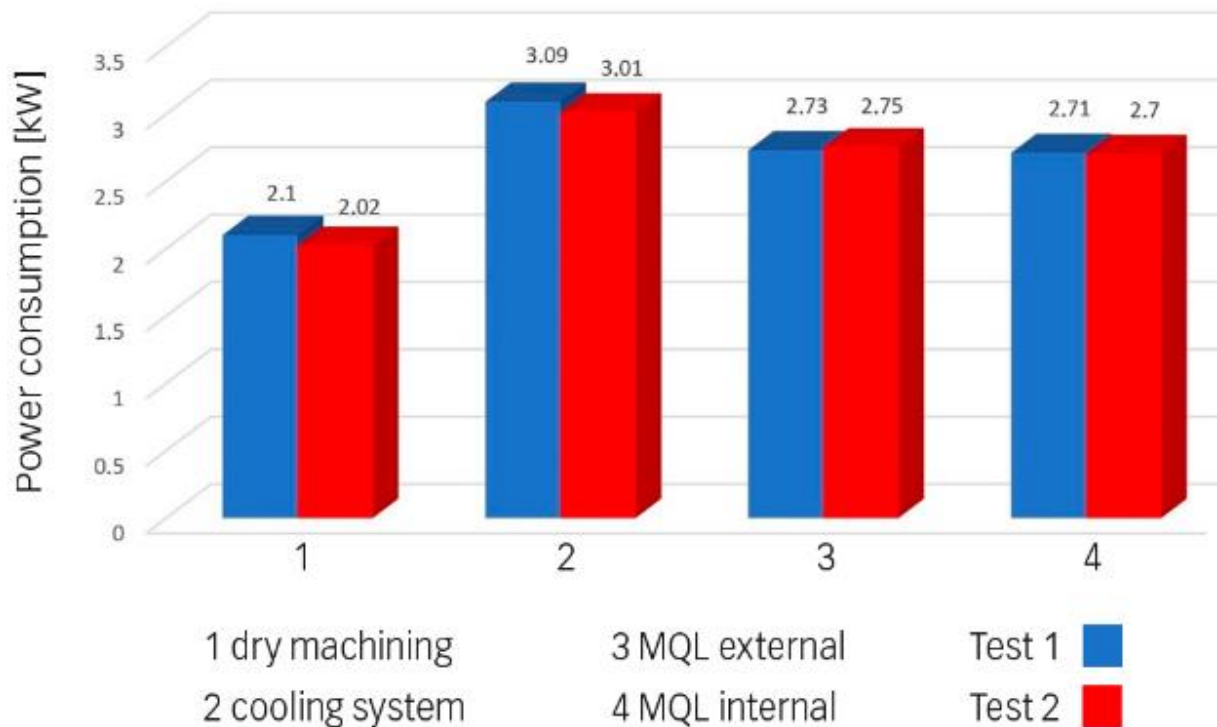
- náklady na pořízení,
- náklady na energetický provoz,
- náklady na sledování kapalin,
- náklady na čisticí zařízení,
- náklady na likvidaci kapalin.

**Náklady na pořízení** – v této části jsou zahrnuty náklady na pořízení procesní kapaliny a následný dovoz.

**Náklady na energetický provoz** – z pohledu energetického je značný rozdíl mezi použitím procesní kapaliny a obráběním za sucha. Jedná se o náklady potřebné



k provozu všech zařízení spojených s procesními kapalinami. Na obr. 7.1 je znázorněna spotřebovaná energie v závislosti použití procesní kapaliny – procesní kapalina, MQL interní, MQL externí a za sucha. Z grafu lze vyčíst, že při obrábění za sucha je úspora spotřeby energie. Úspora mezi MQL a konvenčním chlazením není tak rozdílná. Jedná se ale pouze o úhel pohledu. Z pohledu na roční spotřebu může být rozdíl znatelný [37].



Obr. 7.1 Graf závislosti spotřeby energie [37].

**Náklady na sledování kapalin** – jedná se o náklady na sledování a pravidelné kontroly kapalin. Následně zde jsou zahrnuty náklady na laboratorní kontroly.

**Náklady na čisticí zařízení** – zde jsou zahrnuty náklady na filtraci procesních kapalin a další údržby.

**Náklady na likvidaci kapalin** – jsou to veškeré náklady na odloučení oleje od zbytku kapaliny a následnou likvidaci.

Následně je důležité vzít v potaz náklady na výměnu procesní kapaliny, jelikož kapalina se může znečistit a dojít tak k její znehodnocení. V případě výměny během provozu je důležité započítat i prostoj výroby.

V důsledku odpařování, rozprašování (ztráty) a ulpívání procesních kapalin na tříse je nutné započítat i doplňování procesních kapalin.

---

## 9 DISKUZE

V rámci diskuze bude rozebráno pár důležitých bodů. Jedná se o otázku obrábění za sucha v porovnání s obráběním s procesní kapalinou. Nejvíce používané druhy kapalin a dále bude rozebraný možný vývoj procesních kapalin do budoucna a jejich vzrůstající význam při obrábění. Následně budou popsány osobní zkušenosti autora a procesní kapaliny na trhu práce.

### 9.1 Obrábění s procesní kapalinou v porovnání s obráběním za sucha

Každý výrobek má určité požadavky na technologii výroby. Ať se jedná o požadavky na kvalitu výrobku nebo se jedná o ekonomické požadavky, aneb jeho cena výroby. V každém případě je důležité udělat technicko-ekonomické zhodnocení a dle něj zvolit technologii výroby.

V případě hlubšího rozhodování, zda zvolit procesní kapalinu nebo nikoliv je vhodné zvážit fakt, zda je potřeba řezný proces chladit, mazat, čistit od třísek, zvýšit trvanlivost bříty, zvýšit kvalitu opracované plochy. V případě, že ano a jsou na procesní kapalinu vhodné podmínky a to skladování, přívod a finance na její pořízení, tak je vhodné ji pořídit. V případě pořízení procesní kapaliny je potřeba zvážit ekonomické náklady, ať se jedná o pořízení, náklady na údržbu, nebo o náklady na přívod energie. Zvýšená spotřeba energie je uvedena na obr. 7.1.

### 9.2 Jaké druhy procesních kapalin se nejvíce používají

V současné době se nejvíce používají obráběcí emulze, odhad z celkového množství procesních kapalin je 75 % všech obráběních aplikací. Na druhém místě jsou aplikovány řezné oleje a jejich uplatnění se pohybuje kolem 20 % aplikací. Zbýlých 5 % jsou aplikace mikro mazání – MQL, kde se jedná o oleje s vysokou schopností mazat a jejich spotřeba je odhadem 15 ml/min, spíše méně. Odpadá však jejich schopnost chlazení a odvod třísek.

### 9.3 Směr vývoje a spotřeba procesních kapalin

Některé nové technologie, nové techniky a nové materiály nahradí nutnost používání procesních kapalin. Stále se ale předpokládá, že výroba procesních kapalin bude růst. Vývoj procesních kapalin je v největší míře situován v Číně, která spotřebuje 40 % z celkového množství procesních kapalin. Celosvětová roční spotřeba procesních kapalin se odhaduje na 2 miliardy litrů. Odpad však může být až desetkrát větší s ohledem na to, že procesní kapaliny se před použitím ředí vodou.

Minerální oleje, jakožto základ řezných olejů, obsahují řadu balastních složek, které negativně ovlivňují některé jejich vlastnosti a při vývoji nových typů základových olejů je snahou se těchto nežádoucích složek zbavit. Dále je snaha zužitkovat některé další složky získané destilací ropy, pro které dosud nebylo nalezeno vhodné použití.

### 9.4 Osobní zkušenosti autora

Autor měl možnost se dostat do styku s procesní kapalinou. Jednalo se o procesní kapalinu používanou k výuce studentů v rámci praktické činnosti během výuky. Dále měl možnost se setkat s kapalinami používanými při výrobě různé kusové výroby. Procesní kapalina Spirit WBF 5400 se používala při rovinném

---

broušení, kde se využívalo její antikorozi ochrany, smáčecí a chladicí vlastnosti. Bezpečností a technický list této emulze je v příloze č. 1 a 2. Druhá kapalina, se kterou se dostal do styku, se jmenuje Hysol T 15. Tato emulze byla používána při soustružení a také u vrtání oceli. Jedná se o víceúčelovou obráběcí kapalinu. Kapalina má dobré antikorozi vlastnosti, dobré chladicí vlastnosti a je nenáročná na údržbu.

## 9.5 Výrobci procesních kapalin na trhu

Na celém trhu procesních kapalin existují stovky výrobců procesních kapalin. Na západním trhu se nejvíce pohybuje Exxon Mobil, Valvoline, ConocoPhillips a další. V rámci východního trhu se jedná o společnosti Petrochina, Sinopec, Nippon Oil, Idemitsu a další. V rámci evropy jsou v popředí používání firmy Shell, Fuchs, Total, Lukoil, Yukos, Repsol, Agip a další.

V České republice mají největší uplatnění na trhu Shell, Fuchs, Total, Agip, Chevron a Cimcool.

---

## ZÁVĚR

Bakalářská práce byla zaměřena na vlastnosti a rozdělení procesních kapalin, jejich základní funkce a vliv na obráběcí cyklus. Z poznatků při studia teoretických částí, které jsou obsaženy v této práci a charakterizují chování procesních kapalin, byly vyvozeny následující závěry:

- na trhu se uplatňují vodou mísitelné kapaliny a řezné oleje,
- při volbě procesní kapaliny je důležité zvážit, pro kterou operaci je kapalina potřeba,
- při obrábění PCD a CBN není použití procesní kapaliny nutné,
- použití procesních kapalin se projevuje zlepšením kvality obrobeneho povrchu a rozměrové přesnosti,
- procesní kapaliny mají vliv na snížení teploty řezného procesu,
- využití procesních kapalin je nezbytné u velmi přesných výrobků,
- celkové opotřebení nástroje lze snížit použitím procesní kapaliny, za předpokladu, že řezný nástroj je z materiálu, který potřebuje chladit,
- při broušení je nutné použití procesní kapaliny, kvůli jejímu chladicímu účinku,
- snížení řezné síly lze docílit použitím procesní kapaliny,
- přívod procesní kapaliny je vhodné zvolit dle dostupných možností, například u vrtání se ve valném případě volí vnitřní přívod kapaliny,
- obrábět se dá i bez procesních kapalin, použití závisí na konkrétních podmínkách obrábění,
- s použitím metody MQL dochází k úspoře procesní kapaliny za sníženého chladicího účinku,
- trend vývoje se ubírá směrem ekologické a zdravotní nezávadnosti,
- nádrž na procesní kapalinu je nutné udržovat v čistotě,
- před pořízením procesní kapaliny je důležité udělat technicko-ekonomické zhodnocení a vyhodnotit, zda je kapalina potřeba a který druh,
- použití procesních kapalin má zvyšující se trend,
- procesní kapaliny mají největší odbyt v Číně.

S příchodem nových nástrojových materiálů se odstraňuje použití procesní kapaliny, ale při dokončovacích operacích nebo při operacích s vysokou kvalitou povrchu je použití procesních kapalin nezbytnou součástí obráběcího cyklu.

---

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. ISBN 80-214-2374-9.
2. KOČMAN, Karel. *Technologie obrábění*. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-3068-0.
3. KAY, J. M. and R. M. NEDDERMAN. *Fluid mechanics and transfer processes*. New York, N. Y.: Cambridge University Press, 1985. ISBN 9780521316248.
4. BAWA, H. S. *Manufacturing processes*. New Delhi: Tata McGraw-Hill, 2004. ISBN 9780070535251.
5. BARTOVSKÁ, Lidmila a Marie ŠIŠKOVÁ. *Fyzikální chemie povrchů a koloidních soustav*. Vyd. 5., přeprac. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2005. ISBN 80-7080-579-x.
6. LAW, Kock-Yee and ZHAO Hong. *Surface Wetting* [online]. Cham: Springer International Publishing, 2016 [cit. 25. 2. 2018]. ISBN 978-3-319-25212-4.
7. KOČMAN, Karel. *Aktuální příručka pro technický úsek: Svazek 7. Obrábění*. Praha: Dashöfer, 2001. ISBN 9788090224728.
8. DE VOS, Patrick. Příručka pro technology: Není teplota příliš vysoká nebo nízká? *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2012 (5) [cit. 26. 2. 2018]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/prirucka-pro-technology-neni-teplota-prilis-vysoka-nebo-nizka.html>
9. MANG, Theo a DRESEL Wilfried. *Lubricants and lubrication*. 2017. Weinheim: Wiley-VCH, 2017. 1262 s. ISBN 978-3-527-32670-9.
10. NĚMEC, Pavel a Luboš KREČÍK. Šetrné procesní kapaliny pro obrábění kovů. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2013 (10) [cit. 28. 02. 2018]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/setrne-procesni-kapaliny-pro-obrabeni-kovu.html>
11. ŘASA, Jaroslav a Vladimír GABRIEL. *Strojírenská technologie 3*. Praha: Scientia, 2000. ISBN 80-7183-207-3.
12. KRÍŽ, Petr. Řezné oleje pro extrémní výkony. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2006(3) [cit. 1. 3. 2018]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/rezne-oleje-pro-extremni-vykony.html>
13. MANG, Theo, ed. *Encyclopedia of lubricants and lubrication*. Berlin: Springer Reference, 2014. ISBN 978-3-642-22646-5.
14. RUDNICK, Leslie R., ed. *Synthetics, mineral oils, and bio-based lubricants: chemistry and technology*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2013. Chemical industries. ISBN 978-1-4398-5537-9.
15. TOTTEN, George E., WESTBROOK, Steven R. and SHAH, Rajesh J. *Fuels and lubricants handbook: technology, properties, performance, and testing*. 2nd printing. West Conshohocken, Pa: ASTM International, 2003. ISBN 9780803120969.
16. SANDVIK COROMANT. Příručka obrábění. 1. vyd. Brno: Sandvik CZ, s. r. o., 1997. ISBN 91-97 22 99-4-6.

17. RUŽIČKA, P. Požadavky na obráběcí kapaliny z hlediska typů obráběcích operací, materiálů a provozních podmínek. *Tribotechnika* [online]. 2010 (2) [cit. 6. 3. 2018]. Dostupné z: <http://www.tribotechnika.sk/tribotechnika-22010/pozadavky-na-objrabeci-kapaliny-z-hlediska-typu-objrabecich-operaci-materialu-a-provoznich-podminek.html>
18. KOČMAN, Karel. *Speciální technologie: obrábění*. 3. přeprac. v dopl. vyd., V Akademickém nakladatelství CERM 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2562-8.
19. YAN, Pei, RONG, Yiming and WANG, Gang. The effect of cutting fluids applied in metal cutting process. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* [online]. Dostupné z: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0954405415590993>
20. VARADARAJAN, A. S., PHILIP, P. K., Ramamoorthy B. Investigations on hard turning with minimal cutting fluid application (HTMF) and its comparison with dry and wet turning. *International Journal of Machine Tools and Manufacture* [online]. 2002 (1) [cit. 2. 3. 2018]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0890695501001195>
21. ISIK, Yahya. An Experimental Investigation on Effect of Cutting Fluids in Turning with Coated Carbides Tool. *Journal of Mechanical Engineering* [online]. 2010 (3) [cit. 12. 3. 2018]. Dostupné z: [http://www.svjme.eu/?ns\\_articles\\_pdf=/ns\\_articles/files/ojs3/1474/submission/1474-1-1974-1-2-20171103.pdf&id=5923](http://www.svjme.eu/?ns_articles_pdf=/ns_articles/files/ojs3/1474/submission/1474-1-1974-1-2-20171103.pdf&id=5923)
22. HUMÁR, Anton. TECHNOLOGIE I – TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 1. část. *ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE* [online]. 2003 [cit. 12. 3. 2018]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/objrabeni/opory-save/TI\\_TO-1cast.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/objrabeni/opory-save/TI_TO-1cast.pdf)
23. KAFKA, Jindřich a Martin VRABEC. *Technologie obrábění: návody ke cvičení*. Vyd. 3. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 1995. ISBN 80-01-03434-8.
24. PRAMET TOOLS, s.r.o., ČR. Příručka obrábění 2004. [online]. [cit. 13. 3. 2018]. Dostupné z: [http://www.isstechn.cz/objekty/prirucka\\_objrabeni.pdf](http://www.isstechn.cz/objekty/prirucka_objrabeni.pdf)
25. TÖNSHOFF, H.K., ARENDT, C. and R. BEN AMOR. Cutting of Hardened Steel CIRP. *Annals* [online]. 2000 [cit. 12. 3. 2018]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007850607634556>
26. DVOŘÁK, Luděk. Rozhodující je použití efektivního chlazení. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2014 (2) [cit. 17. 3. 2018]. Dostupné z: [www.mmspektrum.com/clanek/rozhodujici-je-pouziti-efektivniho-chlazení.html](http://www.mmspektrum.com/clanek/rozhodujici-je-pouziti-efektivniho-chlazení.html)
27. PITKÄNEN, Tommy. Nástroje se směrovaným přívodem chladicí kapaliny pod vysokým tlakem. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2013 (9) [cit. 17. 3. 2018]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/novinka/nastroje-se-smerovanim-privodem-chladici-kapaliny-pod-vysokym-tlakem.html>
28. BRYCHTA, Josef. *Technologie II*. Ostrava: VŠB – Technická Univerzita Ostrava, 2008. ISBN 978-80-248-1641-8.
29. CHARVÁT Group s.r.o LOC - LINE FLEXI: Hadice pro chladicí kapaliny. [online]. 2018 (2) [cit. 17. 3. 2018]. Dostupné z: [https://www.charvat-chs.cz/wp-content/uploads/katalog\\_loc\\_line\\_flexi.pdf](https://www.charvat-chs.cz/wp-content/uploads/katalog_loc_line_flexi.pdf)



- 
30. PAGÁČ, Marek. Kennametal vyvinul nové vrtací korunky ze slinutých karbidů. *Konstruktér* [online]. 2017 (10) [cit. 17. 3. 2018]. Dostupné z: <https://www.konstrukter.cz/2017/10/12/kennametal-vyvinul-nove-vrtaci-korunky-ze-slinutych-karbidu/>
  31. SANDVIK COROMANT. High pressure coolant machining for better productivity and results. *Metaal Magazine* [online]. 2010 (6) [cit. 19. 3. 2018]. Dostupné z: <https://www.metaalmagazine.nl/wp-content/uploads/2012/09/C-1040-091.pdf>
  32. NOVÁK, Zdeněk. EMO Hannover 2013, část 3 - řezné nástroje. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2013 (11) [cit. 19. 3. 2018]. Dostupné z: <http://firmy.mmspektrum.com/clanek/emo-hannover-2013-cast-3-rezne-nastroje.html>
  33. POLZER, Aleš. Akademie CNC obrábění (12). *Technický týdeník* [online]. 2009 (7) [cit. 19. 3. 2018]. Dostupné z: [https://www.technickytydenik.cz/rubriky/serialy/akademie-cnc/akademie-cnc-obrabeni-12\\_8547.html](https://www.technickytydenik.cz/rubriky/serialy/akademie-cnc/akademie-cnc-obrabeni-12_8547.html)
  34. KURGIN, Sheri, DASCH, Jean M., SIMON, Daniel L., BARBER, Gary C. and ZOU, Qian. Evaluation of the convective heat transfer coefficient for minimum quantity lubrication (MQL). *Industrial Lubrication and Tribology* [online]. 2012 [cit. 20. 3. 2018]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1108/00368791211262516>
  35. The benefits of dry machining. *The Engineer* [online]. 2016 (10) [cit. 27. 3. 2018]. Dostupné z: <https://www.theengineer.co.uk/the-benefits-of-dry-machining/>
  36. HOFMANN, Petr. Obrábění za sucha ano či ne?. *MM Průmyslové Spektrum* [online] 2001 (11) [cit. 27. 3. 2018]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/obrabeni-zasucha-ano-ci-ne.html>
  37. Minimum Quantity Lubrication Reduces Total Costs of Operation. *Tribonet* [online]. 2017 (11) [cit. 27. 3. 2018]. Dostupné z: <http://www.tribonet.org/enough-is-enough/>
  38. SCHWARZ, Marián, DADO Miroslav, HNILICA Richard, VEVERKOVÁ Darina. Environmental and Health Aspects of Metalworking Fluid Use. *Polish Journal of Environmental Studies* [online]. 2015 [cit. 5. 4. 2018]. Dostupné z: <https://www.pjoes.com/pdf/24.1/Pol.J.Enviro.Stud.Vol.24.No.1.37-45.pdf>
  39. Metalworking Fluids. *Canadian Centre for Occupational Health and Safety* [online]. 2014 (4) [cit. 5. 4. 2018]. Dostupné z: [https://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/metalworking\\_fluids.html](https://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/metalworking_fluids.html)
  40. EUR-Lex - 32006R1907R(01). *EUR-Lex - Access to European Union law - EN* [online]. 2006 (12) [cit. 6. 4. 2018]. Dostupné z: [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32006R1907R\(01\)](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32006R1907R(01))
  41. CHENG Christina, PHIPPS David, ALKHADDAR Rafid M. Treatment of spent metalworking fluids. *ScienceDirect* [online]. 2005 (8) [cit. 6. 4. 2018]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135405003970?via%3Dihub>
  42. MELKA, Lukáš. Problémy s likvidací procesních vod se vypaří. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2012 (11) [cit. 6. 4. 2018]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/problemy-s-likvidaci-procesnich-vod-se-vypari.html>
-

- 
43. *Prodej olejů – motorové oleje a maziva* [online]. [cit. 10. 4. 2018]. Dostupné z: <https://www.prodejoleju.cz/total-5/total-spirit-wbf-5400-208l-1/>
  44. *Internetové prezentace Měřicí a Optické přístroje Elty* [online]. Altermedia ©2001 [cit. 10. 4. 2018]. Dostupné z: <https://www.merici-opticke-pristroje.cz/refraktometr-mereni-provoznich-kapalin-automobilu>
  45. Precision Laboratories [online]. Precision Laboratories: ©2017 [cit. 10. 4. 2018]. Dostupné z: <https://preclaboratories.com/product/aquarium-test-strips-5-pad/>
  46. *Indiamart – CNC Cutting Oil* [online]. 1996 [cit. 10. 4. 2018]. Dostupné z: <https://www.indiamart.com/proddetail/cnc-cutting-oil-3382696330.html>
  47. TRUCKER, Kevin. Oli mist collection systems for metalworking fluids. *Flow control* [online] 2017 (5) [cit. 10. 4. 2018]. Dostupné z: <https://www.flowcontrolnetwork.com/2017/05/22/oil-mist-collection-systems-metalworking-fluids/>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
CBN	-	Kubický nitrid bóru
EP	Pa	Extreme pressure – tlaková únosnost
HS	-	High speed – Vysokorychlostní
HSM	-	High speed machining – Vysokorychlostní obrábění
MQL	-	Minimum quantity lubrication – minimální množství maziva
PCD	-	Polykrystalický diamant
Bx	%	obsah cukru
ppm		parts per million – díl na jeden milion
$Q_e$	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
$Q_\alpha$	J	teplo vzniklé v oblasti tření hřbetu nástroje po obrobené ploše
$Q_\gamma$	J	teplo vzniklé v oblasti tření třísky po čele nástroje
$\theta$	°	úhel smáčení

## SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Technický list procesní kapaliny Spirit WBF 5400
- Příloha 2 Bezpečnostní list procesní kapaliny Spirit WBF 5400
- Příloha 3 Refraktometr
- Příloha 4 Testovací pásy kvality vody

## Technický list procesní kapaliny Spirit WBF 5400 [43]

**SPIRIT WBF 5400**

Víceúčelová mikroemulze bez obsahu chlóru, bóru a přísad uvolňujících formaldehyd

**POUŽITÍ**

Víceúčelová obráběcí mikroemulze pro obtížné kovoobrábění

- **SPIRIT WBF 5400** je doporučená obráběcí emulze pro provozy s různými typy obráběcích operací a obráběných materiálů.
- Obzvláště vhodná emulze pro náročné obráběcí procesy.
- **SPIRIT WBF 5400** je emulze pro obrábění železných i neželezných materiálů.
- **SPIRIT WBF 5400** dává velmi dobré výsledky při rovinném, válcovém a bezhrotém broušení.
- Doporučené koncentrace :
  - broušení : 4%
  - mírně náročné obrábění : 5 až 7%
  - obtížné obrábění : 6 až 9%

**SPECIFIKACE**

ISO 6743/7

- ISO – L – MAE

**VÝHODY**

Výborné provozní parametry

- Výborná antikorozivní ochrana obráběcích strojů a obrobků.
- Velmi široký rozsah použitelnosti.
- Výborné smáčecí a chladicí vlastnosti.
- Velmi jednoduché použití : smíchání **SPIRIT WBF 5400** s vodou dobré kvality.
- Vynikající stabilita umožňující prodloužení výměnného intervalu.
- Nepění.
- Účinná ochrana vůči bakteriálnímu růstu..

**OBSLUHA – ZDRAVÍ - BEZPEČNOST**

Nejedná se o nebezpečnou látku

- **SPIRIT WBF 5400** nevykazuje nepříjemné aroma, neobsahuje přísady uvolňující formaldehyd, bór, fenoly, nitráty, PTBB, chlór nebo DEA (diethanolamin).

Tech. parametry	METODY	JEDNOTKY	SPIRIT WBF 5400	
			koncentrát	5% roztok
Vzhled	Vizuální	-	Jasný, čirý	Opalescentní
Hustota při 15 °C	ISO 3675	kg/m <sup>3</sup>	979	
Kinemat. viskozita při 40°C	ISO 3104	mm <sup>2</sup> /s	27	
pH při 5%	NFT 60 193			9,5
Refraktometrický korekční faktor			1,2	

TOTAL LUBRIFIANTS  
562 avenue du Parc de l'île  
920 29 Nanterre CEDEX, FRANCE

SPIRIT WBF 5400  
10/2010



Při použití produktu pro účely pro něž byl navržen nehrozí žádná rizika. Výše uvedené charakteristiky udávají informativní hodnoty. Bezp. list je k dispozici u dodavatele.

## Bezpečnostní list procesní kapaliny Spirit WBF 5400 [43]



## B E Z P E Č N O S T N Í L I S T

podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006

Název přípravku: **SPIRIT WBF 5400** strana 1/14  
 Datum vyhotovení: 12. 03. 2012 verze: 2.00  
 Datum revize: 15. 05. 2012 č.bíl: 080000

**1 IDENTIFIKACE LÁTKY /SMĚSI A SPOLEČNOSTI/PODNIKU****1.1 Identifikátor výrobku**

Název SPIRIT WBF 5400  
 Identifikační číslo odpadá (není látka)  
 Registrační číslo odpadá (není látka)  
 Jiné prostředky identifikace: 1Z6  
 Látka /směs směs

**1.2 Příslušná určená použití látky nebo směsi a nedoporučená použití**

Určená použití Víceúčelová mikro-emulze pro obrábění

Nedoporučená použití neuvedeno

**1.3 Podrobné údaje o dodavateli bezpečnostního listu**

Dodavatel (Distributor) TOTAL ČESKÁ REPUBLIKA s. r. o.  
 Místo podnikání nebo sídlo Pobřežní 620/3, 186 00 Praha 8  
 Telefon +420 224 890 511  
 Email odborně způsobilé osoby za BL [msds@total.cz](mailto:msds@total.cz)

**1.4 Telefonní číslo pro naléhavé situace**

Nouzové telefonní číslo - nepřetržitě 224 919 293 nebo 224 915 402  
 Adresa Toxikologické informační středisko (TIS),  
 Na Bojišti 1, 128 08 Praha 2  
 Informace pouze pro zdravotní rizika akutní otravy lidí a zvířat

**2 IDENTIFIKACE NEBEZPEČNOSTI**

Celková klasifikace látky ve smyslu klasifikačních pravidel nařízení (ES) č. 1272/2008:

Směs není klasifikována jako nebezpečná.

**2.1 Klasifikace látky nebo směsi**

Klasifikace dle (ES) 1272/2008:	Kódy třídy a kategorie nebezpečnosti	Odpadá (není klasifikován)
	Kódy standardních vět o nebezpečnosti:	odpadá (není klasifikován)
Klasifikace dle 67/548/EHS	Klasifikace	Odpadá (není klasifikován)
	R-věty	Odpadá (není klasifikován)



## Bezpečnostní list procesní kapaliny Spirit WBF 5400 [43]



## B E Z P E Č N O S T N Í L I S T

podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006

Název přípravku: SPIRIT WBF 5400 strana 2/14  
 Datum vyhotovení: 12. 03. 2012 verze: 2.00  
 Datum revize: 15. 05. 2012 č.bí: 080000

## 2.2 Prvky označení

Spirit WBF 5400

Obsahuje : 3-jod-2-propinyl N-butyلكarbamat. Může vyvolat alergickou reakci

Výstražný symbol nebezpečnosti	odpadá
Signální slovo	odpadá
R – věty	odpadá
S- věty	odpadá

## 2.3 Další nebezpečnost

Nebezpečné účinky na zdraví:

Není klasifikován jako nebezpečný pro zdraví. Obsahuje : 3-jod-2-propinyl N-butyلكarbamat . Může vyvolat alergickou reakci

Nebezpečné účinky na životní prostředí:

Nevylévejte do přírodního prostředí.

Nejzávažnější nepříznivé účinky z hlediska fyzikálně – chemických vlastností :

Kontaminované povrchy mohou být kluzké.

## Bezpečnostní list procesní kapaliny Spirit WBF 5400 [43]



## B E Z P E Č N O S T N Í L I S T

podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006

Název přípravku: **SPIRIT WBF 5400** strana 3/14  
 Datum vyhotovení: 12. 03. 2012 verze: 2.00  
 Datum revize: 15. 05. 2012 č.bíl: 080000

Plné znění R-vět jsou uvedena v oddíle 16.

Plné znění H- vět jsou uvedena v oddíle 16.

**3 SLOŽENÍ / INFORMACE O SLOŽKÁCH**

**3.1 Látky**  
Odpadá

**3.2 Směsi**

Obsahuje minerálních oleje s obsahem polyaromatických uhlovodíků menším než 3% tj. s obsahem menším než 3% látek rozpustných v DMSO, měřeným metodou IP 346.

Vodný roztok.

<u>Chemický název</u>	<u>Identifikační čísla</u> CAS ES Index. Číslo Registrační	<u>Koncentrace</u> (obsah %)	<u>Klasifikace dle</u> <u>GHS 67/548)</u>	<u>Klasifikace dle nař.</u> <u>1272/2008 (CLP)</u>
Ethoxylované alkoholy	nevedeno	< 10	Xi; R38	nevedeno
2-(2-butoxyethoxy)ethanol	112-34-5 203-961-6 603-096-00- 8 nevedeno	< 5	Xi; R36	Eye Irrit. 2 (H319)
Poly(oxy-1, 2-ethanediyl), a-[2-[(1-oxo-9- octadecenyl)amino]ethyl]- ?-hydroxy	26027-37-2 nevedeno Nevedeno nevedeno	< 5	Xi; R36	nevedeno
3-jod-2-propinyl- butylkarbamát	55406-53-6 259-627-5 nevedeno nevedeno	< 0,25	Xn; R20/22; Xi; R41 N; R50	nevedeno

**4 POKYNY PRO PRVNÍ POMOC**

**4.1 Popis první pomoci**

## Bezpečnostní list procesní kapaliny Spirit WBF 5400 [43]



## B E Z P E Č N O S T N Í L I S T

podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006

Název přípravku:	<b>SPIRIT WBF 5400</b>	strana 4/14
Datum vyhotovení: 12. 03. 2012	verze: 2.00	
Datum revize: 15. 05. 2012		č.bl: 080000

Při obvyklém použití přípravku není okamžitá lékařská pomoc nutná. Požaduje se jen v případě, dosáhnou-li příznaky určitého stupně, podle údajů v odstavcích 4.3 až 4.6; je symptomatická.

**Při zasažení očí** - Odstraňte kontaktní čočky, pokud je postižený používá. Při otevřených víčkách a nejméně 15 minut vyplachujte – zejména prostory pod víčky - čistou pokud možno vlahou tekoucí vodou. Vyhledejte (odbornou) lékařskou pomoc, zejména přetrvává-li bolest, nebo zarudnutí očí.

**Při styku s kůží** - Odložte kontaminovaný oděv a obuv. Umyjte zasažené části pokožky pokud možno teplou vodou a mýdlem a dobře opláchněte. Při známkách silného podráždění (zarudnutí pokožky) nebo jsou-li známky poškození pokožky, vyhledejte lékařskou pomoc.

**Při nadýchání** –Přerušete expozici a dopravte postiženého na čerstvý vzduch a zajistěte tělesný i duševní klid. Nenechte jej prochladnout. Má-li dýchací potíže, vyhledejte lékařskou pomoc.

**Při požití** - Ústa vypláchněte vodou (pouze za předpokladu, že postižený je při vědomí a nemá-li křeče); nevyvolávejte zvracení. Neprodleně vyhledejte lékařskou pomoc a ukažte štítek popř. obal přípravku nebo tento bezpečnostní list.

#### 4.2 Nejdůležitější akutní a opožděné symptomy a účinky

**Při zasažení očí** – Není klasifikován.

**Při styku s kůží** - Není klasifikován . Obsahuje sensibilující látku. Může vyvolat alergickou reakci

**Při nadýchání** – Není klasifikován. Při inhalaci může dojít k dráždění sliznic dýchacích cest. Podle výše expozice se mohou objevit bolesti hlavy, ospalost, nevolnost, závratě.

**Při požití** – Není klasifikován. Může vyvolat podráždění zažívacího traktu provázené bolestmi břicha a nevolností; může se objevit i zvracení a průjem.

#### 4.3 Pokyny týkající se okamžité lékařské pomoci a zvláštního ošetření

Specifické prostředky nejsou nutné.

### 5 OPATŘENÍ PRO HAŠENÍ POŽÁRU

#### 5.1 Hasiva

Vhodná hasiva – Pěna, práš. hasivo., oxid uhličitý.

Nevhodná hasiva - Vodní proud; (možno použít pouze k chlazení obalů s přípravkem v blízkosti požáru)

## Bezpečnostní list procesní kapaliny Spirit WBF 5400 [43]



TOTAL

## B E Z P E Č N O S T N Í L I S T

podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006

Název přípravku:	<b>SPIRIT WBF 5400</b>	strana 5/14
Datum vyhotovení: 12. 03. 2012	verze: 2.00	
Datum revize: 15. 05. 2012		č.b1: 080000

- 5.2 Zvláštní nebezpečnost vyplývající z látky nebo směsi**  
 Při požáru vzniká kouř, může docházet k vzniku oxidu uhelnatého a uhličitého, sazí a různých uhlovodíků a aldehydů vzniklých nedokonalým spalováním a termolýzou látky. Nevdechujte zplodiny požáru. Zbytky po požáru a kontaminovaná hasicí kapalina se zneškodňují podle místně platných předpisů. Uzavřené nádoby s přípravkem odstraňte, pokud možno, z blízkosti požáru anebo je chlaďte vodou.
- 5.3 Pokyny pro hasiče**  
 Při požáru použijte vhodnou ochranu dýchadel (izolační přístroj), popř. celotělovou ochranu.

**6 OPATŘENÍ V PŘÍPADĚ NÁHODNÉHO ÚNIKU**

- 6.1 Opatření na ochranu osob, ochranné prostředky a nouzové postupy**  
 Zabraňte kontaktu s očima. Nevdechujte plyny/aerosol; zajistěte dobré větrání. Při rozliti přípravku je nebezpečí uklouznutí. Nedotýkejte se a neprocházejte rozlitym produktem. Používejte vhodné osobní ochranné pracovní prostředky. Odstraňte všechny zdroje zapálení. Postupujte event. podle pokynů, obsažených v oddíle 7 a 8.
- 6.2 Opatření na ochranu životního prostředí**  
 Zabraňte širokému rozliti přípravku (např. universálními nebo chemickými sorpčními ponožkami) a zejména kontaminaci půdy a úniku do povrchových nebo podzemních vod a kanalizace. Při úniku velkých množství přípravku a zejména při vniknutí takového množství do kanalizace nebo vodotečí, informujte hasiče, policii nebo jiný místně kompetentní (vodohospodářský) orgán, popř. odbor životního prostředí krajského úřadu.
- 6.3 Metody a materiál pro omezení úniku a pro čištění**  
 Doporučuje se přípravek pokrýt vhodným nehořlavým materiálem absorbujícím kapalinu (podle množství uniklého přípravku např. univerzálním sytkým sorbentem na chemikálie nebo univerzální utěrkou na chemikálie, pískem, křemelinou, zemínou a jinými vhodnými absorbčními materiály). Sebraný materiál shromážděte v dobře uzavřených nádobách a zneškodňujte jej v souladu s místně platnými předpisy.
- 6.4 Odkaz na jiné oddíly**  
 Viz. Oddíl 7, 8 a 13

**7 ZACHÁZENÍ A SKLADOVÁNÍ****7.1 Opatření pro bezpečné zacházení**Pokyny pro bezpečné zacházení:

Při používání nejist, nepít nekouřit. viz. Oddíl 8. Používejte pouze v dobře větraných prostorách. Nevdechujte páry nebo rozprašenou mlhu. Vyhnete se kontaktu s kůží, očima, vyvarujte se drobných poranění kůže a kontaktu se znečištěným oděvem.

Hygienická opatření

Zajistěte uplatňování přísných pravidel hygieny u pracovníků vystavených riziku kontaktu s produktem. Při používání nejzte, nepijte a nekuřte. Používejte osobní ochranné pomůcky. Zajistěte pravidelné čištění

## Bezpečnostní list procesní kapaliny Spirit WBF 5400 [43]



TOTAL

## B E Z P E Č N O S T N Í L I S T

podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006

Název přípravku:	<b>SPIRIT WBF 5400</b>	strana 6/14
Datum vyhotovení: 12. 03. 2012	verze: 2.00	
Datum revize: 15. 05. 2012		č.bí: 080000

zařízení, pracovní plochy a oděvů. Odložte kontaminovaný oděv a před dalším použitím ho vyperte. Neutírejte ruce do hadrů kontaminovaných produktem. Znečištěné hadry nedávejte do kapes pracovních oděvů. Nepoužívejte abraziva, rozpouštědla nebo paliva. Před každou přestávkou a na konci pracovního dne si umyjte si ruce. Vyhněte se dlouhodobému a opakovanému kontaktu s produktem, zejména s použitým produktem.

## 7.2 Podmínky pro bezpečné skladování látek a směsí včetně neslučitelných látek a směsí

### Technická opatření / skladovací podmínky:

Skladujte přednostně v originálním, dobře uzavřeném a označeném balení v chladných, suchých a dobře větraných prostorech. Jinak přeneste všechny povinné informace z originální obalu na obal nový. Uspořádejte stroje a zařízení tak, aby se zabránilo náhodnému úniku, vytečení přípravku (např. díky špatnému těsnění) na horké skříně a elektrické kontakty.

Skladovací zařízení by mělo být navrženo tak, aby se předešlo možnému znečištění půdy nebo znečištění vody v případě netěsnosti nebo úniku produktu. Chraňte před otevřeným ohněm, horkými povrchy a možným zdrojem vznícení. Skladujte pouze v originálním, dobře uzavřeném a označeném balení v chladných, suchých a dobře větraných prostorech. Chraňte před mrazem, horkem a slunečním zářením. Chraňte před vlhkem. Skladujte při teplotě 5 – 40 °C.

### Materiály, které nelze:

Silné oxidační činidla.

### Obalový materiál:

Uchovávejte pouze v původním obalu nebo ve vhodných nádobách pro tento druh produktu (odolný uhlíkovým).

## 7.3 Specifické konečné/specifická konečná použití neuveдено

## 8 OMEZOVÁNÍ EXPOZICE / OSOBNÍ OCHRANNÉ PROSTŘEDKY

### 8.1 Kontrolní parametry

Expoziční limity v pracovním prostředí podle nařízení vlády č. 361/2007 Sb. v platném znění:



## Bezpečnostní list procesní kapaliny Spirit WBF 5400 [43]



## B E Z P E Č N O S T N Í L I S T

podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006

Název přípravku: SPIRIT WBF 5400 strana 7/14  
 Datum vyhotovení: 12. 03. 2012 verze: 2.00  
 Datum revize: 15. 05. 2012 č.bíl: 080000

Chemický název koncentrace	CAS	Připustný expoziční limit Nejvyšší přípustná	
		PEL [mg.m <sup>-3</sup> ]	NPK-P [mg.m <sup>-3</sup> ]
Oleje minerální – aerosol		5	10
2-(2-butoxyethoxy) etanol		70	100

Limitní hodnoty ukazatelů biologických testů (432/2003 Sb., příloha 2): neuvedeno

## 8.2 Omezování expozice

Dodržujte obvyklá základní hygienická opatření při práci. Na stálých pracovištích zajistěte dobré větrání tak, aby nedošlo k překračování PEL (odst. 8.1). Přednost má místní odsávání od místa vzniku plynů a par (aerosolu). Jde-li o práce související s čištěním nádrží – tanků, použijte izolační dýchací přístroj.

Omezování expozice pracovníkůIndividuální ochranná opatření - osobní ochranné prostředky:

Tato doporučení se vztahují na daný produkt. Pokud je produkt používán ve směsi, je vhodné obrátit se s nejvhodnějším výběrem ochranných pomůcek na dodavatele

**Ochrana dýchacích cest:**

Při stálé práci ve špatně větraných prostorách nebo při překročení PEL vhodný filtr např. typu A nebo AX podle ČSN EN 14387:2004 (83 2220) Ochranné prostředky dýchacích orgánů . (EN 141) (Popř., jde-li např. o práce související s čištěním nádrží – tanků, izolační dýchací přístroj.) Nevdechujte páry a mlhu nebo plyn. V případě mlhy, spreje nebo aerosolové expozice nosit vhodné osobní ochranné prostředky dýchacích orgánů a ochranný oblek. Při použití dýchacích přístrojů se musí přísně dodržovat pokyny výrobce a předpisy upravující jejich výběr a použití.

**Ochrana očí:**

Při práci při níž může docházet k rozprašování nebo zahřívání přípravku: ochranné brýle se stranicemi/uzavřené brýle/ochranný obličejový štít podle ČSN EN 166:2002 (83 2401) Osobní prostředky k ochraně očí

**Ochrana rukou:**

Nepropustné ochranné rukavice odolné uhlovodíkům, fluorovaný kaučuk, nitrilový kaučuk. Dodržujte pokyny týkající se propustnosti a doby průniku, které jsou poskytnuté dodavatelem rukavic. Vezměte v úvahu specifické místní podmínky, za kterých je produkt používán, jako je například nebezpečí rozříznutí, oděru, je-li použit v roztoku, nebo ve směsi s jinými látkami, a za podmínek, které se liší od EN 374, ověřte si, zda vámi používané jsou schváleny dle ES u svého dodavatele ochranných pomůcek.

**Ochrana kůže:**



## Bezpečnostní list procesní kapaliny Spirit WBF 5400 [43]



## B E Z P E Č N O S T N Í L I S T

podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006

Název přípravku:	<b>SPIRIT WBF 5400</b>	strana 8/14
Datum vyhotovení: 12. 03. 2012	verze: 2.00	
Datum revize: 15. 05. 2012		č.b! : 080000

Pracovní (ochranný) oděv s dlouhými rukávy, ochranné rukavice, ochranné boty. Při práci nejezte, nepijte a nekuřte. Zašpiněné a potřísněné části oděvu svlékněte. Kontaminovaný oděv před opětovným použitím vyperte. Po práci si umyjte ruce teplou vodou a mýdlem a pokožku ošetřete vhodnými reparačními prostředky.

Omezování expozice životního prostředí

Při obvyklém použití odpadá; zabraňte vniknutí do povrchových vodotečí a do kanalizace.

## 9 FYZIKÁLNÍ A CHEMICKÉ VLASTNOSTI

## 9.1 Informace o základních fyzikálních a chemických vlastnostech

Vzhled:	kapalina
Barva:	světle žlutá
Skupenství při 20°C	kapalné
Zápach:	nepříjemný
Prahová hodnota zápalu:	Neuvedena
pH (pro 5% vodný roztok) :	8,5 - 9,5 DIN 51369
Bod tání/bod tuhnutí (°C):	Neuveden
Počáteční bod varu a rozmezí bodu varu (°C):	neaplikovatelné
Bod vzplanutí (°C) :	> 100 (COC)
Rychlost odpařování:	neaplikovatelná
Hořlavost:	neuvedena
Výbušné vlastnosti:	není výbušný
Meze výbušnosti nebo hořlavosti	
Horní mez (% obj.):	neuvedeno
dolní mez (% obj.):	neuvedeno
Tlak páry (při 20°C):	neuvedeno
Hustota páry :	neuvedeno
Relativní hustota při 15°C (kg/m <sup>3</sup> )	979 DIN 51757
Rozpustnost ve vodě :	rozpustný
Rozdělovací koeficient n-oktanol/voda :	neuvedeno
Teplota samovznícení (°C):	základový olej > 300
Teplota rozkladu (°C):	neuvedena
Viskozita (při 40 °C)	34 mm <sup>2</sup> /s DIN 51562
Viskozita (při 100 °C)	neaplikovatelná
Oxidační vlastnosti:	neuvedeno

## 9.2 Další informace

Obsah organických rozpouštědel	Neuvedeno.
Penetrační index	neuvedeno
Bod skápnutí (°C)	neuvedeno
Refrakční index	1,45 – 1,46 ISO 12185

## Bezpečnostní list procesní kapaliny Spirit WBF 5400 [43]



## B E Z P E Č N O S T N Í L I S T

podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006

Název přípravku: **SPIRIT WBF 5400** strana 9/14  
 Datum vyhotovení: 12. 03. 2012 verze: 2.00  
 Datum revize: 15. 05. 2012 č.bf: 080000

## 10 STÁLOST A REAKTIVITA

- 10.1 **Reaktivita**  
Neuvedena
- 10.2 **Chemická stabilita**  
Za normálního způsobu použití je přípravek stabilní, k rozkladu nedochází .
- 10.3 **Možnost nebezpečných reakcí**  
Za normálního způsobu použití nevznikají.
- 10.4 **Podmínky, kterým je třeba zabránit**  
Teplo, teploty nad bodem vzplanutí; Vyvarujte se působení vzduchu a vlhkosti po delší dobu.  
Chraňte před mrazem.
- 10.5 **Neslučitelné materiály**  
Silná oxidační činidla. Kyseliny.
- 10.6 **Nebezpečné produkty rozkladu**  
Při požáru vzniká kouř, může docházet k vzniku oxidu uhelnatého a uhlíčitého, Nox, sazí a různých uhlovodíků a aldehydů vzniklých nedokonalým spalováním a termolýzou látky.  
Nicméně, potenciální nebezpečí vzniká teprve poté, co dojde k odpaření veškeré vody obsažené v produktu v důsledku požáru nebo při náhodném rozliti na velmi horký povrch.

## 11 TOXIKOLOGICKÉ INFORMACE

## 11.1 Informace o toxikologických účincích

## a) Akutní toxicita

pro produkt – lokální účinky:

**Při kontaktu s kůží:** Není klasifikován. Může vyvolat alergickou reakci.

**Při kontaktu s očima:** Není klasifikován. Vyvarujte se kontaktu s očima.

**Při nadýchání:** Není klasifikován. Inhalace vysokých koncentrací par, mlh, aerosolů může způsobit dráždění dýchacích cest.

**Při požití:** Není klasifikován. Při požití může způsobit gastrointestinální podráždění, nevolnost, zvracení a průjem, bolesti břicha.

pro komponenty:

Chemický název	LD50 orálně (mg/kg) potkan	LD50 dermálně (mg/kg) (krilík)	LC50 inhalačně (mg/kg)
2-(2-butoxyethoxy) ethanol	= 3384	=2700	

## Bezpečnostní list procesní kapaliny Spirit WBF 5400 [43]



## B E Z P E Č N O S T N Í L I S T

podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006

Název přípravku: SPIRIT WBF 5400 strana 10/14  
 Datum vyhotovení: 12. 03. 2012 verze: 2.00  
 Datum revize: 15. 05. 2012 č.bl: 080000

- b) Žíravost/dráždivost pro kůži – není klasifikován
- c) Vážné poškození očí/podráždění očí – není klasifikován
- d) Sensibilizace dýchacích cest/senzibilizace kůže – není klasifikován  
Obsahuje sensibilující látku. Může vyvolat alergickou reakci.
- e) Mutagenita v zárodečných buňkách – není klasifikován
- f) Karcinogenita – není klasifikován
- g) Toxicita pro reprodukci – není klasifikován
- h) Toxicita pro specifické cílové orgány – jednorázová expozice – není klasifikován
- i) Toxicita pro specifické cílové orgány – opakovaná expozice – není klasifikován
- j) Nebezpečnost při vdechnutí – není klasifikován

## 12 EKOLOGICKÉ INFORMACE

## 12.1 Toxicita – není klasifikován

Akutní toxicita produktu: neuvedeno

Akutní toxicita – komponenty :

Chemický název	Toxicita pro řasy (algae)	Toxicita pro dafnie a jiné vodní bezobratlé	Toxicita pro ryby	Toxicita pro mikroorganismy
2-(2-butoxyethoxy) ethanol	EC50 (96h) > 100 mg/L <i>Desmodesmus subspicatus</i>	EC50 (48h) > 100 mg/L <i>Daphnia magna</i> EC50 (24h) = 2850 mg/L <i>Daphnia magna</i>	LC50 (96h) = 1300 mg/L <i>Lepomis macrochirus</i> (static)	
3-jod-2-propinyl N-butylkarbamát			LC50 (96 h) 0,14 – 0,32 mg/L <i>Lepomis macrochirus</i> (flow-trough) LC50 (96 h) 0,18 – 0,23 mg/L <i>Pimephales promelas</i> (flow-through)	

## Bezpečnostní list procesní kapaliny Spirit WBF 5400 [43]



## B E Z P E Č N O S T N Í L I S T

podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006

Název přípravku: **SPIRIT WBF 5400** strana 11/14  
 Datum vyhotovení: 12. 03. 2012 verze: 2.00  
 Datum revize: 15. 05. 2012 č.bl: 080000

			LC50 (96h) 0,05 – 0,089 mg/L Oncorhynchus mykiss 0 LC50(96h) 0,049 – 0,079 mg/L Oncorhynchus mykiss (flow-through)	
--	--	--	---	--

Chronická toxicita pro vodní prostředí – není klasifikován

12.2 **Perzistence a rozložitelnost**  
Neuvedeno .

12.3 **Bioakumulační potenciál**  
Neuvedeno

Chemický název	Log Pow
-	-

12.4 **Mobilita v půdě**  
Na základě fyzikálních a chemických vlastností má produkt nízký potenciál pronikat do půdy.  
Rozpustný ve vodě. Ztráta při odpařování je omezena.

12.5 **Výsledky posouzení PBT a vPBT**  
Neuvedeno.

12.6 **Jiné nepříznivé účinky**  
Zabraňte kontaminaci půdy a úniku do povrchových nebo podzemních vod. Nepřipusťte vniknutí do kanalizace.

## 13 POKYNY PRO ODSTRAŇOVÁNÍ

13.1 **Metody nakládání s odpady**  
Postupuje se podle zákona o odpadech a podle prováděcích předpisů o zneškodňování nebezpečných odpadů.

- a) Vhodné metody pro odstraňování látky nebo směsi a znečištěného obalu:  
Označený odpad předat k odstranění vč. identifikačního listu odpadu specializované firmě s oprávněním k této činnosti.

## Bezpečnostní list procesní kapaliny Spirit WBF 5400 [43]



## B E Z P E Č N O S T N Í L I S T

podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006

Název přípravku:	<b>SPIRIT WBF 5400</b>	strana 12/14
Datum vyhotovení: 12. 03. 2012	verze: 2.00	
Datum revize: 15. 05. 2012		č.bl: 080000

Obaly jsou – po vyčištění – recyklovatelné. K vyčištění se doporučuje použít vody s přídavkem detergentů.

- b) Fyzikální/chemické vlastnosti, které mohou ovlivnit způsob nakládání s odpady:  
Neuvedeno
- c) Zamezení odstranění odpadů prostřednictvím kanalizace:  
Proveďte opatření, aby látka nemohla uniknout do kanalizace.
- d) Zvláštní bezpečnostní opatření pro doporučené nakládání s odpady:  
neuvedeno

12 01 09 \* Odpadní řezné emulze a roztoky neobsahující halogeny

\* nebezpečný odpad

## 14 INFORMACE PRO PŘEPRAVU

14.1 UN číslo: není klasifikován

14.2 Náležitá název UN pro zásilku:

Pozemní přeprava ADR: není klasifikován Železniční přeprava RID: není klasifikován

Námoňní přeprava IMDG: není klasifikován Letecká přeprava ICAO/IATA: není klasifikován

14.3 Třída/třídy nebezpečnosti pro přepravu

Pozemní přeprava ADR: není klasifikován Železniční přeprava RID: není klasifikován

Námoňní přeprava IMDG: není klasifikován Letecká přeprava ICAO/IATA: není klasifikován

14.4 Obalová skupina

Pozemní přeprava ADR: není klasifikován Železniční přeprava RID: není klasifikován

Námoňní přeprava IMDG: není klasifikován Letecká přeprava ICAO/IATA: není klasifikován

Výstražná tabule (Kemler)

ADR: není klasifikován

Bezpečnostní značka

ADR: není klasifikován RID není klasifikován

IMCD není klasifikován ICAO/IATA: není klasifikován

14.5 Nebezpečnost pro životní prostředí

Doplňková značka: Odpadá



## Bezpečnostní list procesní kapaliny Spirit WBF 5400 [43]



TOTAL

## B E Z P E Č N O S T N Í L I S T

podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006

Název přípravku:	<b>SPIRIT WBF 5400</b>	strana 13/14
Datum vyhotovení: 12. 03. 2012	verze: 2.00	
Datum revize: 15. 05. 2012		č.bl: 080000

- 
- 14.6 Zvláštní bezpečnostní opatření pro uživatele  
Nejsou uvedena.
- 14.7 Hromadná přeprava podle přílohy II MARPOL 73/78 a předpisu IBC  
Neuvedena..
- 

## 15 INFORMACE O PRÁVNÍCH PŘEDPÍSECH

- 15.1 Nařízení týkající se bezpečnosti, zdraví a životního prostředí/specifické právní předpisy týkající se látky nebo směsi  
Nařízení ES 1907/2006 (REACH)  
Nařízení ES 1272/2008 (CLP)  
Zákon 350/2011 Sb. v platném znění o chemických látkách a chemických směsích.  
Zákon 185/2001 Sb. v platném znění o odpadech.  
Vyhláška č. 381/2001 Sb. v platném znění, kterou se stanoví Katalog odpadů.  
Zákon 477/2001 Sb. v platném znění o obalech.  
Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví  
Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., v platném znění, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci.  
Vyhláška č. 432/2003 Sb., kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli.  
Vyhláška MZV č. 64/1987 Sb., o Evropské dohodě o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí (ADR), v platném znění.
- 15.2 Posouzení chemické bezpečnosti  
Neuvedeno.
- 

## 16 DALŠÍ INFORMACE

- a) Změny provedené v bezpečnostním listě v rámci revize  
List byl revidován za účelem uvedení do souladu s platnou legislativou.
- b) Klíč nebo legenda ke zkratkám  
Xn – zdraví škodlivý  
Xi – dráždivý  
N- Nebezpečný pro životní prostředí  
Eye Irrit. 2 -  
CAS: je registrační číslo, pod nímž jsou chemické látky registrovány a popsány v databázi Chemical Abstract Service Registry Number.  
ES: EINECS / ELINCS - Evropský seznam existujících obchodovaných chemických látek / EU Seznam notifikovaných chemických látek  
( EC EINECS/ELINCS - European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances/EU



## Bezpečnostní list procesní kapaliny Spirit WBF 5400 [43]



## B E Z P E Č N O S T N Í L I S T

podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006

Název přípravku:	<b>SPIRIT WBF 5400</b>	strana 14/14
Datum vyhotovení: 12. 03. 2012	verze: 2.00	
Datum revize: 15. 05. 2012		č.bl: 080000

List of Notified Chemical Substances)

bw = tělesná hmotnost

bw/day = tělesná hmotnost /den

**Ppm** Parts per million (jedna miliontina (celku)

1 % = 10 000 ppm

1 ‰ = 1 000 ppm

UVCB - látky neznámého původu nebo proměnného složení

c) **Důležité odkazy na literaturu a zdroje dat**

Při vypracování tohoto bezpečnostního listu v češtině byla použita originální verze bezpečnostního listu výrobce (fa. TOTAL LUBRIFIANTS ) č. 080000, ze dne 12. 03. 2012 v angličtině.

d) **Seznam příslušných standardních vět o nebezpečnosti a/nebo pokynů pro běžné zacházení**

R 20/22 Zdraví škodlivý při vdechování a při požití

R36 Dráždí oči

R 41Nebezpečí vážného poškození očí

R 50 Vysoce toxický pro vodní organismy

R 38 Dráždí kůži

R37 Dráždí dýchací orgány

R 43 Může vyvolat senzibilizaci při styku s kůží

H319 Způsobuje vážné podráždění očí

e) **Pokyny pro školení**

Školení bezpečnosti práce pro zacházení s chemickými látkami.

f) **Další informace**

Nejsou neuvedeny.

„Tento list doplňuje technické podmínky pro uživatele, ale nenahrazuje je. Údaje, které obsahuje, se zakládají na stavu našich znalostí o příslušném výrobku k uvedenému datu. Jsou uváděny s dobrou vírou. Pozornost uživatelů je kromě toho třeba obrátit na případná rizika, případně nebezpečí, pokud by bylo výrobku použito k jiným účelům, nežli pro které je určen. List nezbavuje v žádném případě uživatele povinnosti znát a používat zákonných ustanovení, upravujících jeho činnost. Jen on sám na sebe bere odpovědnost za realizaci opatření, vztahujících se ke způsobu, jakým výrobku používá. Soubor zmíněných zákonných ustanovení a předpisů má za úkol pomoci tomu, komu je určen, naplnit závazky, které mu přísluší. Jejich výčet nelze považovat za vyčerpávající. Uživatel se musí ujistit, zda nemusí dostát ještě dalším závazkům, které mu přísluší, a které přímo nevyplývají z podkladů zde citovaných“.

**Příloha 3**  
**Refraktometr [44]**



Příloha 4  
Testovací pásky kvality vody [45]

