

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

EKOLOGICKÉ FAKTORY PŘI TŘÍSKOVÉM OBRÁBĚNÍ

ECOLOGICAL FACTORS AND CHIP MACHINING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Jan Tomek

VEDOUcí PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Oskar Zemčík, Ph.D.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2010/11

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Jan Tomek

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

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

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

Ekologické faktory při třískovém obrábění

v anglickém jazyce:

Ecological factors and chip machining

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Rešerše problematiky třískového obrábění a jejího vlivu na ekologii.

Cíle bakalářské práce:

Rešerše zadané problematiky.

Vliv zvolených metod třískového obrábění na:

- znečištění akustické
- znečištění vodních zdrojů
- znečištění půdy.
- ostatní faktory znečištění atd.

Metody pro snížení ekologické zátěže třískového obrábění.

Seznam odborné literatury:

1. HUMÁR, Anton. Slinuté karbidy a řezná keramika pro obrábění. Brno : CCB, 1995. 265 s. ISBN 80-85825-10-4.
2. WHITNEY, E.D. Ceramic Cutting Tools. [s.l.] : William Andrew Publishing/Noyes, 1994. 357 s. Dostupné z WWW: <www.knovel.com>. ISBN 978-0-8155-1355-1.
3. KOČMAN, Karel; PROKOP, Jaroslav. Technologie obrábění. Brno : CERM, 2005. 270 s. ISBN 80-214-3068-0.

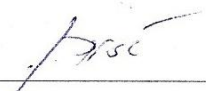
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Oskar Zemčík, Ph.D.

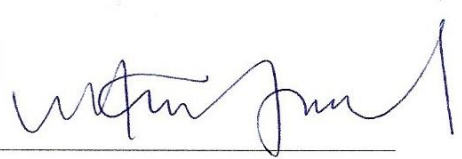
Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/11.

V Brně, dne 5.11.2010

L.S.




prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu


prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce popisuje vlivy vznikající při třískovém obrábění, aspekty řezného procesu, recyklaci a nakládání s odpady. Cílem bakalářské práce je řešerše problematiky třískového obrábění a jeho vlivu na ekologii.

Klíčová slova

Ekologie, třískové obrábění, procesní kapalina, pracovní prostředí.

ABSTRACT

This bachelor thesis describes the effects resulting from the machining performance aspects of the cutting process, recycling and waste management. The aim of this bachelor work is a search problem of cutting and its effect on ecology.

Key words

Ecology, chip machining, process liquid, the working environment.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

TOMEK, Jan. *Ekologické faktory při třískovém obrábění*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 39 s. Vedoucí práce Ing. Oskar Zemčík, Ph.D..

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Ekologické faktory při třískovém obrábění* vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum: 22. 5. 2011

.....
Jan Tomek

Poděkování

Děkuji tímto Ing. Oskaru Zemčíkovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce.

OBSAH

ABSTRAKT	3
PROHLÁŠENÍ	4
PODĚKOVÁNÍ	5
OBSAH	6
ÚVOD	7
1 TRÍSKOVÉ OBRÁBĚNÍ	8
2 VLIV OBRÁBĚNÍ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ	9
2.1 Ochrana vod	10
2.2 Ochrana ovzduší	10
3 VLIV OBRÁBĚNÍ NA PRACOVNÍ PROSTŘEDÍ	11
3.1 Klimatické podmínky pracoviště	11
3.2 Akustické vlivy	12
3.3 Teplotní vlivy	14
4 ENVIRONMENTALIZACE TRÍSKOVÉHO OBRÁBĚNÍ	15
4.1 Volba polotovaru	16
4.2 Obrábění za sucha	17
4.2.1 Řezné materiály bez nutnosti chlazení	18
4.3 Obrábění s řeznými kapalinami	19
4.4 Srovnání řezných kapalin	20
4.4.1 Vodní roztoky	21
4.4.2 Emulzní kapaliny	21
4.4.3 Řezné oleje	22
4.4.4 Syntetické a polysyntetické kapaliny	22
4.4 Vysokotlakové chlazení	22
4.5 Chlazení mlhou	24
4.6 Vnitřní chlazení	24
4.7 Chlazení plynem	25
5 ODPADY	26
5.1 Odpadní ropné produkty	27
5.2 Čištění odpadních vod	32
5.3 Zhutňování pevných odpadu	32
5.4 Recyklace PVD vrstev	34
ZÁVĚR	35
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	36
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	38
SEZNAM PŘÍLOH	39

ÚVOD

Lidská populace narůstá enormní rychlostí a s ní narůstá i průmyslová výroba a následná zátěž naší planety v mnoha směrech. Výrazy jako „životní prostředí“, „ekologie“, „environmentální management“ pronikají čím dál častěji do našeho slovníku [1]. Důvodem je stav našeho životního prostředí. Proto považuji za důležité, aby se každý zamýšlel nad ekologickými a souvisejícími ekonomickými aspekty své vlastní činnosti, které zná a může ovlivnit. Ekologie se zabývá studiem prostředí živých bytostí. Je vědou o vztazích živých bytostí k jejich okolí, a protože živé bytosti jsou se svým prostředím neodlučně spojeny, je ekologie vědou o komplexních funkčních biotických systémech zvaných ekosystémy [12].

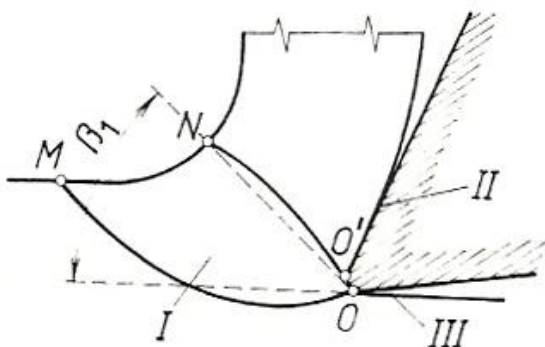
Současná strojírenská výroba je ovlivněna sílící mezinárodní konkurencí, která vytváří tlak na snižování výrobních nákladů a na cenu výrobků. To vyžaduje od výrobních podniků vysokou hospodárnost. Splnění náročných ekologických požadavků výroby významně ovlivňuje efektivnost i existenci podniků. Technologické postupy šetrné k životnímu prostředí hrají klíčovou roli při hospodářském vývoji podniku. Dílčí ekologické problémy je nutno řešit komplexně environmentálním systémem daného podniku [2].

Nastavení ekologické rovnováhy představuje pro manažery, konstruktéry a technology významný úkol, který je spjat nejen s vývojem a zaváděním nových vyspělých technologií, ale i s využíváním stávajících výrob, u nichž byla prioritně upřednostňována vysloveně produktivní hlediska. Problematika environmentalizace řezného procesu si jistě zaslouží velkou pozornost [8].

1 TŘÍSKOVÉ OBRÁBĚNÍ

Obrábění je technologický proces, při kterém dochází k oddělování materiálu od obrobku břitem řezného nástroje ve formě třísky. Řezný nástroj je aktivním prvkem obrábění [5]. K řeznému pohybu dochází mezi nástrojem a obrobkem s relativní rychlostí po určité dráze. Probíhá v soustavě stroj, nástroj, obrobek a přípravek [4]. Při technologickém procesu se vytváří z polotovaru výrobek o požadovaném geometrickém tvaru, rozměrové přesnosti a stanovené jakosti. Ve strojírenské výrobě zaujímá třískové obrábění významné místo [5]. Z celkového objemu výroby se třískové obrábění podílí na strojírenských výrobcích asi z jedné třetiny [4]. Úkolem technologů je zvolit co nejoptimálnější řezné podmínky, aby proces obrábění byl co nejhospodárnější. Geometrie břitu nástroje má významný vliv na velikost řezných sil, drsnost povrchu, přesnost rozměrů a trvanlivost břitu [4]. Průběh řezného procesu závisí hlavně na vlastnostech obráběného materiálu a na pracovních podmínkách.

Vnikání břitu nástroje do materiálu obrobku a odvádění třísky z místa řezu je provázáno plastickou deformací (obr. 1.1) v odřezávané vrstvě materiálu před břitem nástroje (I), v oblasti styku třísky s čelní plochou nástroje (II) a v oblasti styku obrobené plochy s hřbetní plochou nástroje (III) [5]. Rozsah plastické deformace závisí zejména na deformační rychlosti a na teplotě. V oblasti OMN je vícetý stav napjatosti. Smyková napětí od hranice OM postupně rostou, až se na hranici ON vytvoří element třísky kluzem pod úhlem střížné roviny β_1 . Při obrábění se tvoří třísky různých druhů a tvarů. Tvar třísky může charakterizovat obrobitelnost materiálu a má vliv na ekonomické ukazatele obrábění [5].



Obr. 1.1 Plastické deformace při řezání [5]

- I - oblast primární plastické deformace
- II- oblast sekundární plastické deformace
- III- oblast terciální plastické deformace

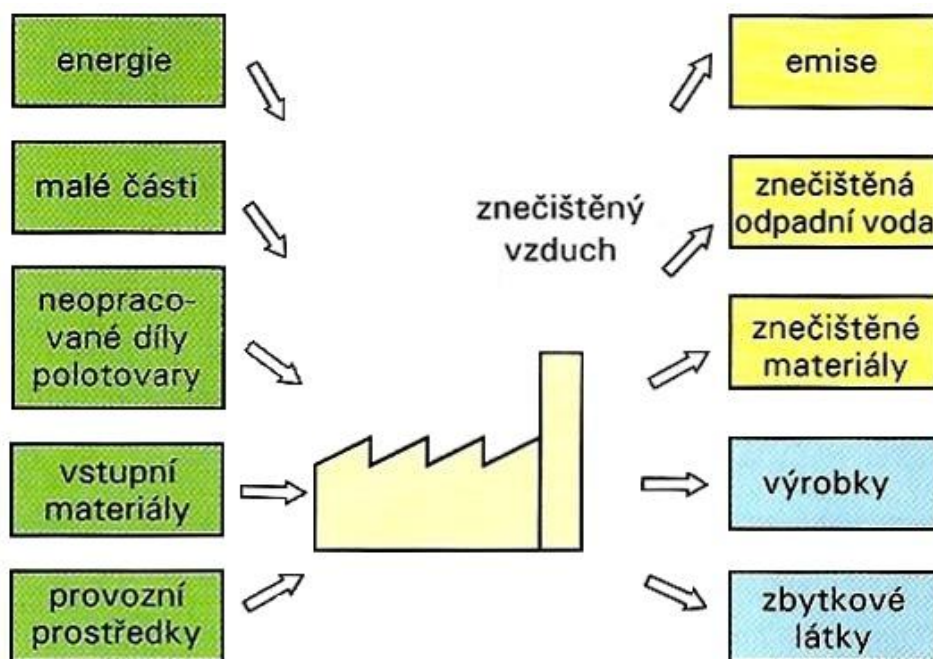
Při třískovém obrábění se z ekologického pohledu soustředí hlavní pozornost na kvalitu řezného prostředí. Snižování zátěže životního prostředí je spjato s ekonomikou výrobního procesu a jejím efektivním uplatněním [8]. Problém spočívá v ekonomických možnostech jednotlivých subjektů. K této problematice je tedy nutno přistupovat diferencovaně a při volbě technologických řešení vybrat taková, která umožní podstatně zlepšit ekologické podmínky při přiměřených nákladech [3]. Vhodně zvolené řezné podmínky umožňují

zvyšování výkonnosti a trvanlivosti nástrojů a také příznivě působí na jakost povrchů součástí, zejména v souvislosti s jejich finální povrchovou strukturou [8].

2 VLIV OBRÁBĚNÍ NA ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Třískové obrábění je spojeno s produkcí odpadů a škodlivin, které nepříznivě působí na pracovní prostředí výrobní jednotky, ale může i zatěžovat životní prostředí v okolí podniku [5]. Strojírenská výroba se velkou měrou podílí na celosvětových ekologických problémech [2]. Vedle výroby strojních součástí mohou vznikat zátěže životního prostředí vlivem odpadů materiálů, použitím provozních prostředků a vznikajících emisí [3]. Environmentalizace vyjadřuje vztah výrobních technologií s ekologickými požadavky a příslušnou legislativou. V oblasti třískového obrábění jde zejména o problematiku řezného prostředí [8]. V oblasti odpadového hospodářství se jedná o optimalizaci a likvidaci odpadů. S odpady úzce souvisí problematika recyklace a skládky odpadů [3].

Do oblasti ochrany životního prostředí patří především ochrana vod, ovzduší a odpadové hospodářství [5]. V ochraně vod se snažíme minimalizovat spotřebu vody a zabránit kontaminaci odpadních vod, zejména ropnými látkami [3].



Obr. 2.1 Vstupy a výstupy při strojním obrábění [3]

Na pracovištích jsou zaměstnanci vystaveni mnohým nebezpečím, která mohou vést k poškození zdraví. Při dlouhodobém trvalém působení mohou vzniknout nemoci z povolání. Např. u zaměstnanců, kteří pracují v prostředí se zvýšenou hladinou hluku, může dojít k poškození sluchu. Nedslychavost je důsledkem dlouhotrvajícího hluku [3].

2.1 Ochrana vod

Voda je součástí přírodního bohatství. Je nutno s ní hospodařit tak, aby sloužila obecnému blahu. Strojírenský průmysl velmi výraznou měrou ovlivňuje i kvalitu povrchových a podzemních vod [12]. Strojírenské podniky musí činit taková opatření, aby zabránily jejímu znečištění. Právní předpisy v oblasti ochrany povrchové a podzemní vody stanovují podmínky pro hospodárné využití vodních zdrojů a pro zachování a zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod [3].

Základem je tomu zákon o vodách, zákon o vodovodech a kanalizacích č. 76/2006 Sb. Při vypouštění odpadní vody jsou provozovatelé povinni odstranit škodlivé látky v souladu s podmínkami stanovenými v povolení vypouštění odpadních vod [3]. Dále mají povinnost měřit objem a míru znečištění vypouštěných vod. V případě, že vypouštěné odpadní vody překročí v určitém ukazateli hmotnostní nebo koncentrační limit, je znečišťovatel povinen odstranit následky škod a zaplatit příslušnou pokutu. Ty mají přimět provozovatele k tomu, aby odpadní vody řádně čistil s pomocí dostupné technologie [3].

Složení průmyslových vod je proměnlivé a závisí na charakteru výroby jednotlivých průmyslových podniků [1]. V každém průmyslovém závodě se vyskytuje několik druhů vod. Obvykle je to:

- technologická odpadní voda
- chladicí voda
- splašková voda
- srážková voda

Průmysl patří mezi největší odběratele vody, ale také současně je největším znečišťovatelem [12].

Povrchové vody se podle výsledků jakosti vody zařazují do pěti tříd [1]:

- I. třída - velmi čistá voda. Je vhodná pro všechna užití.
- II. třída - čistá voda. Je obvykle pro většinu užití.
- III. třída - znečištěná voda. Je vhodná jen pro zásobování průmyslu vodou.
- IV. třída - silně znečištěná voda. Je vhodná obvykle jen pro omezené účely.
- V. třída - velmi silně znečištěná voda. Obvykle se nehodí pro žádný účel.

Vzhledem k tomu, že kanalizační systémy průmyslových závodů jsou složité, musí se jednotlivé druhy odpadních vod odvádět odděleně. Oddělení je důležité i z důvodu dimenzování jednotlivých stupňů čištění odpadních vod [1].

2.2 Ochrana ovzduší

Ochrana ovzduší je spojena s omezením výpustí škodlivých látek. Ochranu ovzduší zajišťuje novela zákona o ochraně ovzduší (zákon č. 483/2008 Sb.), který je v souladu s předpisy EU [3]. Zákon stanovuje práva a

povinnosti osob a správních úřadů při ochraně ovzduší před znečišťujícími látkami a ochrany ozonové vrstvy Země. Přípustnou míru znečištění ovzduší určují hodnoty emisních limitů. Pro zařízení vypouštějící emise do ovzduší, které mohou mít škodlivý vliv na životní prostředí, je zapotřebí příslušné povolení [3].

Vzduch obsahující částice ropných produktů, které vznikají při používání chladících a mazacích prostředků, odsáváme, zachycujeme a odlučujeme. K zachycení emisí se používají např. tkaninové filtry [3].

3 VLIV OBRÁBĚNÍ NA PRACOVNÍ PROSTŘEDÍ

V pracovním procesu je člověk vykonávající určitou práci ovlivňován složitou soustavou činitelů, které ve svém souhrnném působení vytvářejí pracovní prostředí. Cílem optimalizace klimatických, akustických a optických podmínek je vytvořit optimální řešení pracovního místa.

3.1 Klimatické podmínky pracoviště

Klimatické podmínky na pracovišti ovlivňují velkou měrou pracovní výkon zaměstnanců. Klimatické pracovní podmínky charakterizuje teplota, vlhkost, čistota, složení, proudění a tlak vzduchu. Při třískovém obrábění je pracovní prostředí znečištěno škodlivinami výparů z řezných kapalin a jemnými kovovými částicemi z technologických procesů [11].

Pomocí odsávacího (případně ventilačního) zařízení se odstraňují z ovzduší škodlivé zplodiny. Ventilační zařízení pracuje na principu přirozeného nebo nuceného odvodu vzduchu [3]. Škodlivé výpary jsou odsávány přímo z místa jejich vzniku.

Tab. 3.1 Požadovaná výměna vzduchu na pracovištích [5]

Druh provozu	Min. průtok vzduchu na pracovníka [$\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$]	Počet výměn za 1h
Nástrojárny, montáže, dílny	30	3 až 6
Obrobný	30	2 až 3
Brusírny	60	8 až 14
Kovárny, slévárny, válcovny	45	6 až 40
Svařovny	400	4 až 8

Klimatické podmínky na pracovišti závisí také na teplotě, vlhkosti, rychlosti proudění a tepelném sálení vzduchu. Za optimální se považuje teplota v rozsahu 15 až 22 °C při relativní vlhkosti vzduchu 30 až 50% [4].

Tab. 3.2 Hodnoty vytápění objektů [5]

Objekt	Teplota [°C]
Nářadovny	16 až 18
Obrobny	16 až 18
Řezárny	16 až 18
Lisovny za tepla	14 až 16
Montáže - hrubší	16 až 18
Montáže - jemné	18 až 21

V případě, že nelze koncentraci škodlivých látek snížit pod přípustnou mez, musí zaměstnanci používat osobní ochranné pomůcky. Je nutno také zvážit možnost změny výrobní technologie, nebo využití automatizace výroby, bez přítomnosti obsluhy obráběcího stroje [5].

3.2 Akustické vlivy

Nežádoucím doprovodným jevem třískového obrábění je hluk vyvolávající nepříjemný až škodlivý vjem způsobený jeho hlasitostí, frekvencí, dobou trvání nebo všemi činiteli současně [3]. Zvýšená hladina hluku působí negativně především na sluchové orgány a nervový systém. Následkem práce v prostředí s nadměrným hlukem je snížení pracovního výkonu, únavy při práci a ohrožení zdraví [5].

Zvukem nazýváme každé mechanické vlnění v prostředí, které je rozeznatelné lidským sluchem. Kmitočet frekvence zvuku je určen počtem změn tlaku za jednotku času [3]. Kmitočtový rozsah vlnění lidského sluchu leží v rozsahu 16 až 20 000 Hz. Za těmito hranicemi člověk není schopen vnímat zvuk sluchem. V akustice se používá logaritmická stupnice s jednotkami v decibelech [dB]. Výchozí podprahovou hodnotou akustického tlaku na logaritmické decibelové stupnici je 20 μPa . Této hodnotě odpovídá hladina hluku 0 dB. Maximální hodnotou je 140 dB, což je práh bolesti [5].

Tab. 3.3 Nejvyšší přípustné hodnoty hladin hluku [5]

Fyzická práce	[dB]
Hluk technologických zařízení	85
Hluk nevýrobních zařízení	65
Duševní práce	
Rutinní	65
Tvůrčí	40

Pomocí frekvenčního rozsahu se stanoví pásma přípustného hluku a provede se oktávová analýza. Míra hluku se hodnotí dle třídy hluku (N), která respektuje jeho frekvenci [3].

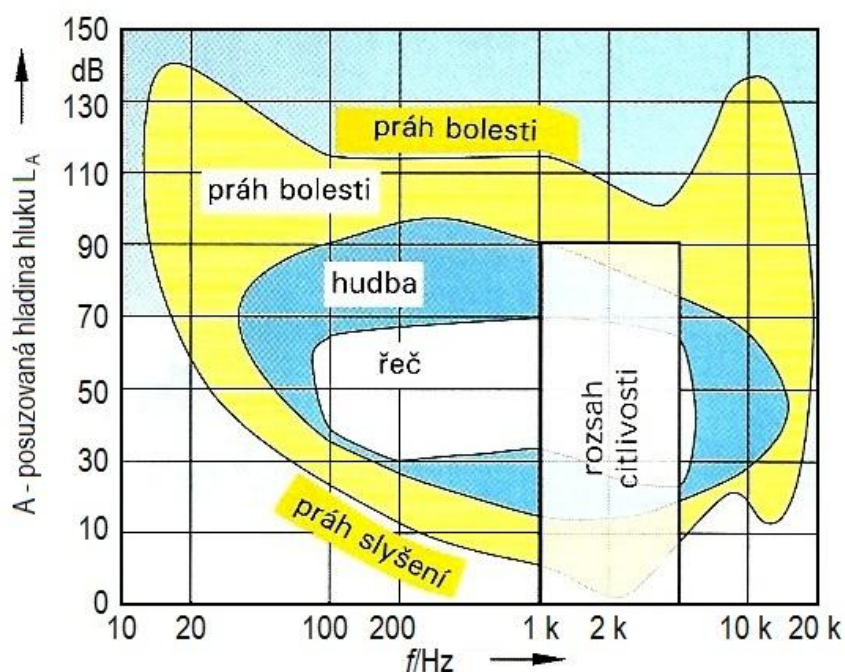
Pokud hladina hluku na pracovišti přesahuje hodnotu 85 dB, pak toto pracoviště považujeme za rizikové.

Zvukové vlny se šíří v různých látkách různou rychlostí. Ve vzduchu o teplotě 15°C je rychlost zvuku 340 m·s⁻¹ [3].

$$\text{Rychlost šíření zvuku: } c = f \cdot \lambda \text{ [m·s}^{-1}\text{]} \quad (3.1)$$

f – frekvence [Hz]

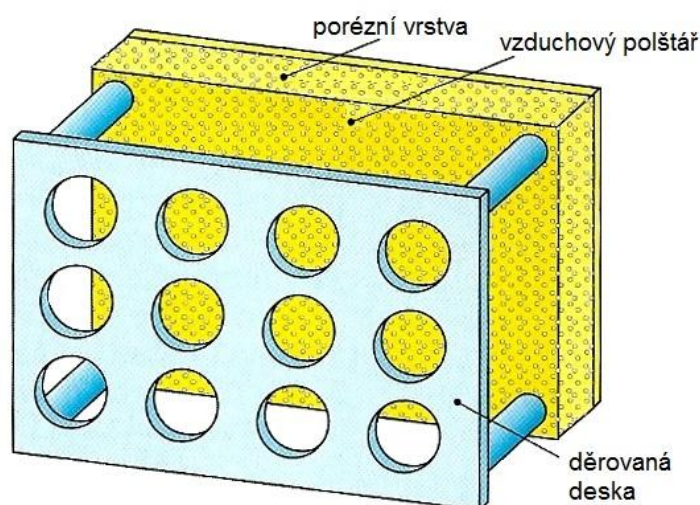
λ – vlnová délka [m]



Obr. 3.1 Rozsah slyšitelnosti [3]

V pevných materiálech je možné přenos zvuku tlumit elastickou mezi-vrstvou např. guma, minerální vlákna, korek atd. Čím měkčí je materiál, tím větší je absorpce zvuku [3]. Je vhodné použít takové materiály, kde má zvuk možnost proniknout co nehlouběji do materiálu pohlcujícího zvuk, aby v rozvětvených dutinách zanikl. Porézní absorbéry jsou obzvláště účinné pro vysoké frekvence [4].

Střední frekvence mezi 300 Hz až 3 kHz je vhodné tlumit pomocí rezonančních absorbérů (obr. 3.2). Děrovaná deska je nainstalována před porézní stěnou ve vzdálenosti pro vytvoření nutného vzduchového polštáře. Ten za děrovanou stěnou rezonuje a ve střední oblasti frekvence absorbuje zvuk [3].



Obr. 3.2 Rezonanční absorbér [3]

Přenos zvuku tlumíme protihlukovými kryty strojů nebo pomocí dělicí stěny, která zvuk z větší části odráží zpátky k výchozímu bodu. V případě, že nelze hladinu hluku snížit pod přípustnou mez, musí zaměstnanci používat protihlukové ochranné pomůcky (zátky do zvukovodů, sluchátkové chrániče, protihlukové přilby) [5].

3.3 Teplotní vlivy

Při třískovém obrábění se většina mechanické práce, která je vynaložena na odebrání třísky z obrobku přemění v teplo ($E_e \cong Q_e$). Při tvoření třísky je hlavním zdrojem tepla oblast tření třísky po čele nástroje a v oblasti tření hřbetu po obrobené ploše [17].

$$\text{Teplu řezného procesu: } Q_e = Q_{pd} + Q_y + Q_\alpha \text{ [J]} \quad (3.2)$$

Q_{pd} – teplo vzniklé v oblasti plastických deformací při tvoření třísky [J]

Q_y – teplo vzniklé v oblasti tření třísky po čele nástroje [J]

Q_α – teplo vzniklé v oblasti tření hřbetu nástroje po přechod. ploše obrobku [J]

Na poměrně malé oblasti dochází k vysokému nárůstu teploty (až 1000°C). Teplo nám nepříznivě působí na opotřebení nástroje, přesnost a jakost obráběných ploch součástí [4]. Teplo vzniklé při třískovém obrábění přechází hlavně do třísky, z menší části do obrobku a nástroje. Část vzniklého tepla vyzařuje do okolí [5].

$$\text{Přestup tepla řezného procesu: } Q_e = Q_t + Q_o + Q_n + Q_{pr} \text{ [J]} \quad (3.3)$$

Q_t – teplo odvedené třískou [J]

Q_o – teplo odvedené obrobkem [J]

Q_n – teplo odvedené nástrojem [J]

Q_{pr} – teplo odvedené řezným prostředím [J]

Velikost jednotlivých složek odváděného tepla závisí na tepelné vodivosti materiálu obrobku a nástroje, na řezné rychlosti, způsobu chlazení a geometrii břitu nástroje. Vzniklé teplo při obrábění má výrazný vliv na stav břitu nástroje, především na jeho otupení. Zvyšování teploty při obrábění vede k nepřesnostem, rozpínání obráběného materiálu, rozpínání jednotlivých prvků včetně apod. Ovšem neustále se zvyšují požadavky na výrobní přesnost.

Maximální teplota není na špičce nástroje, ale je vlivem poloměru špičky posunuta [4]. K nejintenzivnějšímu opotřebení břitu dochází na ploše čela s nejvyšší teplotou. Teploty na čele jsou podstatně vyšší než na hřbetě a proto jsou teploty na čele nástroje z ekonomických důvodů významnější. Tvrdost břitu se snižuje s překročením mezní teploty řezání. Řezné schopnosti se snižují a prudce narůstá opotřebení břitu nástroje [5].

Jedním z řešení je použití řezných povlakovaných řezných nástrojů bez nutnosti chlazení, tzv. obrábění za sucha. Další možností je použití recyklovatelných a ekologicky odbouratelných řezných kapalin pro odvod tepla z místa řezu.

4 ENVIRONMENTALIZACE TŘÍSKOVÉHO OBRÁBĚNÍ

Z podstaty řezného procesu vyplývají další technologické požadavky, které nemohou být přehlíženy [11]. Procesní kapaliny musí být především šetrné k pracovníkům, ať už z hlediska dermatologického nebo z pohledu kvality ovzduší. Chladicí kapaliny mísitelné s vodou, které téměř nepoškozují lidskou pokožku, mají hodnotu pH mezi 7,0 až 5,5 [7].

Mezi další posuzované parametry patří provozní stabilita a dlouhá životnost, po jejímž uplynutí musí být zbytkové produkty snadno ekologicky a ekonomicky recyklovatelné [8]. Provozní kontrola jakosti kapalin by měla být co nejjednodušší a nejspolehlivější. Tyto další důležité aspekty zajišťují environmentalizaci řezného procesu třískového obrábění.

Ekologických požadavků je možno dosáhnout postupnými kroky nebo výrazným investičním skokem [8]. Avšak tato realizace a její rychlost závisí především na technologické připravenosti podniku, typu výrobního programu a na jeho ekonomických možnostech.

Možnosti řešení, které snižují ekologické zatížení způsobené řeznými kapalinami při obrábění kovů:

- nové řezné kapaliny s lepšími vlastnostmi a menší ekologickou zátěží v průběhu vlastního procesu či při likvidaci.
- systémy MQL (Minimum Quantity Liquid), jejich podstatou je minimalizace aplikované řezné kapaliny ve formě jemně rozptýlené směsi aplikované přímo do místa řezu. Množství chladicí kapaliny je kolem 50 ml za minutu.
- obrábění za sucha (Dry Machining) – vychází z technologie, která nevyužívá k řeznému procesu řezné kapaliny.

- zavádění ekologické certifikace do výrobních organizací.
- zajištění kvality, vývoj a zavádění metod zabezpečujících dlouhodobě vysokou stálost kvality řezných kapalin.

Jejich aplikace a respektování umožní přechod na euro normy a splní požadavky legislativy Evropské unie [8]. K dalším významným pilířům environmentalizace patří systematické vzdělávání, nové metody likvidace a recyklace řezných kapalin nebo správná volba ve vztahu k dané technologii a provozním podmínkám [8].

Stále se zpřísňující ekologická legislativa vyžaduje, aby strojírenské podniky používaly odpovídající oleje a maziva [11]. Jednou z možností je používání vodou ředitelných obráběcích kapalin, které nachází široké uplatnění při obrábění kovů. Předností je její biologická odbouratelnost. Dalším nejnovějším ekologickým druhem v sortimentu jsou univerzálně použitelné emulzní obráběcí kapaliny na bázi syntetických esterů šetrných k životnímu prostředí [11].

Firmy, které produkují procesní kapaliny a průmyslová maziva nenabízí jen biologicky odbouratelné produkty, ale zaobírají se i likvidací upotřebených olejů. Zákazníkům také nabízí odvoz a ekologickou likvidaci upotřebených olejů, provozních kapalin i dalších souvisejících produktů, u nichž garantují jejich ekologickou likvidaci. Firmy obdrží doklad o tom, že odpovídajícím způsobem předali nebezpečný odpad k likvidaci.

I když ekologická likvidace není snadnou ani levnou záležitostí, je to jediný možný způsob, jak zachovat přijatelné životní prostředí i příštím generacím [11].

4.1 Volba polotovaru

Správná volba polotovaru a druhu materiálu ovlivňuje technologičnost součásti. Hospodárnost výroby součásti závisí také na stanovení velikosti přídků na obrábění. Z hlediska obrábění je hlavním kritériem výběru polotovaru materiálu jeho obrobitelnost [4].

Z pohledu ochrany životního prostředí je to podle objemu odebraného materiálu (velikost odpadu) a složení materiálu. Stupeň využití materiálu k_m je poměr čisté hmotnosti vyrobené součásti k normě spotřeby materiálu polotovaru, kde je zahrnuta hmotnost polotovaru včetně ztrát materiálu při jeho přípravě (např. ztráty při dělení materiálu) [5]. Ve strojírenství obvykle dosahuje $k_m = 0,4$ až $0,8$.

Stupeň využití materiálu:

$$k_m = \frac{Q_s}{N_m} \quad (4.1)$$

Q_s – hmotnost hotové součásti [kg]

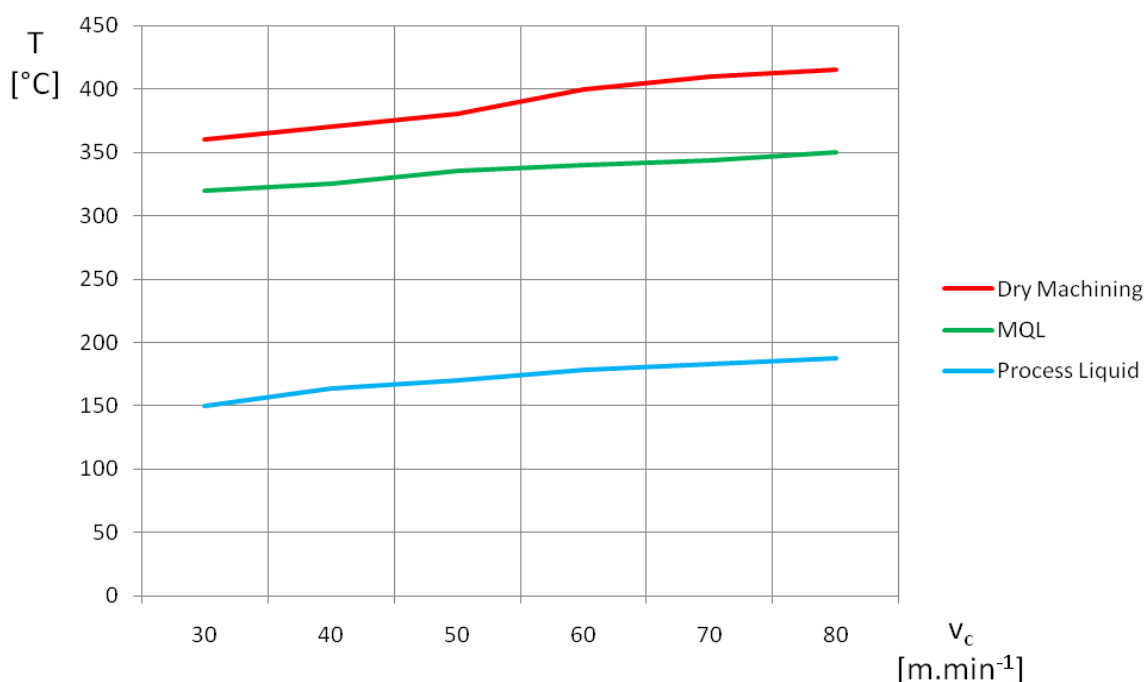
N_m – norma spotřeby materiálu [kg]

Stanovení velikosti přídavků na obrábění se volí vzhledem k vadám povrchu polotovaru, způsobu upínání a způsobu obrábění součásti. Nadměrné přídavky se projeví zvýšenými náklady a zvýšením množství odpadů. Při zvolení malých přídavků se zvyšuje riziko zmetkovitosti v důsledku nedostatku materiálu pro opracování [5].

Úkolem technologa je navrhnout a prosadit vhodný polotovar pro co nejeffektivnější a nejhospodárnější výrobu s minimální ekologickou zátěží [8].

4.2 Obrábění za sucha

Řešením environmentalizace řezného procesu je i eliminace řezné kapaliny [4]. Myšlenka obrábění bez použití chladicího média se zrodila ze zcela pragmatického důvodu. Ekonomické náklady na aplikaci řezných kapalin na obráběcích linkách se pohybují v rozmezí 7 - 17 % výrobních nákladů (vztaheno na jeden obrobek) [8]. Naproti tomu náklady na nástroje se pohybují v rozmezí 2 - 4 % [8].



Obr. 4.1 Vliv chlazení na teplotu řezného nástroje [4]

U technologie s obráběním za sucha je třeba splnit podmínky technologických předpokladů. Pouze jejich naplnění totiž znamená vyřešení celého komplexu velmi náročných a vzájemně propojených problémů [8].

Technologické podmínky pro obrábění za sucha:

- používání obráběcích strojů s kontrolními a regulačními systémy, které umožní usměrňovat a kontrolovat vyšší tepelnou zátěž obráběcího procesu při obrábění za sucha.
- zvýšení tepelné stability použitých nástrojových materiálů na vyšších teplotách.

- snížení energetické náročnosti procesů řezání ovlivněním zdrojů tepla při tvorbě třísky.
- využití nového typu ekologicky inertního plynného nebo tuhého média pro podmínky minimálního úběru třísky.

Nevýhodou obrábění za sucha je absence odvodu tepla z místa řezu. Vysoká teplota nepříznivě ovlivňuje životnost nástroje [17]. Např. snížením teploty o 25 °C se životnost nástroje prodlouží až trojnásobně [22]. Nárůst teploty během obrábění také významně ovlivňuje přesnost měření.

4.2.1 Řezné materiály bez nutnosti chlazení

Suché obrábění bez použití řezných kapalin (Dry Machining) je možné realizovat použitím řezných nástrojů s vysoce kvalitními PVD povlaky, především nanokompozitů TiAlSiN a CrAlSiN [6].



Obr. 4.2 Nové řezné materiály pro obrábění nerezových ocelí [15]

Technologie PVD je obecně šetrnější k životnímu prostředí, protože nemusí používat nebezpečné chemické látky a plyny. PVD je anglická zkratka vycházející z výrazu Physical Vapour Deposition neboli fyzikální nanášení odpařováním [5]. Povlak vychází z principu fyzikálního způsobu odpařování nebo odprašování materiálu. Jako odpařovaný materiál se používá čistý kov, například titan, hliník, chrom a zirkon, nebo jejich slitiny. Dnešní otěruvzdorné PVD povlaky jsou většinou tvořeny nitridy těchto prvků [6].

Proces PVD probíhá ve vakuu a jeho zplodinami jsou zbytky nezreagovaného dusíku a argonu. Zbytky nespotřebovaných odpařovaných kovů (katod) a jejich slitin Ti, Cr, Al, AlSi a Zr jsou recyklovány.

Energie z chladicích okruhů, která se nespotřebuje pro PVD proces, se může využívat k vytápění výrobních prostorů. Celý cyklus výroby pomocí PVD technologie je velmi šetrný k životnímu prostředí [6].

Technologie povlakování CVD (Chemical Vapour Deposition) je principiálně jiná. Oproti PVD má technologie CVD řadu nevýhod. Používání rizikových směsí plynů chemicky reaktivních (např. AlCl_3 , TiCl_4 , CH_4 , apod.), ohřívání na vysokou teplotu 900 až 1100°C a škodlivé odpady s vlivem na ztěžování životního prostředí. Z hlediska ekologických aspektů je výhodnější výroba metodou PVD technologie [4].

Do celkových nákladů na obrábění jsou započteny náklady na procesní kapaliny a jejich ekologickou recyklaci. Povlakované nástroje nevyžadují použití řezných kapalin a to znamená podstatné snížení celkových nákladů a významné snížení zátěže životního prostředí. Z ekonomického hlediska se jedná o úspory v řádech desítek procent [6]. Avšak environmentální vlivy jsou mnohem významnější.

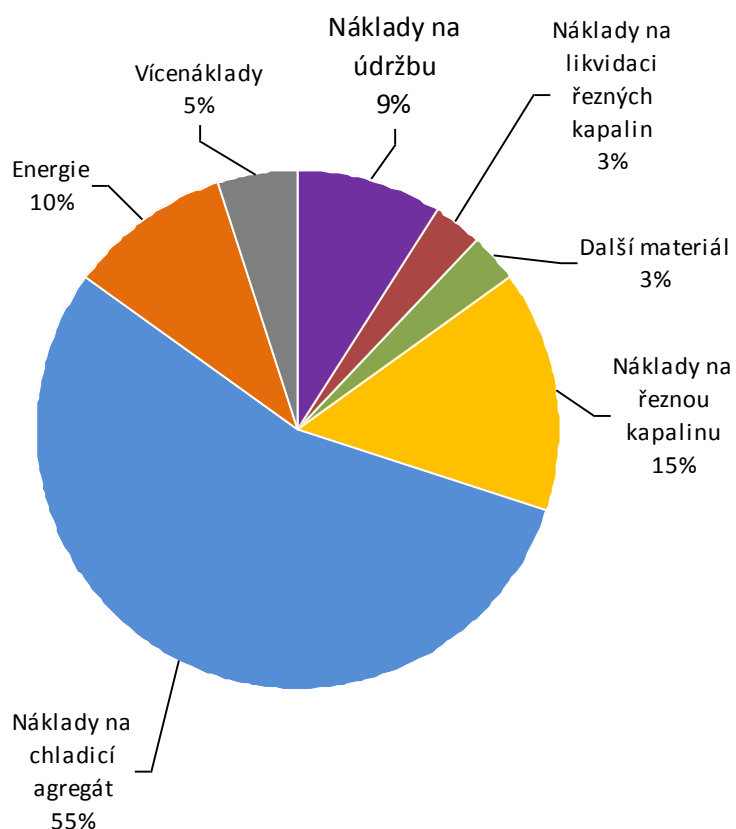
4.3 Obrábění s řeznými kapalinami

Významnou váhu v technologické praxi představují při obrábění kovů řezné kapaliny. Hlavním důvodem pro vývoj řezných kapalin a jejich aplikací byly požadavky definované vlastním technologickým procesem [8].

Požadavky od řezných kapalin:

- chladicí účinek - zajišťuje odvod tepla z místa řezu, přenos tepla mezi nástroj, obrobek, třísku a prostředí.
- řezný účinek - přispívá svým účinkem k snadnějšímu oddělování třísky. Řezná kapalina vniká do trhlin v povrchu obráběného materiálu.
- mazací vliv - zabraňuje vzniku suchého tření mezi styčnými povrchy. Důvodem je minimalizace opotřebení nástroje.
- čištění obrobku - udržuje obráběnou plochu čistou. Odstraňuje z místa řezu vzniklé třísky proudem řezné kapaliny. Nedostatečný odvod třísek z místa řezu může být příčinou opětovného zatažení třísky do řezu, jeho vmáčknutí do již obrobené plochy a k poškození povrchu obráběné součásti.
- zdravotní nezávadnost - obsluhující pracovník přichází do styku s řeznou kapalinou. Požadavky na zdravotní nezávadnost, nesmí obsahovat škodlivé látky (výpary, podráždění pokožky).
- ochrana obrobku - působí protikorozně ochranou obrobku a nástroje.
- provozní náklady - snaha minimalizovat náklady procesu obrábění zejména spotřebou řezného nástroje, procesní kapaliny a její ekologickou likvidaci.
- zabránění tvorby nárůstků - pozitivní ochranný vliv na břit nástroje. Jedná se v podstatě o odstranění, nebo o stabilizaci nárůstku.

Řezné kapaliny v praxi nesplňují všechny požadavky v plné míře [8]. U třískového obrábění požadujeme, aby řezná kapalina měla určitý souhrn vlastností, které zajistí produktivitu obrábění při daných kvalitativních ukazatelích.



Obr. 4.3 Poměr nákladů u řezných kapalin [5]

Jedná se tedy o vymezení konkrétních priorit v technologickém procesu. Mluvíme o širokorozsahových kapalinách a úžeji koncipovaných produktech, které se uplatňují u některých specifických operací [8].

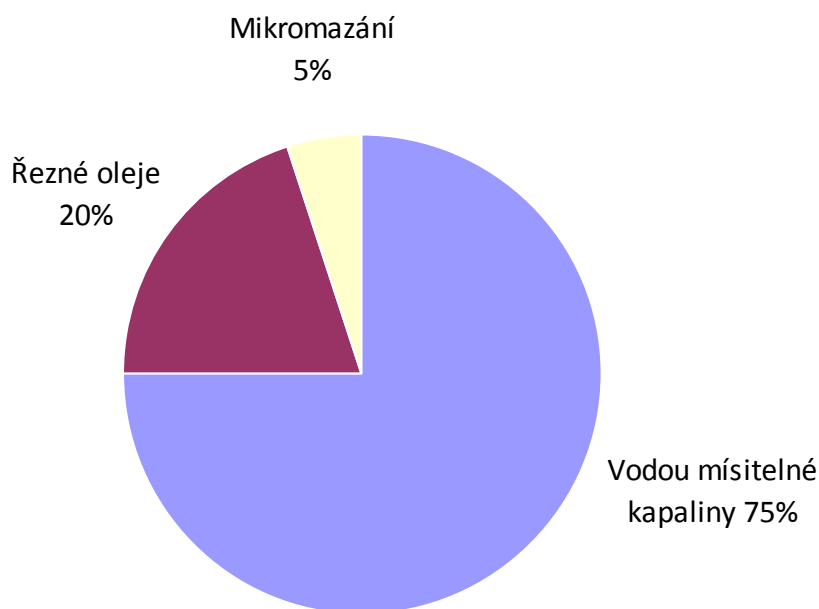
4.4 Srovnání řezných kapalin

Základním dělením řezných kapalin je rozdělení na kapaliny s převažujícím chladicím účinkem a kapaliny s převažujícím mazacím účinkem [4]. Avšak u nových řezných kapalin s převažujícím chladicím účinkem se neustále zvyšuje mazací účinek a tím se zmenšuje rozdíl mezi oběma skupinami [17].

Druhy řezných kapalin:

- vodní roztoky
- emulzní kapaliny
- řezné oleje
- syntetické kapaliny
- polysyntetické kapaliny
- řezná mlha
- plyn
- pevná maziva

V současné době výrazně převažuje použití chladicích kapalin mísitelných s vodou (75 %) viz obr. 4.4. Řezné oleje se podílejí na celkové spotřebě obráběcích kapalin více než 20 %. Ostatní objem představují aplikace tzv. mikromazání (5 %).



Obr. 4.4 Poměr řezných kapalin [11]

4.4.1 Vodní roztoky

Jak už název napovídá, hlavní základ tvoří voda. Řadíme je mezi nejjednodušší řezné kapaliny, které potřebují řadu úprav, jako je přidavek přísad proti korozi, pěnivosti, pro zlepšení smáčivosti a změkčení [17].

Vodní roztoky se vyznačují dobrými chladicími a čistícími účinky [5]. Vlivem stárnutí kapaliny se tvoří kaly s nepříjemným zápachem a vzniká nebezpečí výskytu anaerobních bakterií.

4.4.2 Emulzní kapaliny

Dvě vzájemně nerozpustné kapaliny vytvoří disperzní soustavu, kdy mikroskopické kapky oleje jsou rozptýleny ve vodě [5]. Do této soustavy je nutno ještě přidat třetí složku, tzv. emulgátor zmenšující mezipovrchové napětí emulgovaných kapalin, stabilizující emulzi a zabraňující koagulaci jemně rozptýlených částic oleje ve vodě [17].

Emulzní kapaliny spojují přednosti vody a mazacích olejů. Na koncentraci emulze závisí chladicí účinek emulzní kapaliny a s jejímž nárůstem klesá [4].

Schopnost ochrany proti korozi závisí na tom, jaké hodnoty pH emulze dosahuje. Pro slitiny železa poskytuje dostatečnou ochranu proti korozi hodnota 8 až 9 pH [17].

4.4.3 Řezné oleje

Řezné oleje jsou kapaliny na bázi minerálních olejů [4]. Používají se přísady jako mastné látky, organické sloučeniny a pevná maziva, které zvyšují tlakovou únosnost a mazací vlastnosti [17].

Organické sloučeniny zabraňují kovovému svařování a usnadňují kluzný pohyb. Používají se především prvky jako síra, chlor, nebo fosfor, které se osvědčily jako vysokotlaké přísady [17]. Mezi mastné látky patří zmýdelnitelné mastné oleje, mastné kapaliny nebo syntetické estery. Jejich předností je zlepšení mazacích schopností a zvýšení přilnavosti oleje ke kovu [5].

Dalšími přísadami do řezných olejů jsou pevná maziva, která působí při řezání svým mechanickým účinkem [17]. Díky afinitě ke kovu vytvářejí mezní vrstvu, odolnou proti tlakům a zlepšují mazací schopnosti oleje. Nejrozšířenějšími pevnými mazivy je grafit a sírník molybdenu [4]. V kapalinách se nerozpouští a udržují se v rozptýleném stavu.

4.4.4 Syntetické a polysyntetické kapaliny

Syntetické řezné kapaliny mají velkou provozní stálost. Jejich předností jsou dobré chladicí, mazací a ochranné účinky. Jsou složeny z rozpouštědel (glykolů), které ve vodě emulgují, nebo se rozpustí a neobsahují minerální oleje. Jelikož jsou glykoly průsvitné, máme možnost sledovat průběh obráběcího procesu [5].

Syntetické řezné kapaliny nabízí oproti kapalinám na bázi oleje ekonomické výhody a navíc zajišťují rychlé odvádění tepla, dobrý čistící účinek a jednoduchou přípravu [17].

Vmícháním oleje do syntetických řezných kapalin vznikají polysyntetické řezné kapaliny, které mají vyšší mazací vlastnosti. Olejové částice jsou v polysyntetických kapalinách podstatně menší než v emulzích.

4.4 Vysokotlaké chlazení

Efektivní je metoda vysokotlakého chlazení středem nástroje při třískovém obrábění. V nedávné době ještě nebyly systémy vysokotlakého chlazení příliš účinné.

Chladicí agregát bylo možné buď pouze zapnout, nebo vypnout [7]. Za provozu dával stále stejný objem a tlak chladicí kapaliny bez ohledu na použitý nástroj či operaci. Průtok chladicí kapaliny byl nastaven podle největšího nástroje, který se na obráběcím stroji aktuálně používal. Stabílní průtok bývá zpravidla příliš velký nebo malý, což vede k přehřívání, vzniku páry, degradaci chladicí kapaliny a krátké životnosti filtrů [7].

Další nevýhodou je, že starší chladicí systémy běží často zbytečně i během výměny nástrojů, kdy veškerá kapalina odchází přímo do odpadu.

Ke změně došlo použitím systémů vysokotlakého chlazení vybavených automatickou regulací průtoku [7].

Systémy vysokotlakého chlazení s možností automatické regulace průtoku dodávají pouze množství kapaliny nutné k udržení plného tlaku. Vysokotla- ké čerpadlo přivádí do místa řezu správný objem kapaliny, který automaticky stanoví čidlo zpětného tlaku a mikroprocesor [7].

Regulaci tlaku řezné kapaliny kontroluje a řídí počítač. Libovolnou hodno- tu tlaku z rozsahu, který je dán pro konkrétní jednotku, zvolí obsluha. Takže systém bude čerpat a filtrovat jen potřebné množství bez vedlejších ztrát.

Automatická regulace objemu s možností programování tlaků kapaliny velkou měrou zvyšuje životnost filtrů i čerpadla. Automatická regulace průtoku šetří výrobní náklady podniku [11].

Chladicí systémy čerpající plný objem chladicí kapaliny, regulujeme po- mocí regulátoru tlaku. Procesní kapalina se po průchodu tlakovým ventilem dostává do styku s povrchy, na kterých dochází k jejímu ohřevu [7]. Na těchto místech je vystavena velké třecí síle, která je velmi účinná a dokáže štěpit ře- těžce molekul chladicí kapaliny. To způsobí její degradaci a změnu fyzikálně- chemických vlastností. Chladicím agregátům s regulací průtoku toto nebezpe- čí nehrozí.

Při menším množství čerpané chladicí kapaliny, je předpoklad mnohem delší životnost filtru [11]. Objem čerpané kapaliny je menší, průtok je rovněž nižší, a tím se výrazně snižuje rychlost zanesení filtru. Špatná filtrace má velmi nežádoucí vliv jak na stroj, tak i na přesnost nástrojů.

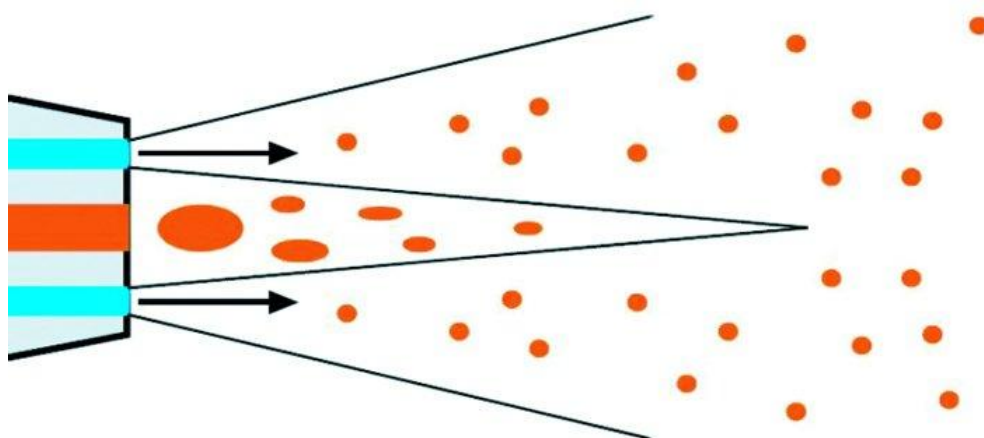


Obr. 4.5 Vysokotlaké chlazení při vrtání součásti [7]

4.5 Chlazení mlhou

Řezná kapalina je rozptýlena tlakem vzduchu vytékajícího z trysky rychlostí až $300 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ [26]. Tryska, popř. více trysek je nasměrováno do místa řezu, respektive k břítu nástroje. Rozpínající se vzduch obsahuje částice řezné kapaliny a má velkou schopnost přejímat vzniklé teplo [3].

Tím se dosahuje velmi dobrého odvodu tepla z místa řezu. Olejová mlha se používá tam, kde chladicí kapalina má malý mazací účinek, nebo tam, kde vlivem vysoké teploty v místě řezu dochází k jejímu odpařování a tím i k velkým tepelným šokům břítu nástroje [26].



Obr. 4.6 Schéma vzniku mazacího aerosolu v koaxiální trysce [26]

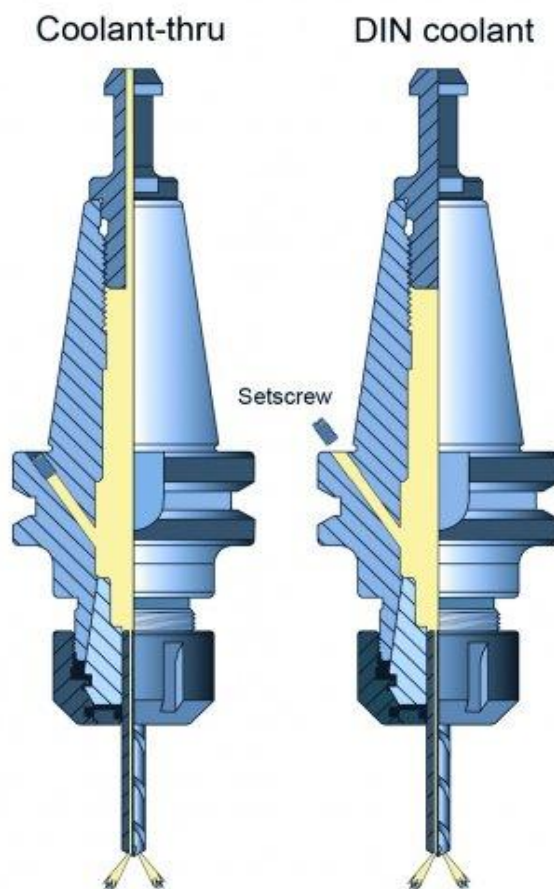
Chlazení mlhou lze aplikovat u třískových technologií, jako je soustružení, vrtání, vrtání dělovými vrtáky, řezání závitů, frézování a dělení materiálů. Přínosem je malé množství spotřebovaného oleje, čímž přispívá ke snižování výrobních nákladů [3].

4.6 Vnitřní chlazení

Řezná kapalina je přiváděna k místu řezu středem řezného nástroje. Vnitřní chlazení přináší výrazné zvýšení výkonu obrábění, umožňuje zvýšení řezné rychlosti [17]. Tato metoda je vhodná pro nástroje s vyměnitelnými břitovými destičkami.

Řezná kapalina proudí tělesem nástroje přímo do místa řezu na břit nástroje. Tohoto způsobu chlazení je možno použít při soustružení, frézování, broušení nebo vrtání [22].

U frézování je procesní kapalina přivedena vnitřním chlazením na každý břit zvlášť. Pokud zvýšíme tlak řezné kapaliny, dosáhneme zvýšení výkonu obrábění a také se zlepší odvod třísek [5]. Při vrtání těžkoobrobitelných materiálů nebo hlubokých děr je použití metody vnitřního chlazení nástrojů velmi účinné [27].



Obr. 4.7 Nástrojové držáky se systémem vnitřního chlazení [27]

4.7 Chlazení plynem

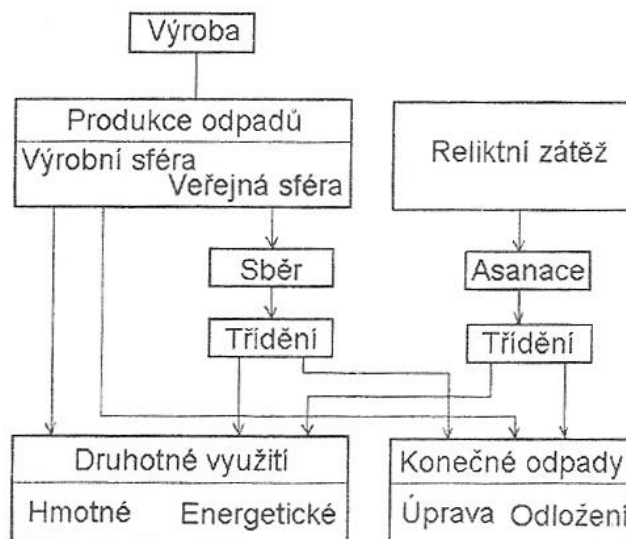
V případě nutnosti chlazení řezného nástroje bez možnosti použití řezné kapaliny se aplikuje metoda chlazení plynem. Obecně má ale metoda chlazení plynem horší chladicí účinky, než chlazení řeznou kapalinou [17]. Je to způsobeno absencí odvodu tepla pomocí teplotního spádu smáčivostí tak, jako je tomu u řezných kapalin [5].

Chlazení pomocí vzduchu se pro jeho malý efekt při třískovém obrábění běžně nepoužívá. Daleko lepší výsledky dosahuje způsob chlazení stlačeným CO_2 . Tenký paprsek CO_2 o tlaku 0,5 – 7 MPa je přiváděn do místa řezu, kde odebírá teplo [17].

Chlazení plynem se používá spíše ve speciálních případech při obrábění těžkoobrobitelných materiálů. Nevýhodou jsou vysoké náklady na provoz a zajištění nezávadného pracovního prostředí pro zaměstnance odsáváním a odvětráváním pracoviště [4].

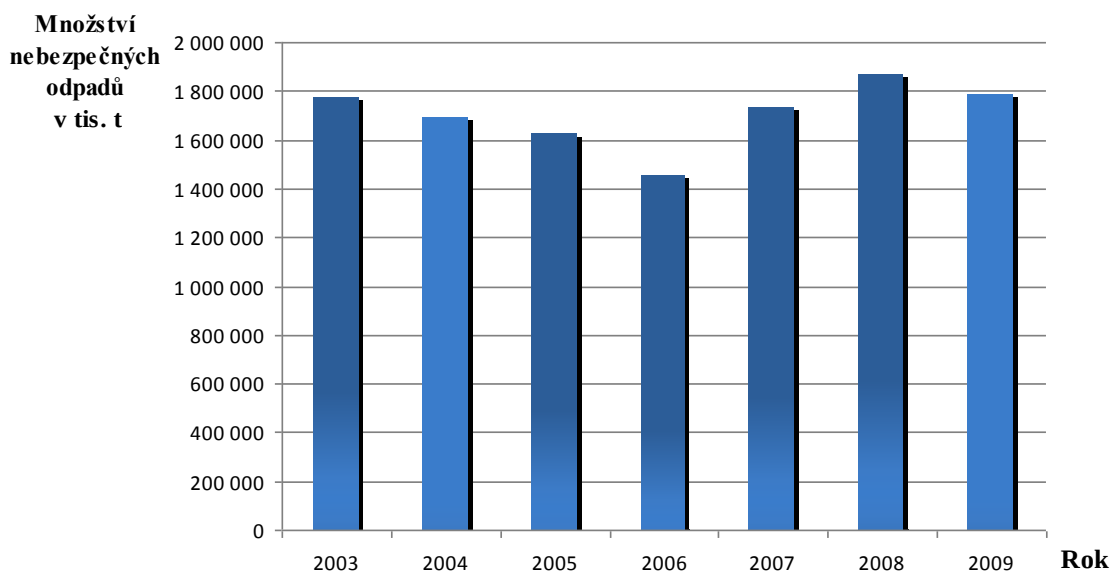
5 ODPADY

Pod pojmem odpad se rozumí látky jakéhokoliv skupenství, produkované lidskou činností, ponejvíce průmyslovou výrobou, pro které není použití a nejsou využívány v další výrobě (Obr. 5.1) [1].



Obr. 5.1 Produkce odpadů [1]

Při třískovém obrábění vzniká ve strojírenských podnicích velké množství odpadů [3]. Platí zde zásada, že v první řadě je třeba předcházet vzniku odpadů a minimalizovat jejich množství a nebezpečné vlastnosti. Toho lze dosáhnout někdy pouze úpravou výrobního postupu, v náročnějších případech přechodem na novou technologii výroby. Pokud vzniku odpadu nejde zabránit, musejí být odstraněny takovým způsobem, který neohrožuje ani lidské zdraví ani životní prostředí [13].



Obr. 5.2 Celková produkce nebezpečných odpadů v ČR v letech 2003 – 2009 [28]

Technologický proces třískového obrábění nelze realizovat tak, aby při něm nevznikaly odpady - tedy bezodpadová technologie. Množství odpadů neustále narůstá a proto problematiku odpadů je nutno řešit komplexně a systémově s producenty a zpracovateli odpadů [12]. Mnohé odpady jsou dále opět využitelné. Označujeme je jako druhotné suroviny.

Odpady lze dělit podle nejrůznějších hledisek, např. dle skupenství na tuhé, kapalné, plynné [12]. Vzniklý odpadní materiál je často možno ještě recyklovat. Při recyklaci a likvidaci odpadů má přednost způsob, který je šetrnější k životnímu prostředí. Základem recyklace je třídění odpadů, nejlépe už u jeho původce.

Třídění smíšeného odpadu je technologicky a tedy i finančně velmi náročné a umožňuje vytržít jen velmi málo látek pro další zpracování [1]. Úroveň cen primárních surovin silně ovlivňuje využití odpadů jako suroviny. Jejich zvyšování dlouhodobě kladně ovlivňuje využití odpadů [12]. Odpad také tvoří opotřebované nástroje a pomůcky [3]. Ale tento odpad většinou neohrožuje životní prostředí.

Problém odpadů jako zdroje druhotných surovin je závislý na řadě faktorů, které se dají shrnout do tří kategorií:

- úroveň cen primárních surovin
- stav vědy a techniky
- stupeň znečištění prostředí

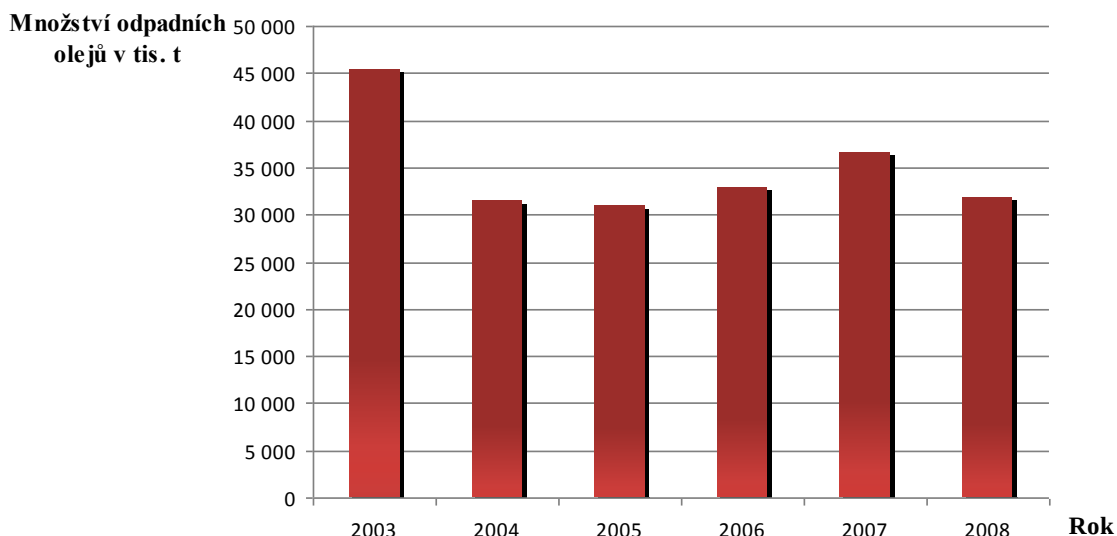
Jiným kritériem je místo vzniku odpadů. U průmyslových odpadů rozlišujeme odpady primární a sekundární. Primární odpady - vznikají v souvislosti s technologickým výrobním procesem, sekundární odpady - při pomocných operacích jako je čištění, údržba, doprava, příjem surovin, balení apod. [14].

V mnoha případech se však nevyhneme výrobnímu procesu s odpady, které je nutno upravit, zneškodnit a poté uložit tak, aby nebyly na závadu životnímu prostředí. Při ukládání odpadu je třeba dbát na jeho vhodné uložení a zabránit kontaminaci, která by v budoucnu jeho využití značně zkomplikovala a prodražila [12].

5.1 Odpadní ropné produkty

Upotřebené mazací oleje (dále jen UMO), představují dnes druhotnou surovinu se specifickou vazbou na recyklaci z užití zpět do rafinerie s mimořádně významným environmentálním dopadem této vazby [14].

Recyklace upotřebených olejů je souhrn technologických procesů, které umožní návrat olejů do stávající nebo nové aplikace [19]. Recyklace zahrnuje jak regeneraci, tak i ošetřování oleje nebo kapaliny. K ošetřování olejů se užívá řada nezávislých technologických procesů, prováděných v průběhu životnosti olejů a kapalin. Upotřebený olej nebo kapalina setrvala ve stroji určitý počet hodin doporučených výrobcem zařízení a jakostní parametry překročily hranici pro bezpečné provozování strojního zařízení.



Obr. 5.3 Celková produkce odpadních olejů v ČR v letech 2002 – 2008 [28]

Cílem je prodloužení životnosti oleje nebo průmyslové kapaliny a snížení opotřebení strojního zařízení [19]. Regenerace je ucelený technologický proces. Upotřebené motorové a průmyslové oleje se jako základová surovina zpracovávají v rafinerii. Regenerovaný olej se pak rozdestilovává, frakce se mísí a ty se následně upravují rafinačními postupy. Výsledným produktem je nový olej.

Při oddělování vody od oleje používáme různé technologie, jako je např. vakuová separace, odstředivky, mikrofiltrace, filtry schopné jímat vodu a různé typy sorbentů [19]. Po odstranění vody, volné i vázané, následuje odstranění mechanických nečistot.

Při odstraňování mechanických nečistot nebo jiných kontaminantů v oleji se zpravidla volí mezi mikrofiltrací, různými druhy filtrů s různou účinností, odstředivkou, elektrostatickým čištěním, aplikací vhodných sorbentů nebo se kapalina nechává jen sedimentovat [19]. Výběr vhodné metody i pracovní postup je určován stupněm a charakterem znečištění a dostupností technologie. Ale i zde hrají svou roli ekonomické ukazatele.

Odstředivý separátor efektivně odstraňuje vodu a pevné částice z různých druhů znečištěného oleje, ať už z řezného, mazacího, hydraulického, nebo kompresorového oleje [20]. Použitím odstředivání, se odseparuje z oleje více než 99 % všech pevných částic o velikosti mezi 2 až 5 μm a prakticky veškerá voda. Přitom v oleji zůstávají veškerá aditiva [20]. Také z oleje efektivně separuje nežádoucí částice z opotřebení a vzdušný prach.



Obr. 5.4 Odstředivý separátor Emmie.2 od firmy Alfa Laval [20]

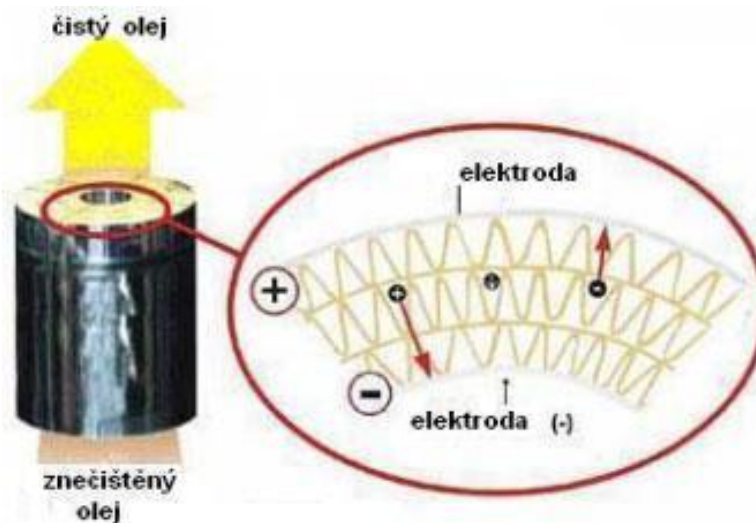
Využitím technologie elektrostatického čištění olejů je z oleje odloučen každý druh a každá velikost znečištění. Touto technologií lze mnohonásobně prodloužit životnost olejů. Cílem je dosažení maximální čistoty oleje a systému stroje [4].

Největším přispěvatelem znečištění v užívaných olejích jsou mechanické nečistoty a produkty stárnutí oleje. Produkty stárnutí vytváří lepidlo v podobě pryskyřičné hmoty, které se v olejovém systému vrství na stěny nádrže a potrubí [18].

Čištění ELC (Electrostatic Liquid Cleaner) pracuje na principu Coulombova zákona. Olej je elektricky nevodivou kapalinou a obtéká v systému elektrod elektrickým polem. Nerozpustné částice v oleji jsou zachycovány na ploše kolektoru. Metoda ELC zaručuje kontinuální odlučování veškerých nečistot, které jsou v oleji nežádoucí, bez rozlišení tvaru, druhu, velikosti, tedy již od molekulárních velikostí. Odstraňuje jak chemické a mechanické produkty stárnutí oleje, tak i běžné nečistoty jako částice prachu, těsniv, otěry, atd. [18].



Obr. 5.5 Čištění olejů metodou ELC [18]



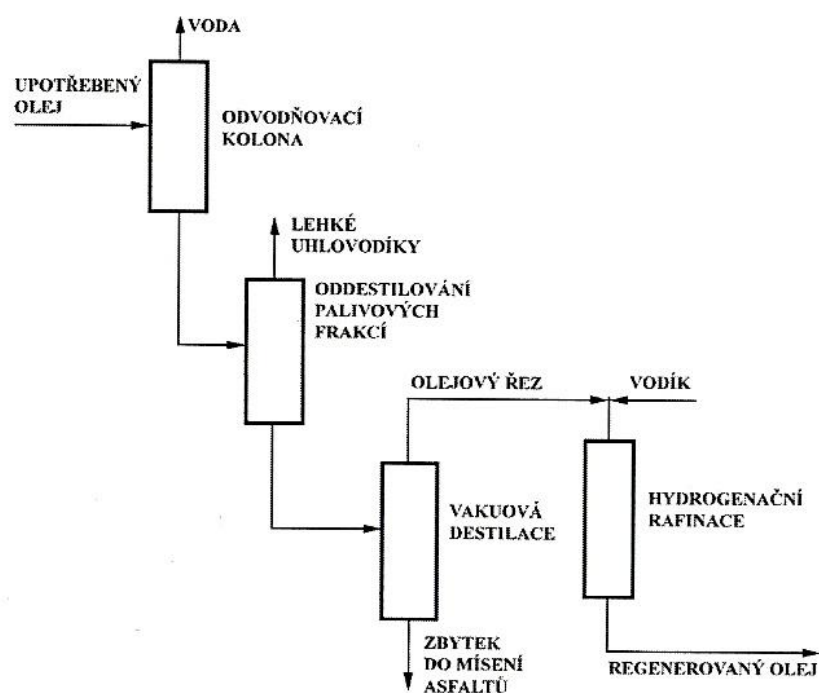
Obr. 5.6 Princip čištění ELC [18]

Z analýz vyplývá, že již velmi malé množství vody v olejovém systému výrazně zvyšuje opotřebení ložisek. Míra poškození oleje a stroje závisí na tom, kolik a jak dlouho působí voda v oleji [4]. Voda je v olejovém systému nežádoucí a proto by měl být každý olej v provozních podmínkách zbavován vlhkosti [19]. Způsobuje urychlení stárnutí oleje a zeslabuje účinek přísad [18].



Obr. 5.7 Dehydrátor [18]

Strojírenské podniky mají dle zákona o odpadech povinnost předcházet vzniku odpadů, omezovat jejich množství [3]. Věda a technika musí nacházet nové technologické postupy pro využití odpadu jako druhotné suroviny. Také by měla tyto technologické postupy zlepšovat, aby výrobky z druhotných surovin byly neustále levnější a zvyšovala se jejich konkurenceschopnost proti výrobkům z klasických materiálů [12].



Obr. 5.8 Blokové schéma regenerace UMO [14]

5.2 Čištění odpadních vod

Pro ochranu životního prostředí a dodržení ekologických limitů používají průmyslové podniky čistírnu odpadních vod (ČOV) [1]. Dnešní čističky odpadních vod jsou schopny na základě analýz čistit a recyklovat většinu odpadních vod [12]. Nabízí nám možnost průmyslové odpadní vody upravit a vypouštět, nebo recyklovat a zpětně využít v dalších technologických procesech výroby.

Kromě standardního chemického čištění odpadních vod se používá biologické dočištění. Z odpadních vod je třeba odstranit oleje, tuky, toxické anionty (chromany, kanidy, fluoridy, fosfáty,...), dále kyseliny a alkálie [21].



Obr. 5.9 Čistička odpadních vod (ČOV) [21]

5.3 Zhutňování pevných odpadů

Jednou z možností jak dále zpracovávat odpad je briketování. Briketování je technologie, která využívá mechanických a chemických vlastností materiálů. Za použití tlaku se v lisovací komoře zhutňují do kompaktního tvaru [9]. Někdy je ke zlepšení soudržnosti použito i pojivo. U technologie briketování pomocí pojidel dochází ke spojování chemicko-hydraulickou cestou.

Technologie briketování bez pojidel vychází z přiblížení jednotlivých částecek na minimální molekulovou vzdálenost. Tato vzdálenost je tak malá, že začnou působit účinné valenční síly ve formě Van der Waalsových sil [10]. Tyto pohyby molekul mohou proběhnout jen za velmi vysokých tlaků.

Kovové odpady v podobě třísek, pilin nebo hoblin, které vznikají při třískovém obrábění je také možno zpracovat briketováním. Kovové brikety se svými vlastnostmi blíží původnímu zlomkovému kovu. Třísky vznikají prakticky

ve všech strojírenských podnicích [9]. Kovový odpad je cennou surovinu, se kterou je potřeba nakládat hospodárně jako s výchozím materiálem [13]. Kovové brikety se dále přepracovávají v tavicích pecích. Třísky mají nízkou objemovou hmotnost (činí $0,1 - 0,6 \text{ t m}^{-3}$) a v neupraveném stavu jsou v ocelárnách a hutích obtížně využitelné [10].

Zpracování kovových odpadů briketováním nabízí mnoho výhod. Mezi ně patří lepší objemová hmotnost vsázky, snížení propalu v ocelárnách a lepší manipulace s briketami oproti volným třískám (úspora manipulačních a přepravních nákladů).



Obr. 5.10 Zhutnění ocelových třísek pomocí technologie briketování [16]

I přesto se ocelárny a hutě musí vyrovnávat s celou řadou problémů vznikajících při použití briketovaných třísek. Zejména z důvodu jejich nízké kvality (zbytky olejů, vlhkost, pomíchání materiálů) a také pro jejich relativně vysokou cenu [10].

Briketovat lze třísky ocelové, litinové, hliníkové, měděné, mosazné, stříbrné či prach ze železáren [9]. Snižování množství odpadu a spotřebované energie chrání životní prostředí. Důkazem je certifikace ISO 1400:2004, jež je mezinárodním standardem vyjadřujícím odpovědnost společnosti k životnímu prostředí.

5.4 Recyklace PVD vrstev

Recyklace řezných nástrojů probíhá odstraňováním starých vrstev PVD [22]. Jedná se o úpravu materiálu před vlastním nanesením nové vrstvy. Principem této úpravy je chemické odleptání použité PVD vrstvy bez narušení materiálu nástroje, pomocí silných oxidačních činidel [22].

Z HSS nástrojů se k odstranění povlaků nejčastěji používá roztok peroxidu vodíku, voda a tetranatriumdifosfátu ohřátý na teplotu přibližně 70 °C [22]. Po odstranění starého povlaku je nutné povrch nástroje opláchnout a krátkodobě pasivovat pomocí vhodného činidla.

Odstranění povlaků z nástrojů ze slinutých karbidů je složitější. Nevhodně zvolená technologie může způsobit narušení struktury materiálu odleptáním kobaltu do hloubky 5 μm a může způsobit vážné problémy při následném povlakování i použití nástrojů [22].

ZÁVĚR

Tak jako každá lidská činnost je spojena s produkcí odpadů a škodlivin, tak i třískové obrábění má vliv na životní prostředí. Ve strojírenské výrobě environmentalizace vyjadřuje vztah výrobních technologií s ekologickými požadavky a příslušnou legislativou. Po nastudování dané problematiky jsem došel k následujícím závěrům.

Hlavní pozornost ochrany životního prostředí se soustřeďuje především na ochranu vod, ovzduší a na problematiku odpadového hospodářství.

Také v pracovním procesu jsou zaměstnanci vykonávající určitou práci vystaveni mnohým vlivům, které jsou ovlivněny složitou soustavou činitelů a mohou vést k poškození zdraví. Pracovní prostředí je při třískovém obrábění znečištěno škodlivinami výparů z řezných kapalin, jemnými kovovými částicemi z technologických procesů a zvýšenou hladinou hluku.

Použití řezných kapalin nám stále poskytuje pro třískové obrábění celou řadu výhod, jako je delší životnost nástroje, vyšší řezná rychlost, posuv, hloubka řezu, rozměrová přesnost a vysoká jakost povrchu. Např. snížením teploty nástroje o 25 °C se jeho životnost prodlouží až trojnásobně. Na procesní kapaliny klademe požadavky, aby byly šetrné k pracovníkům, ať už z hlediska dermatologického nebo z pohledu kvality ovzduší.

Použité řezné kapaliny a upotřebené mazací oleje musí být snadno ekologicky a ekonomicky recyklovatelné. Ekologické a ekonomické aspekty vyžadují odstranění nebo snížení řezných kapalin v obráběcích procesech. Jednou z možností řešení na snížení ekologické zátěže způsobené řeznými kapalinami při obrábění je použití systému MQL (Minimum Quantity Liquid).

Další metodou je obrábění za sucha (Dry Machining). Ta vyžaduje použití řezných nástrojů s vysoce kvalitními povlakovanými materiály. Povlakované nástroje nemusí používat řezné kapaliny, snižují náklady a významně snižují zátěž životního prostředí. V některých případech je ale používání řezných kapalin nenahraditelné, např. při řezání závitů nebo vrtání hlubokých děr.

Správná volba polotovaru a druhu materiálu nejen ovlivňuje technologičnost součástí, ale i objem odebraného materiálu (velikost odpadu) a ochranu životního prostředí. Mnohé odpady jsou dále opět využitelné nebo recyklovatelné.

Odpadní ropné produkty recyklujeme a regenerujeme. Jedná se o ucelený technologický proces, který poskytuje řadu výhod, jako je snížení opotřebení, prodloužení životnosti, snížení nákladů a hlavně eliminuje znečištění životního prostředí.

Environmentalizace třískového obrábění není snadnou ani levnou záležitostí, ale je to jediný možný způsob, jak zachovat zdravé životní prostředí i příštím generacím.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. KUDLÁČEK, Ivan. *Ekologie průmyslu*. 2. vyd. Praha: ČVUT, 2002. 188 s. ISBN 80-01-02495-4.
2. Kolektiv autorů. *Ekologie obrábění*. Ústí n. L.: Univerzita J. E. Purkyně, 2000. 99 s. Dostupné na World Wide Web: <<http://pf.ujep.cz/st/index.htm>>. ISBN 80-7044-328-6.
3. HÄBERLE, Georg, a kol. *Technika životního prostředí pro školu a praxi*. 1. vyd. Praha: Europa-Sobotáles, 2003. 336 s. ISBN 80-86706-05-2.
4. HLUCHÝ, Miroslav; HANĚK, Václav. *Strojírenská technologie 2 - 2. díl: Koroze, základy obrábění, výrobní postupy*. 1. vyd. Praha: Scientia, 1998. 176 s. ISBN 80-7183-127-1.
5. KŘÍŽ, Rudolf; VÁVRA, Pavel. *Strojírenská příručka: 7. svazek*. 1. vyd. Praha: Scientia, 1996. 216 s. ISBN 80-7183-024-0.
6. HOLUBÁŘ, Pavel; JANKŮ, Roman; ZINDULKA, Ondřej. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2. září 2009 [cit. 2011-02-18]. Ekonomické a ekologické efekty PVD technologie. Dostupné z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/ekonomicke-a-ekologicke-efekty-pvd-technologie>>.
7. HNÍDEK, Milan. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 20. října 2010 [cit. 2011-02-18]. Ekonomické i ekologické trendy při třískovém obrábění. Dostupné z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/ekonomicke-i-ekologicke-trendy-pri-triskovem-obrabeni>>.
8. ŠIMÁNEK, Milan. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 14. dubna 2004 [cit. 2011-02-21]. Enviromentalizace řezného procesu a obrábění za sucha. Dostupné z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/enviromentalizace-rezneho-procesu-a-obrabeni-za-sucha>>.
9. PLÍŠTIL, David. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 21. května 2003 [cit. 2011-02-21]. Mechanické zpracování pevných odpadů technologií briketováním. Dostupné z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/mechanicke-zpracovani-pevnych-odpadu-technologiei-briketovanim>>.
10. PLÍŠTIL, David. *Odpady: Odpadové hospodářství, ekonomika životního prostředí* [online]. 15. 7. 2003 [cit. 2011-02-21]. Mechanické zpracování pevných odpadů. Dostupné z WWW: <http://odpady.ihned.cz/c4-10066120-13079220-E00000_d-mechanicke-zpracovani-pevnych-odpadu>.
11. MARŠÍČEK, Roman; ZIMA, Ladislav. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 14. dubna 2004 [cit. 2011-02-21]. Obráběcí kapaliny a průmyslová mazi-va. Dostupné z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/obrabeci-kapaliny-a-prumyslova-maziva>>.
12. HERČÍK, Miloslav; LAPČÍK, Vladimír. *Ochrana životního prostředí*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská v Ostravě, 1993. 200 s.
13. RYCHETSKÝ, Dobromil. *Odpady*. 1. vyd. Šlapanice: ERA, 2001. 139 s. ISBN 80-86517-27-6.
14. VOŠTOLOVÁ, Věra, et al. *Logistika odpadového hospodářství*. vyd. 1. Praha: ČVUT, 2009. 349 s. ISBN 978-80-01-04426-1.

15. EISENHAMER, Petr. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 1. září 2010 [cit. 2011-03-21]. Řezné materiály pro soustružení nerezových ocelí. Dostupné z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/rezne-materialy-pro-soustruzeni-nerezovych-oceli>>.
16. Brikliš: *Briketování kovových odpadů* [online]. 2008 [cit. 2011-03-21]. Kovové odpady. Dostupné z WWW: <<http://www.brikliš.cz/kovy.php>>.
17. KOCMAN, Karel; PROKOP, Jaroslav. *Technologie obrábění*. 2. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, prosinec 2005. 270 s. ISBN 80-214-3068-0.
18. KLEENTEK [online]. 2011 [cit. 2011-04-10]. Princip ELC. Dostupné z WWW: <<http://www.kleentek.eu>>.
19. MM Průmyslové spektrum [online]. 2004 [cit. 2011-04-11]. Recyklace - ekologie i ekonomika. Dostupné z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/recyklace-ekologie-i-ekonomika>>.
20. Alfa Laval: *Efektivní čištění olejů pro každého*: Alfa Laval Corporate AB, 2010. 8 s.
21. TEGAMO [online]. 2010 [cit. 2011-04-12]. Technologie čištění odpadních vod. Dostupné z WWW: <<http://www.tegamo.cz/technologie-cistení-odpadnich-vod>>.
22. JAŠKO, Milan. *Trvanlivost a životnost řezných nástrojů*. Mělník: Integrovaná střední škola technická, 2009. 21 s.
23. *TopolWater* [online]. 2006 [cit. 2011-04-20]. Průmyslové čistírny odpadních vod. Dostupné z WWW: <<http://cistirny.cz/prumyslove-cov.htm>>.
24. *Accu-Lube: Mikromazací systém*. Praha: REXIM, 2010. 9 s.
25. Alfa Laval: *Alfie 500 pro čištění chladících kapalin*: Alfa Laval Corporate AB, 2010. 8 s.
26. PRÁŠIL, Tomáš. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2008 [cit. 2011-04-24]. Přimazávání olejovou mlhou. Dostupné z WWW: <MM Průmyslové spektrum>.
27. NOVÁK, Zdeněk. *MM Průmyslové spektrum* [online]. 2006 [cit. 2011-04-25]. Řezné nástroje na IMTS 2006 Chicago. Dostupné z WWW: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/rezne-nastroje-na-imts-2006-chicago>>.
28. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2011 [cit. 2011-05-13]. Odpadové hospodářství. Dostupné z WWW: <http://www.mzp.cz/cz/odpadove_hospodarstvi>.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
c	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	rychlost šíření zvuku
CVD	-	Chemical Vapour Deposition
ČOV	-	čistírna odpadních vod
E_e	J	mechanická práce obrábění
ELC	-	Electrostatic Liquid Cleaner
EU	-	evropská unie
f	Hz	frekvence
k_m	-	stupeň využití materiálu
MQL	-	Minimum Quantity Liquid
N_m	kg	norma spotřeby materiálu
PACVD	-	Plasma Assisted Chemical Vapour Deposition
PVD	-	Physical Vapour Deposition
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_s	kg	hmotnost hotové součásti
Q_t	J	teplo odvedené třískou
Q_α	J	teplo vzniklé v oblasti tření hřbetu nástroje po pře- chod. ploše obrobku
Q_v	J	teplo vzniklé v oblasti tření třísky po čele nástroje
UMO	-	upotřebené mazací oleje
λ	m	vlnová délka

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Technologické schéma ČOV FLEXIDIBLOK
Příloha 2 Mikromazací systém Accu-Lube
Příloha 3 Alfa Laval Alfie 500 pro čištění chladicích kapalin