

MANAŽMENT REZNÝCH KVAPALÍN

Eva BURANSKÁ

FLUID MANAGEMENT

INTEGRAL SAFETY OF ENVIRONS

INTEGRAL SAFETY OF ENVIRONS '2017

ABSTRAKT

Napriek tomu, že v strojárskych technológiách dochádza určitej eliminácii rezných kvapalín, ktoré sú využívané najmä pri technológii obrábania, väčšinu technológií však nieje možné realizovať bez prívodu reznej kvapaliny do miesta rezu. Zavádzanie environmentálnych noriem tlačí podniky k vytváraniu vnútro podnikových pravidiel, ktoré napomáhajú k predĺženiu životnosti rezných kvapalín a tým aj k redukcii environmentálnych záťaží. Prvoradá je správna voľba a aplikácia reznej kvapaliny pre daný technologický proces, následne jej pravidelná monitorizácia a údržba, a napokon jej recyklácia, pričom rovnako dôležitá je identifikácia zmien v rezných kvapalinách a vzdelávanie pracovníkov tejto oblasti. Tieto činitele sú hlavnou súčasťou tzv. fluid manažmentu, o ktorom pojednáva aj predkladaný článok.

KLÚČOVÉ SLOVÁ : rezné kvapaliny, fluidmanažment, obrábanie

ABSTRACT

Although cutting fluids are eliminated in engineering technologies that are mainly used in machining technology, most of machining operations are not possible without cutting or metalworking fluids. Implementation of environmental standards is pushing companies to the creation of internal rules which help to extend the life of cutting fluids and hence the reduction of environmental impacts. The first priority is the right choice and application of cutting fluids for the technological process, followed by regular monitoring and maintenance and, finally, recycling. Also important is to identify changes in cutting fluids and to educate workers in this area. These factors are a major part of the so-called fluid management, as discussed in the present article.

KEY WORDS: cutting fluids, fluid management, machining

Úvod

Rezné kvapaliny zohrávajú významnú úlohu v strojárskych operáciách, vplývajú na životnosť rezného nástroja, produktivitu práce a kvalitu práce[1]. Postupom času však strácajú svoju kvalitu až napokon stratia svoju účinnosť úplne. Životnosť rezných kvapalín významne závisí od ich efektívneho využitia. S príchodom prísnejších environmentálnych noriem a pravidiel (napr. ISO 14001, ISO 9000 alebo Smernica TRGS 611) sa zvýšila cena rezných kvapalín, zvýšili sa zjavné environmentálne a ekonomické náklady spojené so zvýšením životnosti rezných kvapalín[2]. Prevencia pred znečisťovaním sa stala oveľa atraktívnejšou a zároveň umožnila udržať náklady na prípustnej úrovni. Tieto kombinované činitele mali za následok nahradenie voľného používania rezných kvapalín a doplnenie programov vnútro podnikovými pravidlami riadenia rezných kvapalín. Efektívne programy môžu udržať rezné kvapaliny čisté a výrazne predĺžiť ich životnosť. Mimo to sa zníži množstvo odpadu a vytvorí sa niekoľko stimulov pre vytvorenie programu riadenia rezných kvapalín. Cieľmi fluid manažmentu (programu riadenia kvapalín) sú najmä[3]:

- vzdelávanie pracovníkov, ktorí pracujú s reznými kvapalinami a môžu prispieť ku chybe,
- identifikácia zmien v rezných kvapalinách a ich náprava, ktorými je možné zvyšovať životnosť rezných,
- vzdelávanie pracovníkov zabezpečujúcich efektívny fluid manažment.

Tri zložky úspešného fluid manažmentu sú:

- administratíva,
- monitorovanie a údržba kvapalín,
- recyklovanie kvapalín.

Každé z týchto čiastkových hodnotení zohrávajú úlohu v efektívnom programe riadenia kvapalín.

Základné podmienky používania rezných kvapalín

Správny výber reznej kvapaliny pre špecifickú operáciu obrábania je rovnako dôležitý ako výber stroja alebo nástroja si vyžaduje znalosti o funkciách rezných kvapalín, vlastnostiach, ale aj ich nedostatkoch. Reznú kvapalinu volíme orientačne na základe komplexného rozboru ich vplyvu na trvanlivosť, drsnosť povrchu a na rezné odpory [1][4][5]

Privádzané množstvo reznej kvapaliny podstatne ovplyvňuje jej účinok a hospodárske výsledky obrábania. Ekonomicky odôvodnené množstvo reznej kvapaliny závisí popri nákladoch na nástroje a na prívod reznej kvapaliny aj od konkrétnych podmienok obrábania [6].

Nedávne štúdie ukázali, že celkové náklady spojené s reznými kvapalinami predstavujú 7 – 16 % celkových nákladov na výrobu [7].

Tab. 1 Doporučené množstvá rezných kvapalín pre rôzne metódy obrábania [8]

Metóda obrábania		Množstvo reznej kvapaliny l.min ⁻¹
Sústruženie	hrubovanie	10 až 15
	dokončovanie	8 až 10
	rýchlostné sústruženie	15 až 20
Vrtanie		4 až 10
Zahlbovanie		5 až 6
Vystužovanie		6 až 10
Rezanie závitov		2 až 3
Pret'ahovanie	dokončovanie	8 až 15
	vonkajšie	8 až 12
Výroba ozubenia	hrubovanie	8 až 10
	dokončovanie	2 až 3
Brúsenie	hrubovanie	do 30
	dokončovanie	30 až 60

Spôsob aplikácie

Trenie a tvorba tepla v procese obrábania zohráva negatívnu úlohu pri opotrebovaní rezných nástrojov a zhoršovaní povrchovej vrstvy obrobku. Malé zníženie teploty medzi nástrojom a obrobkom výrazne zlepšuje životnosť nástroja a kvalitu obrobenej plochy. Dobré pochopenie spôsobu privádzania rezných kvapalín (chladiacich techník) v oblasti rezania, ktoré efektívne znižujú tvorbu tepla pri obrábaní, môže viesť k efektívnemu a ekonomickému obrábaniu väčšiny moderných materiálov. V posledných rokoch bolo vyvinutých niekoľko technológií na kontrolu teploty v reznej zóne s cieľom zvýšiť produktivitu a zvýšiť celkovú efektivitu procesu [9][10]

Praktické skúsenosti ukazujú, že spôsob prívodu kvapaliny do miesta rezu významne ovplyvňuje nielen trvanlivosť nástroja, ale aj akosť obrobenej plochy [9]. Jedná sa predovšetkým o tlakové chladenie, podchladzovanie reznej kvapaliny, chladenie hmlou, chladenie vzduchom, chladenie kyslíčnikom uhličitým, vnútorné chladenie, chladenie dvoma kvapalinami pri brúsení a pod. Podstatou všetkých týchto metód je zväčšenie chladiaceho a mazacieho účinku reznej kvapaliny. U väčšiny spôsobov obrábania sa rezná kvapalina privádza do miesta rezania zo strany povrchu obrobku. Existujú však a iné spôsoby prívodu kvapaliny do miesta rezu:

- chladenie vonkajšie na koreň triesky sa používa najčastejšie, ale je menej účinné, lebo chladiaca kvapalina sa privádza na koreň triesky (nie na reznú hranu),
- chladenie vonkajšie na nástroj – tlakové je účinnejšie (kvapalina sa dostane bližšie k miestu primárnych deformácií), ale je menej používané, lebo tu nastáva rozstrek kvapaliny,
- chladenie vnútorné cez nástroj sa používa vo zvláštnych prípadoch (hlbkové vrtanie, brúsenie a pod.). Bežné je u frézovania stopkovými frézami.

Monitorovanie a prevencia pred znečistením

V praxi je menej známa skutočnosť, že zavedenie novej generácie chladiacich emulzií v deväťdesiatych rokoch prinieslo so sebou aj zvýšené požiadavky na rozsah a úroveň medzioperačnej kontroly, respektíve monitorovanie ich technologických vlastností [3]. Klasické chladiace emulzie, s výnimkou centrálnych systémov, sa vzhľadom na krátku prevádzkovú životnosť kontrolovali predtým len zriedka. Väčšinou sa kontrolovali vizuálne a po niekoľkých týždňoch (liatina) až mesiacoch (ocel') sa emulzia vymenila za novú. So zavedením rezných kvapalín novej generácie sa však životnosť strojných náplní predĺžila až na cca 1-2 roky, t.j. po určitom čase sa už nedalo odhadnúť, čo je v stroji, najmä v starších zariadeniach, do ktorých postupne vtekli do nasadenej emulzie aj tzv. cudzie oleje z hydraulického a mazacieho okruhu. V praxi teda vznikla potreba riešiť systém pravidelnej operatívnej kontroly, údržby a monitorovania stavu reznej kvapaliny, aby sa posúdilo, či je spôsobilá splniť stanovené požiadavky na proces obrábania.

Pri prevádzkovom používaní dochádza ku starnutiu procesných médií vplyvom ich oxidácie, tepelného a mechanického namáhania, znečisťovaním a katalytickým účinkom kovov [11]. Na posúdenie stavu rezných médií sa sledujú rôzne fyzikálne a chemické ukazovatele. Sú to hlavne:

- hodnota pH,
- koncentrácie,
- množstvo baktérií,
- obsah nitridov a nitrátov,
- obsah cudzích olejov,
- viskozita,
- bod vzplanutia,
- obsah vody,
- obsah nečistôt,
- odolnosť voči starnutiu,
- iné.

Prevádzková kontrola starnutia reznej kvapaliny musí byť jednoduchá [9]. To sa obmedzuje na posúdenie vzhľadu, pachu a vzhľadu povrchu omývaného reznou kvapalinou. Najjednoduchšie sa pozná zmena akosti u emulzných kvapalín. Súvislý olejový povlak na povrchu emulzie upozorňuje na to, že emulzia je nestabilná. Tiež kaly na dne a stenách nádrže sú známkami zostarutej a znečistenej kvapaliny. Kritickým stavom, ktorý by sa samozrejme nemal dosiahnuť sú škvrny hrdze na plochách stroja. Kontrola sa uskutočňuje indikačnými papierikmi. Ak klesne hodnota pH na 7,5 je nutné reznú kvapalinu upraviť pridaním základnej emulzie.

Problémom ostávajú rezné kvapaliny napadnuté baktériami. Tomu je možné zabrániť baktericidnými prísadami, ktoré ale nemusia mať priaznivý vplyv na stabilitu reznej kvapaliny. Najúčinnjším postupom je čistenie emulzie, dezinfekcia nádrže, prevzdušňovanie emulzie alebo jej sterilizácia nad teplotu 70°C. Rozmnožovaniu baktérií je možné zabrániť i zvýšením alkality emulzie na hodnotu pH 9 až 9,5. Pre rezné oleje neexistuje jednoduchá prevádzková kontrola. Vniknutie vody do oleja sa prejaví hustou emulziou. Rezné oleje starnú veľmi pozvoľna. Stálym doplňovaním úbytku reznej kvapaliny je táto plynule renovovaná.

V súčasnosti prebiehajúcu diagnostiku rezných kvapalín možno na základe spôsobu a periodicity kontroly rozdeliť do nasledujúcich kategórií:

- a) **žiadna kontrola** - emulzia sa používa pokiaľ sa neobjavia problémy súvisiace s kvalitou obrobkov, so zdravotnými problémami obsluhy alebo poškodením stroja,
- b) **jednoduchá prevádzková bez monitorovacích zariadení** - posúdenie vzhľad, pachu kvapaliny a vzhľadu povrchu omývaného reznou kvapalinou,
- c) **operatívna kontrola** :
 - laboratórna,
 - manuálna prevádzková s monitorovacími zariadeniami (napr. ručný optický refraktomer, pH papieriky, papieriky na stanovenie tvrdosti vody a dusitanov),
- d) **real – time kontrola**:
 - monitorovacie systémy bez spätnej väzby (úprava parametrov je manuálna),
 - monitorovacie systémy so spätnou väzbou (úprava parametrov je automatizovaná).

Recyklácia a znova použitie konvenčných rezných kvapalín

Počas prevádzky dochádza k pomerne veľkému úbytku reznej kvapaliny v dôsledku odparovania, rozprašovania a odvodom na trieskach [9]. Tento úbytok činí za jednu pracovnú smenu 8 až 9 % u vodných roztokoch, 5 až 7 % u emulzií a 0,5 až 0,7 % u olejov. Najčastejšiu výmenu vyžadujú vodné roztoky a emulzie. U sústruhov, vrtačiek, frézok je výmena nutná po 6 až 8 týždňoch, pri brúskach po 2 až 4 týždňoch. Dlhšia doba prislúcha jednosmennej prevádzke, kratšia doba potom prevádzke niekoľkosmennej. Pri centrálnom rozvoze, kedy sa uskutočňuje dokonalejšie čistenie, je doba výmeny aj dvojnásobná. Pri obrábaní liatiny a mosadze sa doba výmeny skraca.

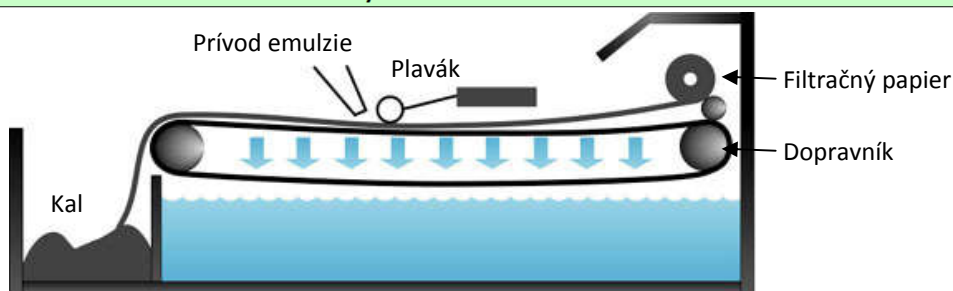
Lehota pre výmenu olejových náplní je dlhšia. Pri jednosmennej prevádzke postačí výmena po jednom roku, pri viacsmennej prevádzke po 6 mesiacoch.

Nečistoty, ktoré sa dostávajú do reznej kvapaliny, negatívne ovplyvňujú výslednú drsnosť obrobenej plochy a majú vplyv i na trvanlivosť nástroja. To sa výrazne prejavuje hlavne pri dokončovacích operáciách. Nečistoty je možné odstrániť jedine dokonalou filtráciou a čistením reznej kvapaliny. Dokonalé čistenie sa vyžaduje predovšetkým pri brúsení.

Rezné kvapaliny sa čistia spravidla dlhodobým usadzovaním alebo filtráciou. Usadzovanie reznej kvapaliny v nádrži po jej odvode z miesta rezu je najjednoduchším spôsobom čistenia reznej kvapaliny. Usadzovanie prebieha pomaly a nerovnomerne. Pre dokonalé usadenie reznej kvapaliny je potrebný jeden deň. Väčšieho účinku je možné dosiahnuť použitím odstrediviek. Tým sa dajú odstrániť nečistoty až do 0,5 %.

Magnetické filtre zaručujú odstránenie všetkých kovových nečistôt a vyrábajú sa ako prietokové alebo rotačné [12]. Tieto filtre nezaručujú vyčistenie reznej kvapaliny od uvoľnených zrn brúsneho materiálu a preto sú často spájané s mechanickými filtrami.

Pri povrchových mechanických filtroch sa nečistoty zachytávajú na povrchu filtračného materiálu, ktorým je filtračný papier, plátno alebo sieťka (obr. 1). Filtračný papier zachytáva nečistoty väčšie ako 1µm. Účinnéjšie sú plátna vyrábané z umelých látok.



Obr. 1 Povrchový mechanický filter [13]

Centrálny rozvod reznej kvapaliny a jej čistenie sa uplatní tam, kde pracuje väčší počet obrábacích strojov s rovnakým druhom reznej kvapaliny. Úprava centrálného čistenia je jednoduchšia pre prevádzku i obsluhu. Rezná kvapalina sa dá tiež ľahšie skontrolovať.

Ak je kvapalina vystavená niektorému z nasledujúcich parametrov nemôže byť recyklovaná a je potrebné ju vymeniť:

- pH je menšie ako 8 (rozhranie normálneho pH je 8,5 až 9,4),
- koncentrácia kvapaliny je menej ako 2 % (normálna je 3 % až 12 %),
- farba je tmavo šedá až čierna (normálna je mliečno biela),
- vôňa je silno skazená alebo kyslá (normálna je jemne chemická).

Pokiaľ nastane úplná degradácia reznej kvapaliny tzn. že jej vlastnosti nebudú spĺňať naše požiadavky či už v dôsledku premnoženia baktérií alebo v dôsledku iných príčin je potrebné kvapalinu zo systému odstrániť a zabezpečiť nové nasadenie kvapaliny.

Použitá emulzie sa nesmú bez predchádzajúcej úpravy vypúšťať do kanalizácie, ani do povrchových vôd i napriek výrokom niektorých dodávateľov, že ich produkty sú biologicky odbúrateľné [2].

Použitá emulzia, ktorá sa po mechanickom prečistení už nebude vracat' do systému by sa mala zlikvidovať takým spôsobom, ktorý bude mať najmenší dopad na životné prostredie.

Najznámejšie postupy likvidácie s vodou zmiešaných rezných kvapalín sú:

- štiepenie emulzií (kyselinami, kvartérnymi amóniovými soľami),
- ultrafiltrácia,
- destilácia.

Štiepenie (niekedy nazývané aj rozrážanie) emulzií je chemický proces, pri ktorom sa atakuje emulziotvorná zložka kvapaliny, teda emulgátor, vďaka ktorému bolo možné vytvoriť emulziu z dvoch vzájomne nemiešateľných zložiek – oleja a vody. Emulgátor sa takto premení na neúčinnú látku a emulzia sa rozdelí na olejovú a vodnú fázu. (Táto metóda je všeobecne tým účinnejšia, čím vyšší je podiel minerálneho oleja v koncentrácii.) Olejová zložka sa likviduje separátne ako akýkoľvek iný priemyselný olej. Vodná fáza sa podľa obsahu zvyškového oleja a ďalších látok ešte dočisťuje ultrafiltráciou, prípadne sa chemicky upraví a vypúšťa sa na čistiacu stanicu odpadových vôd.

Ultrafiltrácia je moderná metóda likvidácie rezných kvapalín. Cez polopriepustnú membránu, resp. cez systém membrán prechádza len čisté rozpúšťadlo (v tomto prípade voda) a látky s veľmi malými molekulami, čím dochádza k zakoncentrovaniu olejovej zložky. Voda po ultrafiltrácii má obvykle takú kvalitu, že sa bez problémov môže vypúšťať do kanalizácie, alebo do povrchových vôd. Olej, ktorý v zariadení zostane, má taký obsah vody, že sa bez problémov môže dať zlikvidovať spoločne s inými priemyselnými olejmi.

Ultrafiltráciu sa môže dočisťovať vodná fáza po štiepení emulzií, alebo sa ňou priamo môžu likvidovať opotrebované emulzie.

Destilácia je energeticky pomerne náročná metóda likvidácie emulzií a roztokov. Preto sa na tento účel využívajú takmer výlučne vákuové filmové odparky, kde sa voda odparuje za zníženého tlaku

z tenkej vrstvy, čím sa usporí energia, potrebná na odparenie vody. Táto metóda je vhodná pre likvidáciu všetkých typov s vodou zmiešaných kovoobrábacích kvapalín (emulzií aj roztokov).

V súčasnosti sa likvidácia emulzií ponúka užívateľovi ako súčasť balíka tzv. Fluid manažmentu alebo chemického manažmentu, ktorý zahŕňa:

- vyčistenie systému,
- naplnenie systému novou emulziou (roztokom),
- sledovanie a dokumentácia jej stavu,
- mechanické a chemické zásahy na predĺženie životnosti emulzie (roztoku),
- dopĺňanie strát,
- odborná likvidácia v zmysle platných predpisov.

Záver

V prevádzke sú kvapaliny na spracovanie kovov na vodnej báze najväčšou skupinou mazív s približne 500 000 tonami hotových mazív. Mazivá na báze vody: cca 25000 t a 17250 t vodné mazivá spotrebované v roku 2009 nemeckým trhom, preto by sa mala začať diskusia o nich[14].

Jednou z možností ako eliminovať množstvo týchto kvapalín je zabezpečenie tzv. fluid manažmentu teda nastavenie istých pravidiel týkajúcich sa správnej, voľby, aplikácie, kontroly a údržby, ako aj recyklácie rezných kvapalín.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] S. Debnath, M. M. Reddy, and Q. S. Yi, "Environmental friendly cutting fluids and cooling techniques in machining: a review," *J. Clean. Prod.*, vol. 83, pp. 33–47, Nov. 2014.
- [2] Dálik, P. 2009. Firemné materiály spoločnosti AGIP. *Kovoobrábacie kvapaliny v teórii a praxi*. [Prezentácia]. Bratislava : s.n., 2009. s. 49.
- [3] Management, Cutting Fluid. 2003. *Iowa Waste Reduction Center University*. 3rd Edition. 2003. A practical pollution prevention guide.
- [4] E. Brinksmeier, D. Meyer, A. G. Huesmann-Cordes, and C. Herrmann, "Metalworking fluids - Mechanisms and performance," *CIRP Ann. - Manuf. Technol.*, vol. 64, no. 2, pp. 605–628, Jan. 2015.
- [5] Oberg, E., Jones, F. D., Horton, H. L., Ryffell, H. H. 2000. *Machinery's Handbook (26th Edition)*. [Online] 2000. [Dátum: 28. Január 2009.] <http://www.knovel.com>. ISBN 0-8311-2625-6.
- [6] Foltz, J. Gregory. 2017. Metalworking fluid management and troubleshooting. [ed.] Jerry P. Byers. *Metalworking fluids*. Third. s.l. : CRC Press, 2017, s. 515. ISBN 9781351230735
- [7] Erdel, Bert P. 2003. *High-speed machining*. [ed.] P. Mitchell. Dearborn : Society of manufacturing engineers, 2003. s. 247. ISBN 0-87263-649-6.
- [8] Kocman, K. 2004. *Speciální technologie obrábění*. Brno : Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2004. Vysoké učení technické v Brně. ISBN 80-214-2562-8.
- [9] S. Debnath, M. M. Reddy, and Q. S. Yi, "Environmental friendly cutting fluids and cooling techniques in machining: A review. Journal of Cleaner Production. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.071> fluids and cooli," *Journal of Cleaner Production*, vol. 83, pp. 33–47, 2014.
- [10] V. S. Sharma, M. Dogra, and N. M. Suri, "Cooling techniques for improved productivity in turning," *Int. J. Mach. Tools Manuf.*, vol. 49, no. 6, pp. 435–453, May 2009.
- [11] Čilliková, M., Pilc, J., Mádl, J. 2008. *Top trendy v obrábání*. Žilina : MEDIA / ST, 2008. s. 144. Zv. IV. Procesné médiá. ISBN 978-80-969789-3-9.
- [12] Brandt, Robert H. 2017. Filtration systems for metalworking fluids. [ed.] Jerry P. Byers. *Metalworking fluids*. Third. s.l. : CRC Press, 2017, s. 515. ISBN 9781351230735

- [13] Emulsionsaufbau. 2010. Firemné materiály spoločnosti Blaser. [Prezentácia]. 2010.
- [14] H. Dwuletzki, "Replacement of metalworking fluids," in *Metalworking Fluids (MWFs) for Cutting and Grinding*, Elsevier, 2012, pp. 368–388.

ADRESA AUTORKY

Ing. Eva BURANSKÁ, PhD.

Ústav Integrovanej bezpečnosti, Materiálovotechnologická fakulta STU v Bratislave so sídlom v Trnave, Ulica Jána Bottu č. 2781/25, 917 24 Trnava
e-mail: eva.buranska@stuba.sk

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.