

Ljiljana Pedišić, Irena Polenus

ISSN 0350-350X  
GOMABN 55, 2, 109-119  
Stručni rad

# METODA CIJEPANJA EMULZIJA ZA OBRADBU METALA KAO POBOLJŠANJE GOSPODARENJA TEKUĆINAMA

## Sažetak

Odabir podobne tekućine za obradu metala nije moguć bez sustavnog razmatranja cijelog životnog vijeka koji uključuje proizvodnju, primjenu i zbrinjavanje. Emulzije za obradu metala primjenjuju se za hlađenje i podmazivanje pri operacijama obradbe metala kao što su valjanje, izvlačenje, bušenje, brušenje, glodanje, piljenje, itd. Emulzije se dobivaju miješanjem koncentrata emulgirajuće tekućine s vodom u radionicama obradbe metala. Koncentrati moraju biti pažljivo formulirani kako bi se dobila potrebna svojstva radnih emulzija. Oni se sastoje od baznih ulja, emulgatora, inhibitora korozije, aditiva za poboljšanje mazivosti, sredstava protiv pjenjenja, biocida i drugih komponenata. Tijekom primjene radne se emulzije onečišćuju "stranim" uljima, mikroorganizmima i drugim nečistoćama koje skraćuju radni vijek emulzije. Rabljene emulzije mogu sadržavati do 10 % mineralnog ulja, pa ih treba tretirati radi odvajanja mineralnog ulja i drugih nečistoća prije nego što se ispuste u kanalizaciju. Odvajanje ulja iz emulzije za obradu metala je teško jer one trebaju biti stabilne tijekom cijelog vremena primjene. Rabljena emulzija se može obraditi na mjestu primjene u tehničkim postrojenjima ili se može predati certificiranim tvrtkama. U radu su dani rezultati ispitivanja fizikalno-kemijskih svojstava rabljenih emulzija i postupka cijepanja u skladu s lokalnim i državnim zakonima.

**Ključne riječi:** tekućine za obradu metala, analiza životnog ciklusa tekućine za obradu metala, emulzije za obradu metala, cijepanje emulzija, kakvoća vode

## 1. Uvod

Funkcije emulzija za obradu metala su hlađenje, podmazivanje, čišćenje radne zone i zaštita od korozije tijekom dugog vremena primjene [1]. Životni ciklus tekućine za obradu metala uključuje formuliranje tekućine kroz odabir optimalnih komponenti, primjenu uz mjere održavanja i zbrinjavanje što je prikazano na slici 1 [2]. Emulzije za obradu metala su stabilni sustavi sastavnih komponenti kao što su mineralna ulja, inhibitori korozije, masna ulja i kiseline, površinski aktivne tvari, sredstva za sprječavanje pjenjenja, bakteriostatici i drugi spojevi u vodi.

Proizvođači tekućina za obradu metala odabiru komponente koje trebaju zadovoljiti sve radne zahtjeve, ali ne smiju biti opasne za radnike i okoliš.



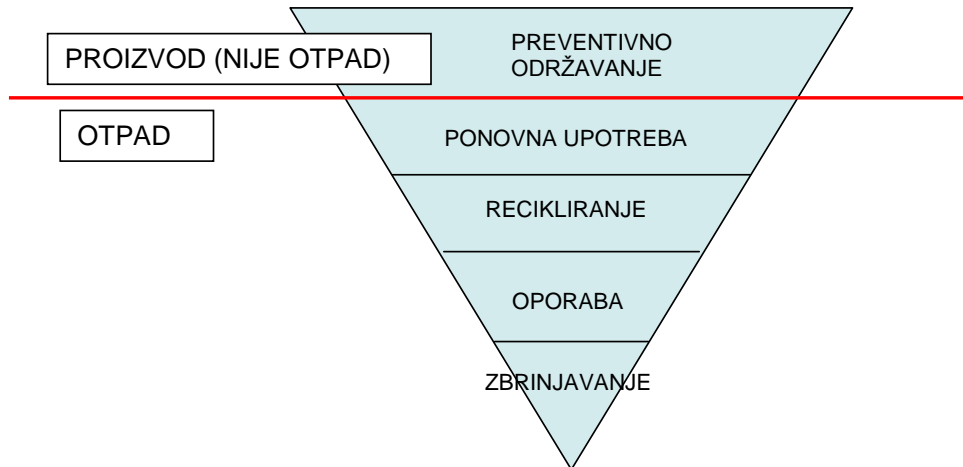
Slika 1. Procjena životnog ciklusa tekućina za obradu metala

Primjenom emulzije dolazi do njenog onečišćenja raznim materijalima kao što su metalne čestice, brusni materijali, "strano ulje" (ulja s kliznih staza, hidraulička ulja, materijali za zaštitu od korozije), anorganske soli, produkti oksidacije, sapuni, organska onečišćenja, mikroorganizmi i drugi [3]. Navedena zagađivala utječu na stabilnost i kvalitetu emulzije i uzrokuju gubitak radnih svojstava emulzija. Konačno zagađivala skraćuju radni vijek emulzija. Tijekom primjene emulzija se može tretirati kemijskim ili fizikalnim metodama kako bi se produžio radni vijek [4]. Međutim, kada nije moguće vratiti radna svojstva emulzije, u tom trenutku zagađenu emulziju treba zamijeniti svježom emulzijom da bi se nastavio pravilan rad procesa obradbe metala [5]. Zagađena ili istrošena emulzija sada postaje otpadna emulzija koja se ne može ispustiti u industrijski kanalizacijski sustav bez pročišćavanja zbog velike količine organskih i anorganskih tvari koje su štetne za okoliš. U skladu sa zahtjevima odgovarajućih zakona, otpadne emulzije se moraju ispravno obraditi [6,7].

## 2. Klasifikacija otpadnih emulzija

Uredba Europske komisije, Directive 2008/98/EC, postavila je osnovne pojmove i definicije koji se odnose na gospodarenje otpadom, kao što je definicija otpada, recikliranje i uporaba [8]. Ona definira kada otpad prestaje biti otpad i postaje sekundarna sirovina te kako razlikovati otpad i nusproizvod. Također propisuje neke osnovne principe upravljanja otpadom: potrebno je otpadom upravljati bez ugrožavanja ljudskog zdravlja i okoliša, a posebice bez opasnosti za vodu, zrak, tlo, biljke ili životinje, ne uzrokujući buku ili neugodne mirise, i bez štetnih utjecaja na prirodu ili mjesta od posebnog interesa.

Zakone o otpadu i politiku EU zemlje članice trebaju primijeniti u prioritarnom redu hijerarhije gospodarenja otpadom, kao što je prikazano slikom 2.



Slika 2: Prioritetni red hijerarhije gospodarenja otpadom

Direktiva uvodi pojmove "onečišćivač plaća" i "proširena odgovornost proizvođača". Tu se uključuju naknade za opasni otpad i otpadna ulja. Ova Uredba definira kategorije, vrste i klasifikaciju otpada ovisno o svojstvima i mjestu nastanka otpada, te utvrđuje katalog otpada, popis opasnog otpada i popis otpada u prekograničnom prometu. Otpadne tekućine od obradbe metala razvrstavaju se u skupinu 12 u skladu s Europskim katalogom otpada i predstavljaju opasni otpad:

12 00 00 - Otpad iz oblikovanja i fizičke i mehaničke površinske obradbe metala i plastike,

12 01 08 - Otpadna emulzija koja sadrži halogene,

12 01 09 - Otpadna emulzija bez halogena [9].

Postoje četiri glavna stupnja nastanka i tijeka otpadnih ulja ili emulzija:

- Proizvođač / Uvoznik svježe tekućine
- Posjednik otpadnog ulja ili emulzije - rezultat procesa obradbe metala
- Skupljač otpadnih ulja i emulzija-ovlaštena tvrtka
- Ovlaštena tvrtka za tretiranje / zbrinjavanje otpadnih ulja ili emulzija [10].

Prema europskim i hrvatskim zakonima, otpadna ulja ili emulzije treba prikupljati odvojeno, transportirati, obraditi i analizirati u laboratorijima koji su autorizirani i svi koraci trebaju biti popraćeni odgovarajućom dokumentacijom. Uzorkovanje vode i ispitivanje pokazatelja svojstava i dopuštene koncentracije opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama mogu obavljati samo ovlašteni laboratoriji, a ispitivanja se provode u skladu sa standardima i vodopravnim dozvolama [11].

Uredba o graničnim vrijednostima pokazatelja, opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama, definira granične vrijednosti pokazatelja za industrijske otpadne vode prije njihova ispuštanja u sustav javne odvodnje ili u drugi prijamnik [12].

### Postupci zbrinjavanja rabljenih emulzija za obradu metala

Postoje mnoge metode za obradu rabljenih emulzija radi smanjenja otpada koji se mogu svrstati u tri skupine [13,14]. Primarne metode su uklanjanje slobodnog plutajućeg ulja i mehaničkih čestica pomoću skimera, separatora, filtracijom i sličnim napravama. Sekundarne metode obradbe uključuju odvajanje emulgirajućeg ulja iz vode. Tercijarne obradbe uključuju poboljšanje kakvoće odvojenih faza reverznom osmozom, nanofiltracijom, aktivnim ugljenom, elektrofiltracijom, UV (ultraljubičastim) zračenjem, mikroorganizama, itd. Korisnici tekućina za obradu metala općenito imaju dvije mogućnosti na raspolaganju za zbrinjavanje otpada. Mnoge tvornice imaju postrojenja za obradu emulzija ili otpadnih voda. Skuplji je način da se tekućina transportira na obradbu u tvrtke za obradbu otpada. Nakon predobrade sama emulzija se mora razdvojiti na vodu i uljnu fazu (cijepati) [15]. Tablica 1 daje usporedbu svojstava postupaka koji se najčešće koriste. Kvaliteta i mogućnost primjene odvojenih faza otpadne emulzije također utječu na izbor najprikladnije metode za cijepanje.

Tablica 1. Usporedna svojstva nekih metoda za cijepanje emulzija

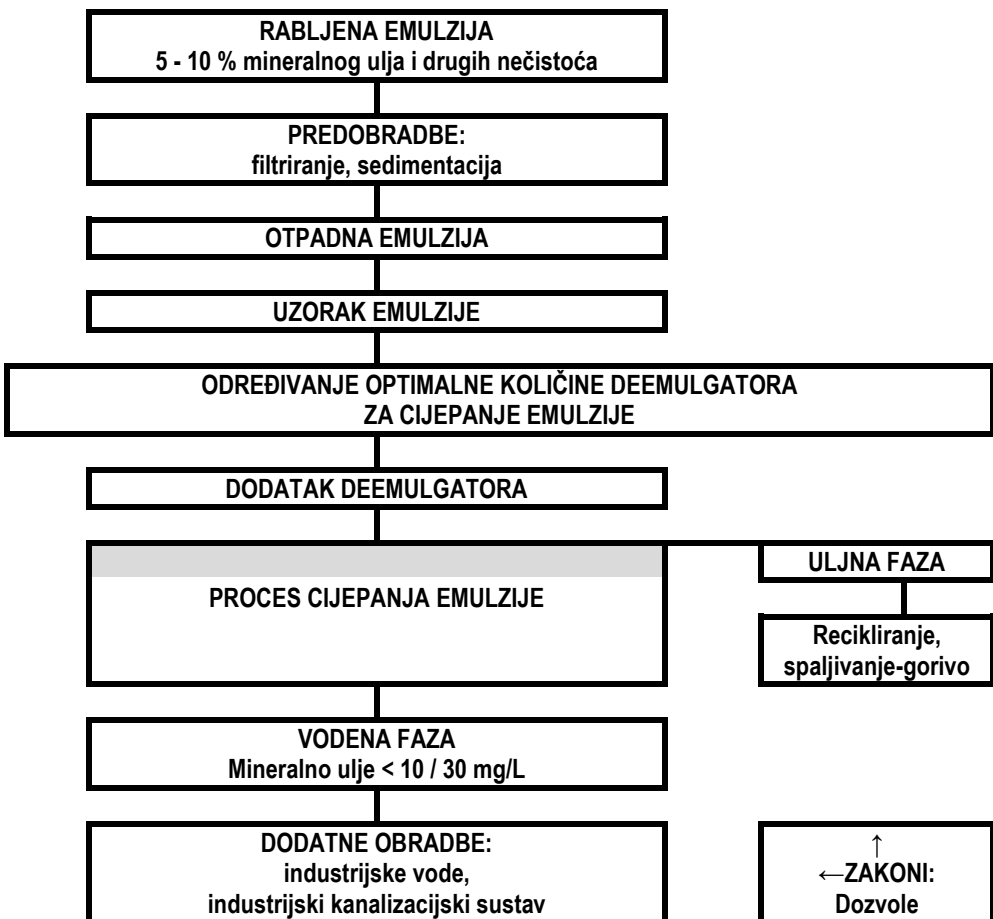
SVOJSTVA	MEMBRANSKA FILTRACIJA	ISPARAVANJE	CIJEPANJE KISELINOM	ORGANSKO CIJEPANJE
Investicijski troškovi	srednji	visoki	mali	mali
Radni troškovi	srednji	srednji do visoki	mali	mali
Smanjenje KPK	malo	veliko	veliko	veliko
Smanjenje sadržaja ulja	veliko	veliko	veliko	veliko
KAKVOĆA VODE	visoki sadržaj emulgatora	visoke čistoće	jako kisela	čista
Ponovna upotreba	moguća	moguća	ne bez dodatne obradbe	moguća
KAKVOĆA ULJA	visok sadržaj vode	nizak sadržaj vode	jako kiselo	nizak sadržaj vode
Ponovna upotreba	moguća	moguća	djelomično	moguća

Valja istaknuti da se ulja i emulzije koje sadrže klor smatraju štetnima i stoga podliježu posebnim zakonima. To znači da se posebna pozornost treba posvetiti prilikom odabira maziva za primjenu, a to također čini upravljanje takve uljne faze složenijim. Prilikom odabira metode za cijepanje emulzije treba uzeti u obzir sljedeće podatke:

- vrsta emulzije
- vrsta ulja sadržana u emulziji

- sadržaj plivajućeg ulja u emulziji
- pH emulzije
- sadržaj krutih čestica i drugih zagađivala
- dodatne površinski aktivne tvari (detergenti od pranja stroja ili dijelova)
- vrsta mehaničke obradbe ako je primijenjena za čišćenje otpadne emulzije prije nego što je prikupljena
- raspoloživost postrojenja
- energetska bilanca, i dr.

Proces zbrinjavanja i cijepanja rabljene emulzije deemulgatorom prikazan je na sl. 3.



Slika 3: Dijagram tijeka cijepanja rabljene emulzije

## 4. Eksperimentalni dio

### 4.1. Tekućine za ispitivanje

Rabljene emulzije koje treba cijepati dobivene su iz dvije radionice za obradbu metala. To su dvije vrste emulzija: E1 konvencionalna i E2 polusintetička, koje su nastale miješanjem dvaju koncentrata emulgirajućih tekućina za obradbu metala s vodom. Koncentrati tekućina za obradbu metala proizvedeni su u skladu s ekološkim i sigurnosnim propisima. Emulzija E1 je rabljena emulzija koja je napravljena od koncentrata emulgirajuće tekućine konvencionalnog tipa koji sadrži 70 % mas. mineralnog ulja, alkil-derivate jantarne kiseline, poliglikol-etera i prirodne karboksilne kiseline, i ne sadrži spojeve klora. Miješanjem s vodom nastaje bijela mliječna stabilna emulzija. Koncentrat polusintetičke tekućine sadrži 30 % mas. ulja, smjesu masnih karboksilnih kiselina, eter karboksilat, etoksilirane masne alkohole i ne sadrži spojeve klora. Miješanjem s vodom formira poluprozirne žućkaste stabilne mikroemulzije. Svojstva primijenjenog deemulgatora dana su u tablici 2.

Tablica 2: Svojstva deemulgatora

Svojstva	Deemulgator	Metoda
Izgled i boja	bistra, svjetložuta tekućina	vizualno
Gustoća pri 20 °C, g / cm <sup>3</sup>	1,167	ASTM D 4052
Kinematička viskoznost pri 40 °C, mm <sup>2</sup> / s	86	ISO 3104
pH vrijednost (1 % mas. u DV)	6,9	ASTM D 1287
Izgled i boja (1 % mas. u DV)	bistra, bezbojna tekućina	vizualno

DV = demineralizirana voda

### 4.2. Cijepanje emulzija deemulgatorom

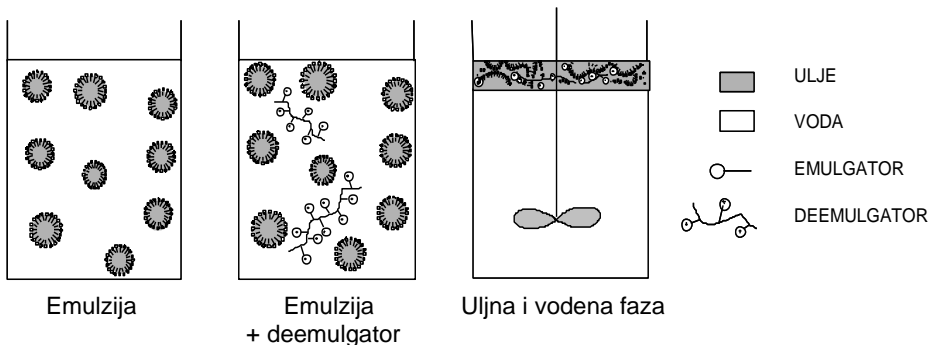
Potrebna količina deemulgatora za uspješno razdvajanje emulzije koju treba obraditi određuje se na malim uzorcima. Proces cijepanja emulzije deemulgatorom odvija se pri normalnoj temperaturi, a najbolje od 18 do 22 °C. U više staklenih čaša od 150 mL treba uliti 50 g ispitivane emulzije, a zatim u svaku čašu dodati određenu količinu deemulgatora. Staviti ispitne čaše na Variomag Telesystem mješač, miješati umjerenom brzinom 10 minuta, a zatim ostaviti mirovati dok ne počne razdvajanje, a najdulje jedan sat. Ukoliko se ne pojavi razdvajanje pripremiti nove smjese s većim ili manjim omjerom dodatka deemulgatora, ovisno o svojstvima ispitivanih emulzija. Svojstva koja se prate i ocjenjuju kod cijepanja emulzije su bistroća vodene faze i odvojenog ulja, a označavaju se stupnjevima od 0-4 danim u tablici 3.

Nakon određivanja optimalne količine deemulgatora na malim uzorcima emulzije, pripremi se potrebna količina deemulgatora za cijepanje emulzije u reakcijskoj posudi od dvije litre. Ako su dobivena zadovoljavajuća svojstva odvojenog vodenog sloja prema odobrenim kriterijima Vodopravne dozvole postupak se primjenjuje za cijelu količinu otpadne emulzije (za 10 i 15 t). Ova smjesa se miješa mehanički tijekom jednog sata. Nakon 24-satne reakcije analizira se vodena faza.

Tablica 3. Ocjene cijepanja emulzije

OCJENA CIJEPANJA	STANJE EMULZIJE	
0	nerazdvojeno	nepromijenjena emulzija
1	nešto se razdvojilo	još emulzija
2	odvajanje gotovo dobro	vodena faza još vidljivo mutna
3	odvajanje dobro	vodena faza malo mutna
4	odvajanje potpuno	vodena faza bistra

Schema procesa i mehanizma destabilizacije emulzije dodatkom deemulgatora odgovornog za cijepanje emulzije prikazana je na slici 4.



Slika 4: Schema mehanizma cijepanja emulzije deemulgatorom

#### 4.3. Metode ispitivanja vode i emulzije

Svojstva emulzije i vodene faze određuju se standardnim metodama ispitivanja: za vodu i ispitivanja otpadnih voda [16], kemijsku potrošnju kisika (KPK) i sadržaj liofilnih spojeva prema DIN 38409 i drugim standardnim metodama ASTM [17]. Kemijska potrošnja kisika (KPK), izražena u mg O<sub>2</sub> / L, određena je metodom DIN 38409-H41. Postupak određivanja KPK se temelji na principu oksidacije organskih tvari u uzorku kalijevim bikromatom u sumporno-kiselom mediju uz srebrov sulfat kao katalizator. Nakon završetka procesa oksidacije količina utrošenog bikromata određuje se titrimetrijski. Sadržaj liofilnih tvari određuje se prema DIN 38409-H18, uključuje određivanje ukupnih ulja i masti, a zatim i sadržaj mineralnih ulja. Metoda se sastoji u ekstrakciji određene količine uzorka organskim otapalom (CCl<sub>4</sub>), a zatim mjerenju intenziteta na specifičnim valnim duljinama iz spektrografa dobivenog FTIR spektrometrom (Perkin Elmer Spectrum One). Za određivanje sadržaja mineralnog ulja ekstrakt se propusti preko aluminijskoga oksida i ponovi određivanje sa spektrografa. Nakon toga se izračunaju sadržaji liofilnih tvari i mineralnog ulja, a rezultat se izražava u mg / L. Sadržaj metala se određuje energijsko-disperzivnom rendgenskom fluorescentnom spektrometrijom (EDXRF) prema normi ASTM D6052 na instrumentu Oxford X-Supreme.

Mjere se rezultante pobuđivanja energije ispitivanog uzorka iz izvora X-zračenja, a intenzitet se uspoređuje s kalibracijskim krivuljama za svaki element. Za određivanje udjela koncentrata u emulziji upotrijebljen je optički refraktometar tip 0-32, s prilagođenom skalom za direktno očitavanje u % mas. pH vrijednost je određena potenciometrijski kombiniranom elektrodom po normi ASTM D 1287.

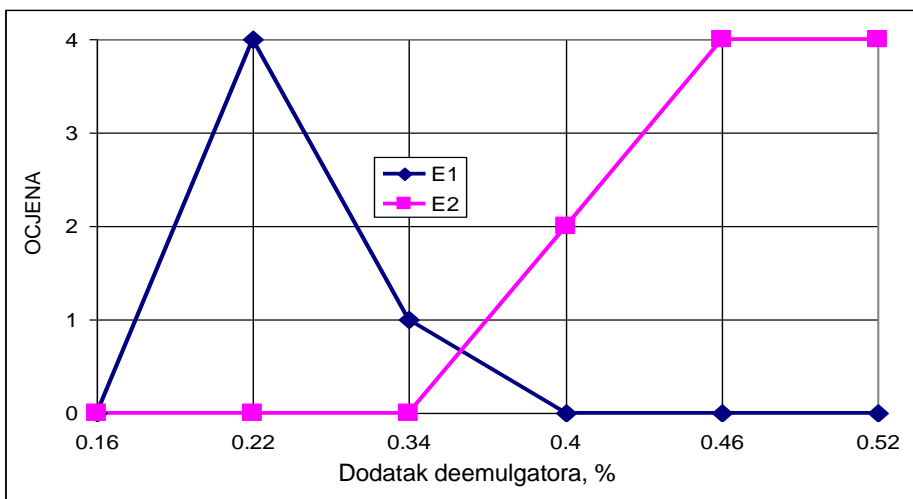
## 5. Rezultati i rasprava

U tablici 4 dana su neka svojstva testiranih rabljenih emulzija. Rabljene emulzije ne sadrže slobodno plivajuće ulje, metalne čestice kao niti druge mehaničke nečistoće, što je postignuto laboratorijskom metodom uzimanja uzoraka.

Tablica 4. Svojstva testiranih rabljenih emulzija

SOJSTVA	EMULZIJA E1	EMULZIJA E2
Izgled i boja, vizualno	mlječna, tamno bež	polumlječna, siva
Omjer koncentrata, očitane refraktometrom, % mas.	3,4	3,1
pH vrijednost, ASTM D 1287	8,9	9,0
Vrsta obradbe metala, obrađivani materijal	tokarenje, čelik, mjed, aluminij	brušenje, glodanje, čelik, lijevano željezo
Radni vijek, mjeseci	6	8
Količina otpadne emulzije, t	10	15

Na slici 5 prikazani su rezultati određivanja količine dodavanja demulgatora za destabilizaciju, odnosno za cijepanje emulzija E1 i E2.



Slika 5: Rezultat određivanja optimalne količine dodavanja deemulgatora za cijepanje E1 i E2 (% mas.)



INA-postupak za cijepanje emulzija temelji se na primjeni organskog polielektrolita kao deemulgatora [18]. Deemulgator koji se dodaje u emulziju poremeti ravnotežu emulzije prema Stockes-ovom zakonu [19]. Emulzije za obradu metala trebaju biti stabilni sustavi tijekom cijelog razdoblja primjene. Ulje i voda nisu mješljivi tako da ne mogu formirati stabilnu emulziju. Stoga se za stabilizaciju u koncentrat dodaju površinski aktivne tvari, emulgatori. Dodavanjem polielektrolita emulzija postaje nestabilna; proces razdvajanja započinje stvaranjem gušćeg sloja tzv. vrhnja, a nastavlja se sedimentacijom, flokulacijom, koagulacijom i cijepanjem na odvojene faze [20]. Učinkovitost cijepanja emulzije procjenjuje se preko kakvoće vodene faze (VF). Rezultati određivanja fizikalno-kemijskih svojstava vodene faze dani su u tablicama 5 i 6. U usporedbi s početnim vrijednostima svojstava, učinkovitost smanjenja KPK u rabljenoj emulziji je viša od 90 %. Vrijednost pH ostaje u neutralnom području. Smanjenje sadržaja mineralnih ulja u vodenoj fazi je preko 99 %. Može se primijetiti da je sadržaj metala u vodenoj fazi ovisan o vrsti obrađivanog materijala. Rezultati svojstava vodenih faza ispitivanih emulzija pokazuju da svi parametri zadovoljavaju granice važeće vodopravne dozvole i lokalnih zakona.

Tablica 5: Rezultati ispitivanja emulzije (E1) i vodene faze (VF1) nakon cijepanja za dodatak deemulgatora od 0,22 % mas.

SVOJSTVA	E1	VF1	SMANJENJE	GRANICE*
Boja	mliječna, tamno bež	bistra, bezbojna	-	-
pH Vrijednost	8,9	8,4	0,5	6,5 – 9,5
KPK, mg O <sub>2</sub> / L	54 100	4 130	92,36 %	700
Liofine tvari, mg / L	-	15,2	-	100
Mineralno ulje, mg / L	15 540	0,09	99,99 %	30
Sadržaj -Fe, mg / L		3,8		10
-Al, mg / L		3,0		4
-Ni, mg / L		0,1		200
-Cu, mg / L		1,9		20

\* Granične vrijednosti prema lokalnim zakonima o vodi i vodopravnoj dozvoli (najviše)

Tablica 6: Rezultati ispitivanja emulzije (E2) i vodene faze (VF2) nakon cijepanja za dodatak deemulgatora od 0,46 % mas.

SVOJSTVA	E2	VF2	SMANJENJE	GRANICE*
Boja	polumliječna, siva	bistra, bezbojna	-	-
pH Vrijednost	8,8	8,5	0,3	6,5 – 9,5
KPK, mg O <sub>2</sub> / L	158 340	5 795	96,34 %	700
Liofine tvari, mg / L	-	17,6	-	100
Mineralno ulje, mg / L	4 343	0,1	99,99 %	30
Sadržaj -Fe, mg / L		9,3		10
-Al, mg / L		0,0		4
-Ni, mg / L		0,2		200
-Cu, mg / L		0,0		20

\* Granične vrijednosti prema lokalnim zakonima o vodi i vodopravnoj dozvoli (najviše)

Uljne faze koje plutaju na površinama vodenih faza su guste, tamnožute boje i mogu se tretirati bez dodatnih troškova, jer su obje tekućine za obradbu metala novog tipa tekućina koje ne sadrže klorirane spojeve.

## 6. Zaključak

U smislu cjelovitog upravljanja tekućinom proizvođači tekućina za obradbu metala čine više od same proizvodnje novih modernih proizvoda. Tako, oni također daju preporuke za izbor maziva, sudjeluju u održavanju emulzija i predlažu najbolju metodu za cijepanje rabljenih emulzija.

Za poboljšanje upravljanja tekućinom razvijena je metoda za cijepanje emulzija kao servisna podrška za korisnike. U usporedbi s drugim metodama, prednosti INA-postupka za cijepanje rabljenih emulzija su da nema potrebe za skupim postrojenjima, grijanjem niti velikom potrošnjom energije. Nema dodatnog taloženja, pH vrijednost vodene faze je neutralna i odvajanje ulja prelazi 99 %. INA-postupak cijepanja rabljene emulzije može se primijeniti kod potrošača na mjestu nastanka otpada, ili se rabljena emulzija može transportirati proizvođaču tekućine odnosno u proizvodno postrojenje na obradbu. Ova metoda zaokružuje cjelovito upravljanje tekućinom što pridonosi zaštiti radnika, poboljšava industrijsku higijenu, smanjuje količinu otpada i zagađenje okoliša, smanjuje ukupne troškove i doprinosi preporuci o proširenoj odgovornosti proizvođača.

### Literatura:

- [1] Brinksmeier, E., Meyer, D., Huesmann-Cordes A.G., Herrmann, C.: Metalworking fluids-Mechanisms and performance, CIRP Annals - Manufacturing Technology, **64** (2015), 605 – 628
- [2] Skerlos, S.J., Hayes, K.F., Clarens, A.F., Zhao, F.: Current Advances in Sustainable Metalworking Fluids Research, Int. J. Sustainable Manufacturing, Vol. 1, Nos. 1/2, (2008), 180 – 202
- [3] Mang T.: Wassermischbare Kuehlschmierstoffe fuer die Zerspanung, Band 61, Expert Verlag Gmbh, Grafenau 1980.
- [4] Toenstoff, H.K., Brandt D., Fritsch A., Heuer W.: Ueberwachung, Pflege und Entsorgung von Kuehlschmierstoffen. Tribologie und Schmierungstechnik, 5, 1992.
- [5] Kiechle, A.: Entsorgung von Schmierstoffen aus der Sicht des Verbraucher, Mercedes-Benz AG, 9th International Colloquium TAE, Esslingen 1994.
- [6] VDI-RICHTUNGEN, Entsorgung von Kuhlschmierrstoffen, VDI 3397-3, 1999.
- [7] Lehmann, B., Litzinger, U.: Vom Kuehlschmierstoff zum Abwasser, Tribologie und Schmierungstechnik, 1, 1995.
- [8] Directive 2008/98/EC on waste (Waste Framework Directive), <http://ec.europa.eu/environment/waste/framework/>
- [9] European Waste Catalogue EWC-A Environment Agency Hazardous Waste, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/consleg/2000/D/02000D0532-20020101-en.pdf>

- [10] Agencija za zaštitu okoliša, <http://www.azo.hr>
- [11] Frost, R. C.: EU Practice in Setting Wastewater Emission Limit Values, March 2009, <http://www.wgw.org.ua/publications/ELV%20-%20EU%20practice.pdf>
- [12] CEC EN: 5th Commission Summary on the Implementation of the Urban Waste Water Treatment Directive, Brussels, 2009.
- [13] Zakoni o vodama, Narodne novine, Br. 153/09, 63/11, 130/11, 56/13, 14/14 [http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013\\_06\\_80\\_1681.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_06_80_1681.html), <http://www.voda.hr/hr/zakoni>
- [14] Spei, B.: Die Aufbereitung von oel-/wasseremulsionen mit organischer spaltprodukten-Neue technologien der emulsionsspaltung, 9th International Colloquium TAE, Esslingen 1994.
- [15] Sulaymon, A. H., Thuaban, L. H.: Demulsification of cutting fluid before disposal to the environment, Journal of Engineering, 16 (2010) 1, 4580 – 4592
- [16] Standard Methods for Examination Water and Wastewater, 13th Edition, New York 1971.
- [17] Annual book of ASTM Standards 2008, Volume 05.01, Petroleum Products and Lubricants, ASTM International, Feb. 2008.
- [18] Rosen, M. J., Dahanayake, M.: Industrial utilization of surfactants: principles and practice, AOCS Press, Champaign, Illinois, 2000.
- [19] Ibrahim, S. A., Soliman, O. R.: Characterization of nanoparticles stabilized food emulsion and its adhesion to packaging sheets, International Journal of Advanced Research, 2 (2014), 10, 1045 – 1058
- [20] Zhao, Y. P., Turay, R., Hundley, L.: Monitoring and Predicting Emulsion Stability of Metal Working Fluids by Salt Titration and Laser Light Scattering Method, Tribology Transactions, 49 (2006) 1, 117 – 123

#### **Autori**

Ljiljana Pedišić, mag.ing.cheming., e-adresa: [ljiljana.pediscic@ina.hr](mailto:ljiljana.pediscic@ina.hr)  
Irena Polenus  
INA MAZIVA d.o.o., ČLAN INA GRUPE, Zagreb, Hrvatska

#### **Primljeno**

24.3.2016.

#### **Prihvaćeno**

4.6.2016.