

Ljiljana Pedišić, Srećko Pec, Marijana Šarić, Boris Sernc

ISSN 0350-350X

GOMABN 40, 4, 237-263

Stručni rad/Professional paper

UDK 621.895 : 665.767.063.61.004.54 : 629.1 : 66.067.1 : 66.066.3

PRODUŽENJE RADNOG VIJEKA EMULZIJA ZA OBRADBU METALA PREVENTIVNIM ODRŽAVANJEM

Sažetak

Tijekom procesa obradbe metala odvajanjem čestica tekućina za hlađenje i podmazivanje izložena je kontinuiranom zagađenju. To su u prvom redu čestice metala i alata a zatim "strano" ulje (s kliznih staza, hidraulička ulja, zaštitna ulja i dr.). Razvoj mikroorganizama i kakvoća vode za spravljanje emulzija uzrokuje dodatne probleme. Zagađenja znatno skraćuju radni vijek emulzije, povećavaju materijalne troškove, troškove rješavanja otpada a uzrokuju i zastoj u proizvodnji. Stoga ih valja ukloniti održavanjem: korektivnim, prediktivnim ili preventivnim zahvatima. Izbor sustava opskrbljivanja obradbenih strojeva tekućinom je bitan za produženje radnog vijeka emulzije. U strojevima s centralnim sustavom u odnosu na individualni sustav radni vijek emulzije približno je dvostruk i to bez posebne njege. Radni vijek emulzije može se produžiti ugradnjom elemenata, primjerice, zaslona, centrifuga, separatora, filtara, skimera i sl.

Proizvođači maziva imaju značajnu ulogu u produženju radnog vijeka tekućine. To je prvenstveno proizvodnja tekućina sa što boljom stabilnošću. Zatim, davanje preporuka za izbor tekućine s većom biostabilnošću, čišćenje sustava, njegu emulzije tijekom primjene, njegu ljudi, strojeva i pogona. Produženjem radnog vijeka tekućina za hlađenje i podmazivanje povećava se produktivnost, štiti okoliš i konačno poboljšava ukupno gospodarenje tekućinama.

U radu su prikazani rezultati primjene strojeva za preventivno održavanje radnih emulzija. Rezultati ispitivanja svojstava radne emulzije pokazuju da se zagađenja uspješno mogu ukloniti uz produženje radnog vijeka emulzije.

UVOD

Glavni cilj primjene tekućina za obradbu metala je osiguranje hlađenja i podmazivanja pri operacijama obradbe metala, uz povećanje sigurnosti pri radu i smanjenje opterećenja okoliša i to kroz što dulje vrijeme. Produženi radni vijek tekućine za obradbu metala smanjuje ukupnu količinu otpadne emulzije, pomoćna sredstva i troškove za zbrinjavanje, unapređuje industrijsku higijenu te smanjuje ukupne troškove (1). Radni vijek može se produžiti na više načina:

- izborom tekućine s većom biostabilnošću
- ispravnom njegom i održavanjem tijekom primjene
- konstrukcijom centralnog sustava opskrbe obradbenih strojeva tekućinom
- ugradnjom pomoćnih strojnih elemenata: centrifuge, separatora, filtara, uređaja za omekšavanje vode, itd.

Proizvođači, a također i korisnici tekućina za obradbu metala jednako su odgovorni u postupku produženja radnog vijeka. Proizvođači su dužni formulirati takve proizvode koji će osigurati što dulji radni vijek, uz što jednostavniju njegu i održavanje te što jednostavnije zbrinjavanje otpadne tekućine. Korisnici su dužni poduzeti mjere njege tekućine, radnog prostora i ljudi, sprječavanje zagađenja tijekom primjene, uklanjanje zagađivala iz radne tekućine te zbrinjavanje nakon rada. To su zadaci funkcije održavanja svakog modernog poduzeća.

ODRŽAVANJE

Održavanje ima veliko gopodarsko značenje te se mora planirati već na vrhu poduzeća i uvesti u sve odjele tvrtke odnosno strukturu poduzeća (2). Temeljni cilj održavanja kao funkcije poduzeća je da doprinese postizanju učinkovitosti poduzeća i da spriječi štete (financijske) za poduzeće. Suvremeno održavanje ne može više biti djelovanje u pojedinačnom događaju već mora biti sustavno i procesualno mišljenje i djelovanje. Bitne ili stručne sposobnosti održavanja su planiranje, procjenjivanje, prognoziranje, odluka, regulacija/upravljanje te kvalificirano stručno osoblje za svaku mjeru održavanja. Koncept budućeg uspješnog razvitka pokušava povezati ekonomiju i ekologiju u cjelovit neproturječan sustav (3). On se zasniva na načelu

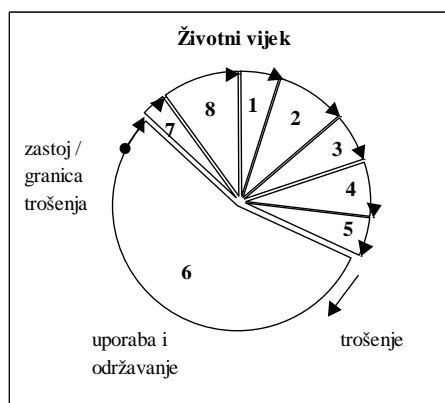
prilagodbe regeneracijskoj sposobnosti prirode. Tu se misli na uzimanje u obzir prirodnih izvora, reduciranje otpadaka, povećanje produktivnosti izvora, promjena proizvodnog društva, izbjegavanje odbacivanja proizvoda zbog izobilja ili zbog nove proizvodnje, industrijsku ekologiju i dr. Ostvarenje ovih ciljeva zahtijeva promjenu navika i davanje prednosti sljedećim postupcima:

- zatvoreni kružni tokovi / sustavi
- dugovječnost proizvoda
- utjecanje na vijek trajanja proizvoda
- optimalno iskorištavanje proizvoda - povećanje produktivnosti izvora
- ponovna uporaba prije zbrinjavanja - reduciranje otpadaka.

Ponovna uporaba ili reusing je utjecanje na kružni tok proizvoda što je osnovni cilj održavanja. Održavanje sadrži sustavno provođenje njege postojećih objekata za vrijeme njihovog životnog vijeka. Svaki predmet održavanja prolazi različite etape svog životnog vijeka što se može prikazati slikom 1.

Slika 1: Životni vijek predmeta održavanja
Figure 1: Life cycle of maintenance object

1. potreba/the need
2. projektiranje/designing
3. izradba/producing
4. postavljanje/positioning
5. stavljanje u pogon/putting in operation
6. uporaba i održavanje/use and maintenance
7. stavljanje izvan rada/out of operation
8. rješavanje/disposal



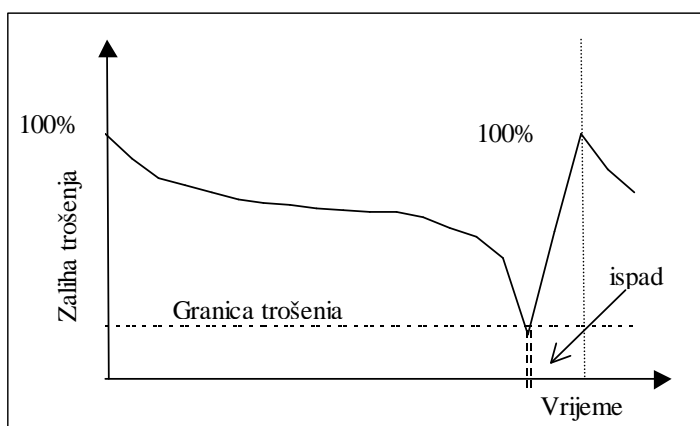
Životni vijek = Life cycle; Zastoj/granica trošenja = Halt/Wear limit
Uporaba i održavanje = Use and maintenance; Trošenje = Wear

Znanje o ponašanju objekta koje treba održavati tijekom vremena u svim etapama, od planiranja do otpisa, najvažnije je za proces održavanja. Najveća uloga održavanja je utjecaj na vrijeme uporabe odnosno na pomicanje granice trošenja. Svaki objekt ima zalihu trošenja. To je zbroj mogućih izvršavanja funkcija u određenim uvjetima koji mu je dan proizvodnjom ili na temelju obnove. Smanjenje te zalih trošenja promjenom stanja odnosno pogoršanjem

stanja jest proces trošenja. Ovaj proces može se grafički prikazati krivuljom smanjenja zalihe trošenja slika 2.

Slika 2: Teorijska krivulja trošenja

Figure 2: Theoretical wear curve



Zaliha trošenja = Wear reserve/Granica trošenja = Wear limit/Ispad = Falling out/Vrijeme = Time

Zadatak održavanja je ovladavanje procesom trošenja u svim područjima primjene koje je neizbježna prirodna pojava na koju se može utjecati i stoga oblikovati. Trošenje kao proces ovisi o određenim mehanizmima trošenja i o konkretnom opterećenju objekta. Proces trošenja vodi preko smanjenja zalihe trošenja do ispada ili istrošenja. Proces trošenja emulzije za obradbu metala uzrokuju različiti faktori, a nekoliko primjera prikazano je u tablici 1.

Održavanje, prema normi DIN 31051, obuhvaća tri osnovne mjere: pregled, njegu i obnovu.

Pregled daje informacijski okvir za njegu i obnovu. Cilj pregleda je utvrđivanje i procjena stvarnog stanja objekta uključujući i određivanje uzroka trošenja. Iz njegove prosudbe proizlaze odgovarajuće mjere njege i obnove.

Njegu valja definirati kao regulaciju procesa trošenja radi zadržavanja idealnog toka trošenja. Mjere njege slijede iz usporedbe stvarnog stanja, koje je utvrđeno pregledom i definiranog zadanog stanja. Mjere njege mogu biti podmazivanje, zaštita od korozije, premazivanje, brušenje, čišćenje, filtriranje i dr., odnosno svaka mjera koja smanjuje opterećenje sustava, odnosno mehanizam trošenja.

Tablica 1: Proces trošenja emulzije za hlađenje i podmazivanje pri obradbi metala

Uzrok (opterećenje)	Reakcija (mehanizam trošenja)	Učinak (oblik pojave)
kemijska ravnoteža	korozija	korozija
strano ulje	onečišćenje	adhezija, lijepljenje, neprecizna obradba, povećanje koncentracije, prividna koncentracija i dr.
višak Ca-iona	saponifikacija	taloženje, začepljenje
mikroorganizmi	prehrambeni lanac	raslojavanje emulzije, miris, naslage, začepljenje
metalne čestice	abrazija (4)	loša obradba, trošenje alata i ostalih dijelova
metalne čestice	kemijska reakcija	korozija

Obnova se promatra kada se pri dostizanju granice trošenja treba proizvesti zadano stanje koje zahtijeva korisnik (poduzeće). Obnova ima zadatak da proizvede novo zadano stanje. To zadano stanje može nastati samo iz zahtjeva buduće uporabe. Time je obnova vrsta procesa proizvodnje, stvaranje vrijednosti te je se, stoga, mora procjenjivati kao investiciju u budućnost. Već prema određenju cilja i metodici, obnova se može podijeliti u pojedinačne mjere:

- prilagodba objekta-prilagodba promijenjenim zahtjevima na istoj tehničkoj razini
- modernizacija-stvaranje zadanog stanja na višoj tehničkoj razini
- uklanjanje problematičnih mjesta
- rutinsko osposobljavanje / popravak

Ponovna se proizvodnja ili primjena svježeg sredstva kao mjera obnove može poduzeti samo ako boljeg rješenja nema i ako je ta mjera gospodarski, ekološki i sigurnosno održiva. Kvar ili istrošenje kao događaj ne smije biti ishodište održavateljskog mišljenja već uvijek buduća uporaba.

STRATEGIJE ODRŽAVANJA

Strategije održavanja moraju s obzirom na ciljeve poduzeća biti usmjerene prema regulaciji i utjecaju na proces trošenja (5). Održavanje mora biti uvijek planirano. Udio neplaniranih mjera održavanja mora se dovesti na nulu.

U održavanju postoje tri temeljne strategije održavanja:

- korektivno - strategija uvjetovana kvarom
- preventivno - vremenski uvjetovana strategija
- prediktivno - strategija prema stanju-Condition based maintenance,CBM

Korektivno održavanje, tzv. vatrogasna strategija, uvjetovano je kvarom: stanje se popravlja tek nakon prekida rada. Vremenski uvjetovanom strategijom objekt se preventivno popravlja u vremenskim razmacima bez pregleda. Tu se ubraja održavanje objekta potrebno zbog radnih, ekoloških i drugih zahtjeva čiji bi ispad mogao imati teške posljedice. To je održavanje po unaprijed određenim intervalima ili prema rasporedu a ima funkciju dotjerivanja ili vraćanja u funkciju. Prije dvadesetak godina razvitkom dijagnostičkih tehnika počelo je prediktivno održavanje odnosno održavanje prema stanju (6). S kraja osamdesetih pomoću senzora i on-line kontrole, zastoj postrojenja približava se nuli. Time je smanjen utrošak održavanja, rezervnih dijelova, uštedeni su radni sati osoblja a istovremeno se poboljšava kakvoća proizvoda. U praksi strategije se mješovito primjenjuju, ovisno o ciljevima poduzeća te o raspoloživosti tehnologije.

UZROCI TROŠENJA RADNE EMULZIJE

Emulzija za obradbu metala mora imati sljedeća radna svojstva:

- dobro hlađenje i podmazivanje dodirnih površina alata i obrađivanog materijala
- efikasno odnošenje strugotina iz područja obradbe
- zaštita od korozije alata, strojeva i obrađivanog metala
- stabilnost prema različitim tvrdoćama vode
- otpornost na razvoj mikroorganizama
- regulacija pjenjenja, lijepljenja i taloženja
- neštetnost
- ugodan miris

Osiguranje ovih zahtjeva za kvalitetom radne emulzije proizvođač koncentrata za spravljanje emulzije postiže pažljivim odabirom sirovina za proizvodnju (7). Međutim, tijekom primjene dolazi do degradacije radne emulzije i svako odstupanje od početnih radnih svojstava pokazatelj je trošenja emulzije. Uzroci trošenja radne emulzije je u prvom redu potrošak aktivnih komponenti za osiguranje radnih svojstava, oksidacija, čestice metala koji se obrađuje i alata, ulazak različitih zagađivala kao što su: strano ulje, voda za spravljanje emulzije te otvorenost sustava ulasku prašine i mikroorganizama iz okoline i dr. Strano ulje ulazi u emulziju s kliznih staza, iz hidrauličkog sustava, s obradaka kao korozijska zaštita ili iz drugih izvora i najčešći je uzrok kvarenja emulzije. To ulje emulzija djelomično emulgira a ovisno o količini ulja troši se rezerva emulgatora i tako smanjuje radni vijek emulzije. Osim toga ulje se skuplja na površini emulzije te sprječava doticaj

emulzije sa zrakom i na taj način osigurava bakterijama uvjete za anaerobnu razgradnju emulzije i pojavu neugodnog mirisa. Sloj stranog ulja može poslužiti i kao nosač mikroorganizama a osobito plijesnima i gljivicama koje mogu biti uzročnici kožnih oboljenja (8). Zbog toga je potrebno redovito uklanjati ulje s površine. Često se prilikom izmjena punjenja radna emulzija zagadi sredstvima za čišćenje. Vode za spravljanje radnih emulzija mogu biti industrijske ili vodovodne. Industrijske vode mogu sadržavati veće količine mikroorganizama i uzrokovati mikrobiološko zagađenja emulzije. Najčešće se koriste vodovodne vode koje sadrže različite anione i katione i razlikuju se po tvrdoći vode. Pojedini sastojci vode djeluju na funkciju emulgatora odnosno na stabilnost emulzije a najjače djelovanje pokazuju kationi magnezij i kalcij te anioni sulfat i klorid. To može rezultirati pojavom sapuna ili slabim svojstvom emulgiranja. Tijekom dugotrajnog rada zbog isparavanja dolazi do povećanja koncentracije soli. Porast koncentracije soli utječe na stabilnost emulzije, razvitak mikroorganizama i koroziju.

Osim toga na degradaciju radne emulzije utječe i stupanj industrijske higijene što obuhvaća higijenu ljudi, strojeva i cijelog pogona.

NJEGA EMULZIJE TIJEKOM RADA

Budući da je emulzija tijekom primjene izložena promjenama izvana, u radionicama korisnik treba osigurati redovitu kontrolu kakvoće. Ako se primjenjuje u centralnom sustavu podmazivanja, kontrolirati treba svakodnevno a u pojedinačnim sustavima primjene barem jedanput tjedno. Osnovna fizikalno-kemijska svojstva koja treba provjeravati su koncentracija i pH-vrijednost a ostala svojstva se provjeravaju prema potrebi, odnosno mogućnostima. Konstantno valja kontrolirati volumen, pojavu korozije, pojavu ulja na površini, pojavu čestica i ostalih taloga te promjenu boje i mirisa emulzije. Kontrolu emulzije mogu raditi operateri pri strojevima, služba održavanja, laboratoriji u poduzeću ili proizvođači emulzije pa čak i vanjske službe ovisno o organizaciji. Za kontrolu svojstava emulzije u pogonu postoje jednostavni testovi kao što trakice za mjerenje tvrdoće vode s kojom se spravlja radna emulzija, trakice za mjerenje mikrobiološkog zagađenja, refraktometri za mjerenje koncentracije i sl.

Ako se utvrdi znatno odstupanje od osnovnih svojstava emulzije, potrebno je izvršiti korekcije, jer se pravilnom i pravovremenom intervencijom može riješiti većina problema. Osvježavanje radne emulzije prva je mjera poboljšanja stanja. Ako se osvježavanjem ne postigne dovoljno poboljšanje, valja probleme rješavati dodatkom kemijskih sredstava ili mehaničkom obradom primjenom

uređaja za održavanje. Kada se ne da popraviti niti jednom metodom korekcije, možemo reći da emulzija nije više za uporabu. Tada emulziju treba zamijeniti svježom radnom emulzijom, uz odgovarajuće postupke čišćenja.

UREĐAJI ZA ODRŽAVANJE EMULZIJE

Održavanje emulzija valja planirati prije same odluke o primjeni ove vrste tekućina za obradbu metala. Valja osigurati spremnike za namješavanje emulzije, opskrbu strojeva emulzijom ili automatske mješače, kontrolu svojstava, kompatibilnost s drugim mazivima na strojevima, pripremu vode za namješavanje. Osim toga, valja ocijeniti opskrbljenost pojedinačnih strojeva s ugrađenim pomoćnim uređajima za njegu radne emulzije. Što je više pomoćnih uređaja uključeno, radni vijek emulzije je dulji (9,10). Uređaji se mogu ugraditi uz svaki obradbeni stroj u kontinuirani rad ili mogu biti pokretni te se uključivati periodično, prema potrebi ili planu preventivnim zahvatima održavanja. Sve više primjenjuju se pokretni uređaji koji su sastavljeni od više funkcijskih jedinica primjerice filtara, skimera, separatora i sl.

Priprava vode

Emulzije za obradbu metala koje se spravlja u pogonima miješanjem koncentrata u vodu neposredno prije primjene sadrže oko 95 do 98 % vode. Stoga je kakvoća vode iznimno bitan faktor za konačna svojstva radne emulzije. Tekućine za obradbu metala svojim izvornim svojstvima djelomično neutraliziraju veliku koncentraciju prisutnih iona u vodi ali se time smanjuje rezerva trošenja. Stoga je važna priprava vode za namješavanje emulzije kojoj je cilj smanjenje sadržaja iona u vodi. Priprava vode može se provesti fizikalnim ili kemijskim metodama obradbe. Postoji niz izvedbi ionskih izmjenjivača koji su konstrukcijom pogodni za manje ili veće potrošače. Mogu biti odvojene jedinice ili se mogu ugraditi u tok vode. U modernim poduzećima za pripremu vode primjenjuju se još reverzna osmoza ali i destilacija.

Uklanjanje slobodnog ulja

Ulje koje pliva na površini emulzije može se ukloniti usisavanjem crpkom ili skimerima. Kod usisavanja je problem što se i dio emulzije odnese ukoliko se ne osigura povratak. Skimeri su uređaji koji ulje s površine uklanjaju adhezijom. Postoji više vrsta skimera koji se mogu ugraditi u spremnik radne emulzije ili u jedinice za pročišćavanje emulzija. Ovisno o

funkcijskoj jedinici mogu biti vakuum skimeri, disk skimeri, tračni, itd. Slobodno ulje može se ukloniti i primjenom centrifugalnih separatora te sedimentacijom pri čemu se koristi svojstvo različitih gustoća.

Uklanjanje čestica

Čestice iz emulzije mogu se ukloniti pokretnim trakama, filtrima, separatorima i sedimentacijom ovisno o svojstvima tih čestica. Feromagnetične čestice mogu se ukloniti magnetskim filtrima. Postoji cijeli niz izvedbi filtara. U primjeni se često nalazi tračni filter koji je pregledan svakom djelatniku te se može jednostavno kontrolirati i mijenjati. Čestice se mogu ukloniti i sedimentacijom ali pri tome valja paziti na vrijeme mirovanja da bi se izbjeglo stvaranje žarišta korozije i stvaranja nosača za mikroorganizme.

Sprječavanje razvitka mikroorganizama

Primjenom biostabilnih emulzija postupci za dodatni tretman emulzija gube na važnosti. Primjena pomoćnih kemijskih supstancija za sprječavanje rasta mikroorganizama je jednostavna ali zbog sigurnosti i opterećenja okoliša se ne preporučuje. Od fizikalnih metoda može se primijeniti hlađenje emulzije iako je održavanje radne temperature od 16 do 20°C već dovoljno za regulaciju rasta mikroorganizama. Također se može provesti pasterizacija emulzije grijanjem do 65°C oko 10 minuta. Mikroorganizmi se mogu ukloniti i filtriranjem ali kako im je veličina blizu veličine čestice ulja valja biti oprezan da se ne poremeti stabilnost emulzije. Najsigurniji način sprječavanja razvitka mikroorganizama jest sprječavanje zagađenja emulzije, održavanje industrijske higijene te redovito čišćenje ostalih zagađenja.

EKSPERIMENTALNI DIO

Cilj ispitivanja

Ovim radom pokušalo se u praksi ispitati mogućnost ponovne primjene zagađene radne emulzije pri obradbi metala tretiranjem uređajem Kleen-Skim 700 u tvrtki Palfinger.

Ispitni uređaj

Za čišćenje radne emulzije upotrijebljen je stroj Kleen-Skim 700 (11). To je pokretni uređaj za filtriranje i uklanjanje ulja koji cijelu količinu zagađene emulzije vadi iz spremnika obradbenog stroja, pročisti i nakon toga vrati u ponovnu primjenu. Sastoji se od predfiltara, spremnika za emulziju, filtara,

skimera i spremnika za izdvojeno ulje te potrebnih crijeva i crpki. Radni uvjeti dani su u tablici 2.

Tablica 2. Radni uvjeti uređaja Kleen-Skim 700

Table 2. Working condition of Kleen-Skim 700 machine

Kleen-Skim 700	Tehnička svojstva
Kapacitet filtriranja	do 700 l/h
Kapacitet uklanjanja ulja	do 20 l/h
Kapacitet usisavanja	do 750 l/h
Usisna visina	najviše 5 m
Filtar	500 µm

Ispitna tekućina

Ispitna tekućina je polusintetička biostabilna emulgirajuća tekućina za obradbu metala koja je formulirana prema najnovijim zahtjevima zaštite ljudi i okoliša u području obradbe metala (7). Ova formulacija ne sadrži spojeve klora, dietanolamina, nitrite, nitrata niti druge štetne spojeve. Svojstva emulzije, dvije koncentracije, prikazana su u tablici 3.

Tablica 3: Svojstva ispitne tekućine za obradbu metala

Table 3: Properties of test metalworking emulsion

Svojstvo	BIOSTABILNA EMULZIJA		Metode ispitivanja
	3 %	5 %	
Emulzija (vodovodna voda, 14 ⁰ nj)			
Izgled i boja	poluprozirna, žućkasta		Vizualno
Rezerve alkalijske, ml 0,1nHCl	6,6	11,5	ASTM D 1121
pH-Vrijednost	9,12	9,23	ASTM D 1287
Pjenjenje, volumen pjene -odmah, ml	35	40	Interni test 2
-nakon 5 minuta, ml	0	0	
Korozivna svojstva	R0/S0 0		DIN 51360/I
1,2 % emulzija			(Herbert test)
2 % emulzija			DIN 51360/II (Filtar papir test)

REZULTAT ISPITIVANJA I DISKUSIJA

Ispitna emulzija u primjeni je na stroju za obradbu metala glodanjem, tokarenjem i bušenjem Zayer ZF 7080. Nalazi se u spremniku ispod razine prostorije a količina je 500 do 600 litara. Emulzija je opterećena uglavnom tamnim stranim uljem, česticama metala, sapunima uzrokovanih tvrdom vodom i mikroorganizmima. Radna emulzija tretirana je jednim prolazom i to tako da je sva emulzija iz spremnika pretočena u spremnike uređaja Kleen-Skim 700. Isto tako povučeni su i talozi s dna i sa stijenki spremnika. Nakon tretiranja ovim uređajem emulzija je vraćena u spremnik obradbenog stroja te nastavljen rad uz znatno popravljeno stanje: bez plivajućih nakupina, bez ulja i taloga. Uzorci radne emulzije uzeti su prije i poslije tretiranja uređajem Kleen-Skim 700 a rezultati ispitivanja svojstva u laboratoriju prikazani su u tablici 4.

Tablica 4: Rezultati laboratorijske analize uzoraka radne emulzije

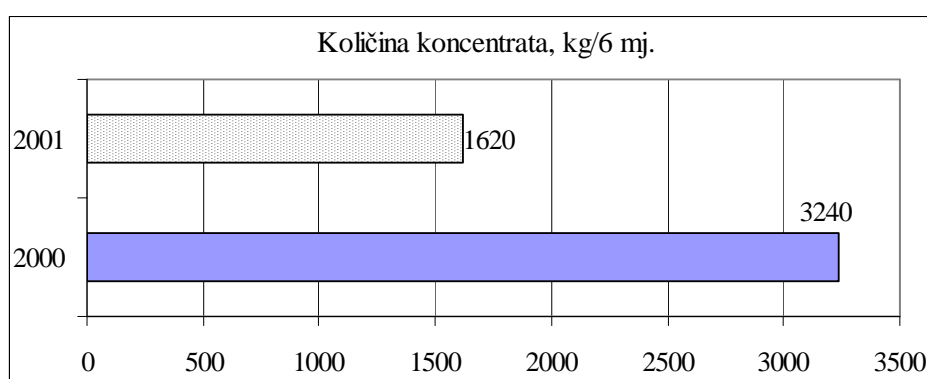
Table 4: The results of laboratory examination of working emulsion

Svojstva	Emulzija prije tretiranja	Emulzija nakon tretiranja
Izgled i boja emulzije	polumliječna, sivo-žučkaste boje, plivajuće čestice, ulje na dnu malo tamnog taloga	polumliječna, žučkaste boje, nema ulja nema čestica
pH vrijednost	8,8	8,9
Rezerva alkalija, ml 0,1nHCl	4,99	5,07
Koncentracija refraktometrom, %	2,5	2,3
Korozija		
Herbert test	R0/S0	R0/S0
Filtar test	0-2	0-1
Pjenjenje, ml	pjena odmah pada	pjena odmah pada
Ukupni broj bakterija/1ml, Deep-slide trake, 24 h 48 h	nema kolonija < 1000	nema kolonija < 1000
Plijesni/1ml, Deep-slide trake, 48 h 96 h	lagana do umjerena infekcija infekcija	nema kolonija lagana infekcija

Iz rezultata analize je vidljivo da je došlo do poboljšanja nekih svojstava same emulzije. Najbitnije poboljšanje je u smanjenju zagađenja odnosno ulja i čestica što se vidi iz svojstva izgleda i boja emulzije. Popravljen su svojstva

zaštite od korozije a zatim i hranidbena rezerva za mikroorganizme. Poboljšanje svojstava vratilo je rezervu trošenja emulzije i time joj produžilo radni vijek. Ovim postupkom čišćenja postignuto je produženje radnog vijeka emulzije barem dvostruko.

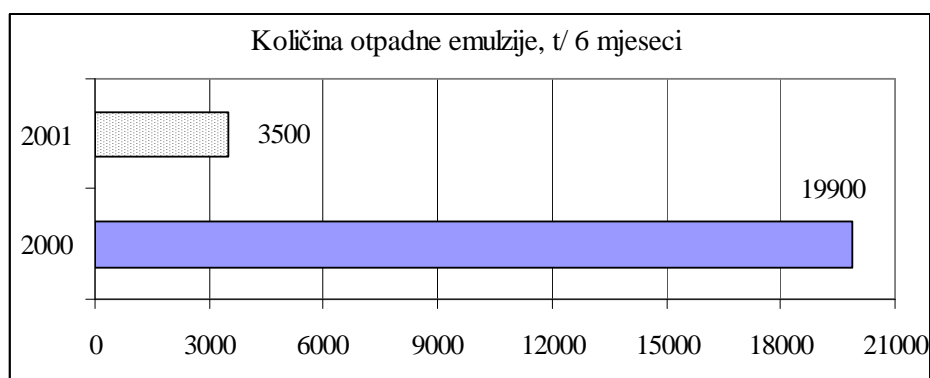
Slika 3: Količina koncentrata za 1-6 mjesec 2000.i 2001. godine
Figure 3: Concentrate quantity in 1-6 month of 2000 and 2001 year



Postupak čišćenja izvršen je i na ostalim obradbenim strojevima kojih ima više od 50. Povratkom već istrošene emulzije u ponovni rad smanjili su se troškovi nabavke materijala odnosno potrošnje koncentrata za spravljanje emulzije na pola. To se vidi iz slike 3 gdje su usporedbeno prikazani podaci nabavke koncentrata za dvije godine u istom vremenskom razdoblju u prvih šest mjeseci. Istovremeno, smanjila se količina otpadne emulzije a time i troškovi odvoza na zbrinjavanje. Na slici 4 prikazana je količina otpadne emulzije u istom razdoblju gdje se vidi da je u 2001. godini znatno manja količina otpadne emulzije i to za 82,41 % u odnosu na 2000. godinu.

Smanjenjem troškova nabavke koncentrata potrošač je ostvario uštedu za materijalne troškove 50%. Smanjenje troškova nabave dodatno je moguće ostvariti odabirom koncentrata s nižom cijenom uz uvjet da su radna svojstva podjednaka i zadovoljavajuća. To se vidi iz usporedbe troškova nabavke ispitivane tekućine i konkurentne tekućine istog tipa koji su prikazani u tablici 5. Temeljem prikazanih troškova vidi se da je moguće ostvariti uštedu od 62% godišnje. Uzimajući u obzir manje troškove nabavke koncentrata s nižom cijenom i manje troškove nabavke zbog produženja životnog vijeka emulzije postupkom preventivnog održavanja moguće je ostvariti ukupnu uštedu za više od 70%.

Slika 4. Količina otpadne emulzije za siječanj-lipanj 2000. i 2001. godine
 Figure 4. Waste emulsion quantity in Jan-June of 2000 and 2001 year



Tablica 5: Materijalni troškovi tekućina za obradbu metala (koncentrata)
 Table 5: Material costs of metalworking fluids (concentrates)

Tekućina za obradbu metala (koncentrat)	Cijena Sit/kg	Troškovi nabave materijala za ukupnu godišnju količinu 2000. g /6480 kg/g, SIT	Troškovi nabave materijala za ukupnu godišnju količinu 2001. g/3240 kg/g, SIT	UŠTEDA 2000./2001. %
Ispitna	573	3.713.040	1.856.520	50
Konkurencija	1509	9.778.320	4.889.160	50
Razlika, SIT	-	6.065.280	3.032.640	50
UŠTEDA, %	-	62	62	

Primjenom uređaja Kleen-Skim 700 kao mjere preventivnog održavanja radne emulzije smanjila se količina otpadne emulzije. Time je smanjeno opterećenje okoliša, unaprijeđena industrijska higijena (strojeva i ljudi), povećana točnost obradbe, pojednostavljena njega, smanjeni materijalni troškovi, troškovi zbrinjavanja i ukupni proizvodni troškovi.

ZAKLJUČAK

Primjena nove biostabilne emulzije svojim svojstvima osigurala je dulji radni vijek u odnosu na konvencionalne emulzije te unaprijedila industrijsku higijenu, smanjila količinu otpadne emulzije i ukupne troškove.

Stanje zagađene radne emulzije nakon tretiranja uređajem Kleen-Skim 700 znatno je popravljeno te je vraćena u obradbeni stroj u ponovni rad. Tom

mjerom održavanja emulziji, koja je bila znatno degradirana, dana je nova rezerva trošenja i produžen radni odnosno životni vijek.

S ciljem produženja radnog vijeka tekućine za obradbu metala, proizvođač tekućine proizvodnjom biostabilne emulzije a potrošač uvođenjem postupka preventivnog održavanja, dali su doprinos modernoj filozofiji proizvodnje. To je koncept perspektivnog gospodarenja ("sustainable development").

Osim proizvođača koncentrata i potrošača tekućina za obradbu metala kao čimbenici budućeg razvitka jednako su odgovorni i distributeri proizvodima ili otpadom ali i gospodarstvena politika.

EXTENDING METALWORKING EMULSIONS' SERVICE LIFE BY PREVENTIVE MAINTENANCE

Abstract

During metalworking operations through particle separation, the fluid for cooling and lubrication is exposed to continuous contamination. These are primarily metal and tool particles, and also "tramp" oil (from slideways; hydraulic, anticorrosion oils, etc.). Microorganism growth and water quality for emulsion mixing causes additional problems. The contamination considerably reduces the emulsion's service life, increases material and waste disposal costs, and also causes production standstills. That is why it needs to be eliminated through maintenance: Corrective, predictive, or preventive intervention. The choice of the system for the supply of metalworking machines with fluid is of importance for extending the emulsion's service life. Machines with a central system have twice longer emulsion service life than individual systems, and without any special care. The emulsion's service life may be extended by building in elements such as walls, centrifuges, separators, filters, skimmers, and the like.

Lubricant manufacturers play an important role in extending the fluid's service life. This primarily concerns the production of fluids with as high stability as possible, but also recommendations for the choice of a fluid with higher biostability, system cleaning, emulsion maintenance during

application, and the care for people, machinery and plant. The extension of the service life of cooling and lubricating fluids increases productivity, protects the environment, and finally improves overall fluid management.

The paper presents the results of applying machines for preventive maintenance of working emulsions. The test results of working emulsion properties have shown that contamination may successfully be removed and the emulsion's service life extended.

INTRODUCTION

The main purpose of applying metalworking fluids is the ensurance of cooling and lubrication in metalworking operations, while at the same time increasing occupational safety and reducing environmental impact for as long as possible. Extended service life of a metalworking fluid reduces the total amount of waste emulsion, the necessary management means and costs, advances industrial hygiene and reduces overall costs (1). The service life may be extended in several ways:

- by choosing the fluid with higher biostability
- by proper care and maintenance during application
- by the construction of a central supply system of metalworking machinery with fluid
- by building in auxiliary machinery parts such as centrifuges, separators, filters, water-softening devices, etc.

Metalworking fluid manufacturers and their users share an equal responsibility for the process of their service life extension. Manufacturers must formulate products that will ensure as long a service life as possible, with as simple care, maintenance, and waste fluid management as possible. The users must handle the fluid properly and protect the working space and the people; prevent pollution during application, remove contaminants from the working fluid, and ensure its proper management after use. These tasks are a part of the management function of every modern company.

MAINTENANCE

Maintenance has a great economic significance and must be planned at the top of the company and than introduced into all its departments i.e. into its structure (2). The basic goal of maintenance as one among the company's

functions is to contribute to the achievement of company efficiency and prevent (financial) damage to the company. Modern maintenance can no longer consist in taking action in individual events, but rather has to represent a systematic and process-like thinking and acting. Important (expert) aspects of maintenance are planning, estimating, prognosing, decision-making, regulation/management and qualified personnel for each maintenance measure. The concept of the future successful development tries to associate economy and ecology into an integral uncontradictory system (3). It is based on the principle of adaptation to nature's regenerative capabilities. It includes taking into account of natural resources, waste reduction, source productivity increase, change of the productive society, avoiding of product disposal due to affluence or new production, industrial ecology, and so on. The achievement of these goals requires the change of habits and giving precedence to the following procedures:

- closed circular flows/systems
- product longevity
- influencing a product's service life
- optimal product use - increasing source productivity
- reuse before management - waste reduction.

Reuse constitutes influence on the product's circular flow, which is the basic goal of maintenance. Maintenance consists in a systematic care for the existing plants during their service life. Each maintenance object goes through various phases of its service life, as shown in Figure 1.

The knowledge of the behaviour of the object that needs to be maintained in time during all phases: from planning to discharge, is of primary importance for the maintenance process. The largest role of maintenance is the influence on the time of use i.e. shifting of the wear limit. Each object has a wear limit. It represents the sum of possible function performances under given conditions provided to it through production or renovation. Reduction of the wear reserve through the change of condition i.e. condition worsening is the wear process. This process may be shown graphically by the curve of wear reserve reduction, Figure 2.

The task of the maintenance is to control the wear process in all application areas, being an inevitable natural phenomenon that may be influenced upon and hence shaped. Wear as a process depends upon certain wear mechanisms, as well as on the concrete object load. The wear process leads through wear reserve reduction to falling or wearing out. The

metalworking emulsion wear process is caused by various factors, while some examples are shown in Table 1.

Table 1: Wear process of metalworking emulsion

Cause (load)	Reaction (wear mechanism)	Effect (form of appearance)
chemical balance	corrosion	corrosion
"tramp" oil	contamination	adhesion, sticking, imprecise working, increased concentration, "apparent concentration", and so on
surplus of Ca-ions	saponification	depositing, plugging
microorganisms	food chain	emulsion disintegration, odour, deposits, plugging
metal particles	abrasion (4)	poor machining, wear of tools and other parts
metal particles	chemical reaction	corrosion

According to the DIN 31051 standard, maintenance encompasses three basic measures: inspection, care and renovation. Inspection provides the information framework for care and renovation. The purpose of the inspection is to establish and estimate the object's real condition, including the identification of wear causes. Its assessment results in corresponding care and renovation measures. Care has to be defined as regulation of the wear process in order to maintain ideal wear flow. Care measures result from the comparison of the real condition, established through inspection, and the required set condition. Care measures may include lubrication, corrosion protection, coating, polishing, cleaning, filtering and any other measures reducing the system load i.e. the wear mechanism.

Renovation comes when the wear limit is reached and the new condition required by the user (the company) has to be produced. It is the task of the renovation to produce the new required condition. This required condition may only result from the future use requirements. Renovation thus constitutes a kind of production process, creation of values and hence needs to be evaluated as investing into the future. Depending on the goal set and the methods used, renovation may be broken down into individual measures:

- a) object adaptation – adaptation to changed conditions on the same technical level
- b) modernization – creation of the required condition on a higher technical level
- c) removal of problem spots

d) routine enabling/repair

Repeated production or the application of a fresh agent as a renovation measure may only be undertaken if there is no better solution and if the said measure is economically, environmentally and safety-wise viable. The basis of decision-making in terms of maintenance should never be the defect or wearing out itself, but always the future use.

MAINTENANCE STRATEGIES

Maintenance strategies must, given the company objectives, be directed towards regulation of and impact on the wear process (5). Maintenance should always be planned. The share of unplanned maintenance measures must equal zero.

There are three basic maintenance strategies:

1. corrective – strategy defined by defect
2. preventive – strategy conditioned by time
3. predictive – condition-based maintenance, CBM

Corrective maintenance – the so called fire-alarm strategy, is conditioned by failure: Condition is improved only after the operation has been halted. Strategy defined temporally refers to the object being repaired preventively in temporal intervals, without inspection. This includes maintenance of facilities necessary because of working, environmental and other requirements whose falling out could have very serious consequences. The said maintenance proceeds according to intervals set in advance or according to schedule, while its function is improvement or bringing back in operation.

Twenty years ago, through the development of diagnostic techniques, predictive maintenance i.e. condition-based maintenance has appeared. Towards the end of the 80s, owing to sensors and on-line control, plant halt has approached zero. This has reduced the costs of maintenance and spare parts and saved personnel's working hours, with a simultaneous product quality improvement.

In practice, the strategies are being applied in combination, depending on a given company's goals, as well as on the available technology.

THE CAUSES OF WORKING EMULSION DEPLETION

Metalworking emulsion must have the following performances:

- good cooling and lubrication of the contact surfaces between tool and workpiece

- efficient removal of chips from the working area
- corrosion protection of tools, machinery, and the worked metal
- stability to different water hardnesses
- resistance to microorganism growth
- foaming, sticking and deposit regulation
- non-toxicity
- pleasant odour

The ensurance of the above working emulsion quality requirements is achieved by the manufacturer of the emulsion-making concentrate through a careful selection of production feeds (7). However, during application, the working emulsion degrades and any aberration from the initial performances points to emulsion wear. The causes of working emulsion wear are primarily the consumption of active components for ensuring performances, oxidation, the worked metal and tool particles, the entry of various contaminants, such as “tramp” oil, emulsion-blending water and the system’s openness to the entry of dust and microorganisms from the environment, and so on. The “tramp oil” enters the emulsion from slideways, the hydraulic system, the workpiece, as corrosion protection, or from other sources. It is the most frequent cause of emulsion spoiling. This oil is partially emulsified by the emulsion, and – depending on the oil quantity – the emulsifier reserve is consumed, thus reducing the emulsion’s service life. Apart from that, the oil is concentrated on the emulsion’s surface, preventing its contact with the air, and thus ensuring to bacteria the conditions for anaerobic breakdown of the emulsion and appearance of bad odour. The “tramp oil” film may serve as microorganism bearer, especially to mustiness and fungi, which may cause skin diseases (8). That is why the oil must be regularly removed from the surface. During fill changes, the working emulsion is frequently contaminated with cleaning agents. Water for making working emulsions may be either industrial or from waterworks. Industrial waters may contain more microorganisms and cause microbiological emulsion pollution. Most frequently used is the waterworks water containing various anions and cations and different in terms of hardness. Certain water ingredients impact the emulsifier function i.e. the emulsion stability, while the strongest effect is manifested by cations magnesium and calcium, and anions sulphate and chloride. This may result in the appearance of soap or poor emulsifying effect. During a long operation, because of evaporation, the concentration of salt increases. Increased salt concentration impacts the emulsion stability, microorganism growth and corrosion.

Apart from that, the working emulsion degradation is also influenced by the industrial hygiene degree, encompassing the hygiene of the people, the machinery, and the entire plant.

EMULSION CARE DURING OPERATION

Since emulsion is, during application, exposed to external changes, the user must ensure regular quality control at workshops. If it is applied in central lubrication systems, the control must be performed on a daily basis, while in individual application systems it should be checked at least once a week. The basic physico-chemical properties to be controlled are concentration and pH-value, while other properties are checked according to needs i.e. possibilities. Constant control is required of volume, corrosion appearance, appearance of oil on the surface, appearance of particles and other deposits, and change of the emulsion's colour and odour. Emulsion control may be performed by machine operators, the maintenance service, company laboratories or emulsion manufacturers, or even outside services, depending on organization. In order to control emulsion properties at the plant, there are simple tests, such as strips for measuring the hardness of water with which the working emulsion is blended, strips for measuring microbiological contamination, refractometers for measuring concentration, and the like.

If major aberration from the basic emulsion properties is established, corrections must be made, because a correct and timely intervention may solve most problems. Refreshing of the working emulsion is the first condition-improving measure. If the refreshment does not achieve sufficient improvement, problems must be resolved by adding chemical agents or mechanical treatment – by applying maintenance devices.

When neither of the two correction methods are able to improve the condition, we may say that the emulsion is no longer fit for use. That is when it needs to be replaced by fresh working emulsion, accompanied by adequate cleaning procedures.

DEVICES FOR EMULSION MAINTENANCE

Emulsion maintenance needs to be planned prior to deciding to apply this particular brand of metalworking fluids. It is necessary to provide reservoirs for emulsion blending, supply of machines with emulsion or automatic mixers, property control, compatibility with other lubricants in the machines, preparation of water for blending. Apart from that, it is necessary to evaluate

the equipment of individual machines with auxiliary devices for the maintenance of working emulsion. The more auxiliary devices there are, the longer the emulsion's service life (9,10). Devices may be incorporated into the continuous work of every machine or may be portable and switched on periodically, whenever necessary, or according to the preventive maintenance intervention plans. Increasingly in use are the portable devices consisting of several functional units, such as filter, skimmer, separator, and the like.

Water Preparation

Metalworking fluids prepared in plants by blending the concentrate into water immediately before application contain around 95-98% of water. That is why water quality is an extremely important factor for the ultimate working emulsion properties. By their original properties, metalworking fluids partially neutralize the large concentration of ions present in the water, but this reduces wear reserve. That is why the preparation of water for emulsion blending is so important, having as goal the reduction of ions in the water. Water preparation may be performed by physical or chemical treatment methods. There is a number of various ion exchanger types, some of which are fit for smaller, and some for larger consumers. They may act as separate units or may be incorporated into the water flow. Modern companies for water preparation also apply reverse osmosis, but also distillation.

Free Oil Removal

The oil floating on emulsion surface may be removed through sucking in by pumps or skimmers. The problem with sucking in is that some of the emulsion is also carried away, unless its return is ensured. Skimmers are devices removing oil from the surface through adhesion. There are several kinds of skimmers that may be built into the working emulsion reservoir or into emulsion purification units. Depending on the functional unit, they may be vacuum skimmers, disc skimmers, track skimmers, etc. Free oil may also be removed by applying centrifugal separators and sedimentation, using the property of different densities.

Particle Removal

Particles from the emulsion may be removed by mobile bands, filters, separators and sedimentation, depending on the particle properties. Ferromagnetic particles may be removed by magnetic filters. There is a variety of filter designs available. In practice, we may often find the band

filter, easily monitored by every operator, easily controlled and changed. The particles may also be removed by sedimentation, but in this case standstill period must be observed, in order to avoid the creation of corrosion source and of microorganism bearers.

Microorganism Growth Prevention

By the application of biostable emulsions, procedures for additional emulsion treatment lose their importance. The application of auxiliary chemical substances for microorganism growth prevention is simple enough, but not recommended due to safety reasons and the resulting environmental impact. As regards physical methods, we may apply emulsion cooling, although operation temperature maintenance at 16-20°C is already sufficient for regulating microorganism growth. Emulsion pasteurization by heating up to 65°C for about 10 minutes may also be performed. Microorganisms may also be removed by filtering, but, since their size is very close to the oil particle size, one must be cautious so as not to disturb emulsion stability. The safest way of preventing microorganism growth is the prevention of emulsion contamination, maintenance of industrial hygiene, and regular removal of other contaminations.

THE EXPERIMENTAL PART

The Purpose of Testing

The attempt of the present paper was to test in practice the possibility of reusing contaminated working emulsion for metalworking by treating it with the Kleen-Skim 700 device at the Palfinger plant.

Table 2: Operating conditions of the Kleen-Skim 700 device

Kleen-Skim 700	Technical Properties
Filtering capacity	Up to 700 l/h
Oil removal capacity	Up to 20 l/h
Suction capacity	Up to 750 l/h
Suction height	5 m maximum
Filter	500µm

The Testing Device

For cleaning the working emulsion, we have used the Kleen-Skim 700 device (11). It is a portable device for filtering and removing oil taking the entire contaminated emulsion volume out of the metalworking machine

reservoir, purifying it and then returning it back in use. It consists of a pre-filter, emulsion container, filter, skimmer, separated oil container, and the necessary hoses and pumps. The operating conditions are given in Table 2.

Test Fluid

The test fluid is a semi-synthetic biostable emulsifying metalworking fluid formulated according to the latest human health and environmental protection requirements in the area of metalworking (7). This formulation does not contain compounds of chlorine, dietinolamine, nitrites, nitrates or other noxious compounds. The emulsion properties, two concentrations, are shown in Table 3.

Table 3: Properties of test metalworking emulsion

Property	BIOSTABLE EMULSION		Test Methods
Emulsion (tap water, 14 ⁰ nj)	3%	5%	
Appearance and colour	semitransparent, yellowish		Visual
Alkaline reserve, ml 0,1nHCl	6.6	11.5	ASTM D 1121
pH-value	9.12	9.23	ASTM D 1287
Foaming, foam volume ml - immediately - after 5 minutes	35 0	40 0	Internal test 2
Corrosion properties 1.2% emulsion 2% emulsion	R0/S0 0		DIN 51360/I (Herbert test) DIN 51360/II (Filter paper test)

TEST RESULT AND DISCUSSION

The test emulsion is used in the machine for metal working by milling, turning, and drilling Zayer ZF 7080. It is located in a tank below the flow level, its volume being 500-600 litres. The emulsion is loaded mostly by dark "tramp" oil, metal particles, soaps caused by hard water and microorganisms. The working emulsion was treated by a single passage, by shifting its entire quantity from the reservoir to the Kleen-Skim 700 device tanks. Deposits from the reservoir bottom and walls were also removed. After the treatment using this device, the emulsion was returned into the metalworking machine reservoir, and the operation was continued with a considerably improved condition: Without floating accumulations, oil, or deposits. The working emulsion samples were taken before and after treatment with the Kleen-Skim 700 device, while the results of lab property testing are shown in Table 4.

Table 4: The results of laboratory examination of the working emulsion

Properties	Emulsion before treatment	Emulsion after treatment
Emulsion appearance and colour	semi-opaque, of grey-cream colour, floating particles, oil, some dark deposit on the bottom	semi-opaque, of cream colour, no oil, no particles
pH-value	8.8	8.9
Alkaline reserve	4.99	5.07
Concentration measured using refractometer	2.5	2.3
Corrosion		
Herbert Test	R0/S0	R0/S0
Filter Test	0-2	0-1
Foaming	Foam falls immediately	Foam falls immediately
Total bacteria no/1 ml, Deep slide strips, 24 h 48 h	No colonies < 1000	No colonies < 1000
Fungi, Deep slide strips, 48h 96 h	Light to moderate infection Infection	No colonies Light infection

It may be seen from the examination results that certain emulsion properties have improved. The most significant improvement is contamination i.e. oil and particles reduction, which may be observed from the following property: Emulsion appearance and colour. Corrosion protection properties have been improved, as well as feeding reserve for microorganisms. The improvement of properties brought back the emulsion wear reserve, thus prolonging its service life. This cleaning procedure prolonged the emulsion's service life at least twice.

The cleaning procedure has been made on other metalworking machines as well (over 50 of them). The reuse of emulsion reduced the costs of material purchase i.e. the consumption of the emulsion blending concentrate by half. This may be seen in Figure 3 showing the comparison of concentrate supply data for two years within the same period of the first six months. The volumes of waste emulsion and hence its management costs were also reduced. Figure 4 shows the waste emulsion volumes during the same period, showing that, in 2001, the volume of waste emulsion is much lower: by 82.41%, with regard to 2000.

By cutting down the concentrate supply costs, the consumer has achieved a 50% saving in material costs. The supply costs reduction is furtherly possible by choosing a lower price concentrate, providing that the performances are both similar and satisfactory. This may be seen from the comparison of the test fluid supply costs and the costs of a competitive fluid supply of the same type shown in Table 5. Based on the costs presented, it may be seen that it is possible to achieve a 62% saving per year.

Table 5: Material costs of metalworking fluids (concentrates)

Metalworking fluid (concentrate)	Price SIT/kg	Material supply costs for total annual volumes year 2000/6480kg SIT	Material supply costs for total annual volumes year 2001/3240kg SIT	SAVINGS 2000/2001 %
Test	573	3 713,040	1 856,520	50
Competition	1509	9 778,320	4 889,160	50
Difference, SIT	-	6 065,280	3 032,640	50
SAVINGS %	-	62	62	

Taking into account lower costs of the lower price concentrate supply and lower supply costs due to the emulsion's prolonged service life through the procedure of preventive maintenance, it is possible to achieve total savings in the amount of over 70%. By applying the Kleen-Skim device as a working emulsion preventive maintenance measure, the waste emulsion volume has been reduced. This resulted in lowered environmental impact, industrial (machinery and people's) hygiene advancement, increased metalworking accuracy, simplified care, and reduced material, management, and total production costs.

CONCLUSION

The application of the new biostable emulsion has, owing to its properties, enabled extended service life with regard to conventional emulsions and advanced industrial hygiene, while at the same time reducing waste emulsion volumes and overall costs.

The condition of the contaminated working emulsion was, after the treatment with the Kleen-Skim 700 device, considerably improved, so that the emulsion was returned to the metalworking machine and the operation continued. This maintenance measure provided the already considerably

degraded emulsion with a new wear reserve, so that its service life could be extended.

For the purpose of extending the metalworking fluid's service life, both the fluid manufacturer and the consumer have given their contribution to the modern production philosophy: The former by producing biostable emulsion and the latter by introducing the preventive maintenance procedure. This modern production philosophy consists in the sustainable development concept.

Apart from the metalworking fluid concentrate manufacturer and user, other future development factors also include product distributors, waste managers, but also the overall economic policy.

Literatura/References:

1. Kiechle, A, Kostenanalyse beim Einsatz von Kuehlschmierstoffen, 11th International colloquium TAE Esslingen, 13-15 January 1998.
2. Tschuschke, W., Grundlagen der Instandhaltung 2010, 3. Međunarodno savjetovanje "Održavanje '96", 14-15. studenog 1996. Opatija, Hrvatska
3. Fraunlund, J., Maintenance an investment for the future, 3. Međunarodno savjetovanje "Održavanje '96", 14. -15. studenog, 1996. Opatija
4. Ivušić, V., "Tribologija"; HDMT, ISBN 96038-3-8, Zagreb, 1998.
5. Ivančić, I., Development of maintenance in modern production, The 14th European Maintenance conference "Euromaintenance 98", 5-7 October 1998, Dubrovnik, Croatia
6. Toms, L.A., "Machinery oil analysis", Costal Skills, Tulsa, 1998.
7. Pedišić, Lj., Šviglin-Marasović, M., Mandaković, R., Kramer, B., Andelić, V.; Praćenje svojstava biostabilne emulgirajuće tekućine za obradbu metala tijekom primjene, *Goriva i maziva*, Zagreb, 39, 3: 179-210, 2000.
8. Ožegović, L., Pepeljnjak, S., Mikotoksikoze, Školska knjiga, ISBN 953-0-31105-2, Zagreb, 1995.
9. Maeckle, U, Wassergemischte Kuehlschmierstoffe-Standzeitverbesserung, Aufbereitung und Recycling, 12th International colloquium "Tribology 2000-Plus", TAE Esslingen, 11-13 January 2000.
10. Nielsen, M., Maintenance of coolants for metalworking, 8th International colloquium "Tribology 2000", TAE Esslingen, 18.4.6, 1992.
11. Kleenoil, Tehničke liste

Ključne riječi:

621.895 rezna ulja
665.767 : 629.1 fluidi za reznu obradu metala
667.767.063.61 uljne emulzije
.004.54 gledište održavanja
66.066.3 odvajanje uljne faze
66.067.1 filtriranje

Key words:

cutting oils
metalworking oils
oily emulsions
maintenance standpoint
oil phase separation
filtration

Zahvala

Zahvaljujemo tvrtki "Horizont" iz Maribora, osobito g. Cvetu Perneku, za nabavku uređaja za čišćenje emulzije.

Acknowledgement

We hereby wish to thank the "Horizont" company from Maribor, Slovenia – and particularly Mr. Cveto Pernek – for having supplied the emulsion cleaning device.

Autori/Authors:

Srećko Pec, "Palfinger", 2001 Maribor, Jaskova 18,
tel: +386 2 4501220, Fax: +386 2 4501291, E-mail: spec@palfinger.si
Ljiljana Pedišić, Marijana Šarić, INA Maziva Zagreb, 10000 Zagreb, Radnička
c. 175,
tel: +385 1 2404 333, Fax: +385 1 2494 596, E-mail: ljiljana.pedisic@ina.hr
Boris Sernc, INTERINA Ljubljana, 2352 Selnica ob Dravi,
tel./fax:+386 2 6716 651, GSM: +386 41 748 846

Primljeno/Received:

11.9.2001.