

László Király, Ilona Kormos, Zoltán Kecskés

ISSN 0350-350X

GOMABN 45, 1, 5-21

Stručni rad/Professional paper

UDK 621.892.6 : 669.71-122 : 669.715.018.26 : 621.98

RAZVOJ EMULZIJE ZA TOPLO VALJANJE ALUMINIJA

Sažetak

Toplo valjanje aluminija predstavlja vrlo sofisticiranu tehnologiju. Različiti tipovi emulgirajućih ulja koriste se u tome postupku. Bliska suradnja između proizvođača maziva i krajnjega korisnika nužna je za razvoj novih maziva, jednako kao i za osiguravanje stalne proizvodnje.

Prikazuje se suradnja pri razvijanju emulzije za reverzibilni quarto valjaonički stan, kadra udovoljiti tehničkim, okolišnim i gospodarskim zahtjevima. Ova studija prikazuje rezultate davno započeta razvoja.

Svojstva postupka toplog valjanja aluminija

Riječ je o reverzibilnom quarto valjačkom stanu koji se sastoji od dva pomoćna i dva radna valjka u okomitoj ravni. Prosječni je proizvodni kapacitet valjačkog stana 10000 metričkih tona mjesečno.

Tablica 1: Tehnička obilježja valjačkog stana

	Radni valjci	Pomoćni valjci
Promjer, mm	800	1500
Duljina mm	1800	1800
Materijal	kovani kromni čelik	kovani čelik
Progib, mm	-0,15	
Ostala svojstva		
Najveća visina bloka, mm		465
Ulazna temperatura aluminijskog bloka, °C		480-500
Temperatura svitka na izlazu, °C		340-410
Najveća redukcija, mm		50
Debljina valjane trake u svitku, mm		6-12

Koriste se čelične četke, kako bi se s radnih valjaka skinuli ostaci materijala što se na njima nakupljaju, a sastoje se od aluminjskih oksida i aktivnih dijelova emulzije.

Tablica 2: Sustav hlađenja

Veličina spremnika za emulziju, m ³	200
Temperatura emulzije, °C	58-62
Kapacitet crpke, m ³ /h	400

Postoje mogućnosti odvajanja nečistoća iz emulzije, uključujući filtriranje, taloženje i skupljanje s površine.

Legure valjanog aluminija

U tvrtki ALCOA-KÖFÉM Ltd proizvodi se širok raspon aluminijских legura, korištenjem tehnologije valjanja. Legure se svrstavaju u pet skupina, prema svojstvima plastičnosti (tablica 3). Legure koje se najlakše deformiraju pritom spadaju u prvu skupinu, dok se one s najmanjom plastičnošću svrstavaju u petu skupinu.

Sa stajališta valjane površine, najkritičnija je legura AlMn1Cu (EN 3003), iz druge skupine plastičnosti. Većina legura aluminija, legiranih magnezijem, tvrđa je od polaznih osnovnih materijala, radi čega je i njihova plastičnost manja. Sa stajališta mogućnosti deformacije, aluminijeve legure s Mg stvaraju mnoštvo problema. Za spomenute slitine potrebne su najveće sile tijekom valjanja, što svakako bitno utječe na stanje emulzije.

Temeljni zahtjevi emulzije

Površina toplo valjane trake aluminija mora biti homogena i slobodna od ostataka te ne smije biti niti onečišćena niti prekrivena mrljama. Rashladno sredstvo treba omogućiti nesmetan zahvat, kada blok uđe u otvor radnih valjaka. Dobra kakvoća površine mora se zadržati kroz dugo vrijeme tijekom operacije valjanja.

Da bi se udovoljilo navedenim zahtjevima, emulzija mora posjedovati svojstva podnošenja visokih pritisaka i temperatura (većinom za visoko legirane aluminijske trake) te optimalnu mazivost i stabilnost.

Daljnje zahtjeve s obzirom na emulziju predstavljaju usklađenost sa sustavom napajanja, mala sklonost pjenjenju, kontrolirano odvođenje topline, filtrabilnost i mogućnost lakog uklanjanja ulja s površine. Rok trajanja emulzije mora biti najmanje dvanaest mjeseci, za koje je vrijeme moguće nadolijevanje.

Primjenski uvjeti

Glavni čimbenici koji utječu na stanje emulzije su slijedeći:

- sastav temeljnog materijala za valjanje (legiran, nelegiran)
- razlike u silama valjanja za svaku pojedinu aluminijevu leguru
- količina metalnih onečišćavala
- filtriranje te učinkovitost uklanjanja s površine
- količina mazivog ulja koje je prodrlo u emulziju (zupčaničko i hidrauličko ulje)

Tablica 3: Podjela aluminijskih legura prema plastičnosti

Skupine plastičnosti	Oznaka EN i AA	Vrsta legure
1	1050A	Al 99.5
	1060	Al 99.6
	8079	Al Fe 1 Si
	1200	Al 99.0
2	3003	Al Mn 1 Cu
	3103	Al Mn 1
	4006	Al Si 1 Fe
	8011	Al Fe Si
	3005	Al Mn 1Mg 0.5
	5005	Al Mg 1
	3105A	Al Mn 0.5 Mg 0.5
3	6082	Al Si Mg Mn
	3004	Al Mn 1 Mg 2
	5251	Al Mg 2
4	5052	Al Mg 2.5
	5754	Al Mg 3
	5154A	Al Mg 3.5
	5454	Al Mg 3 Mn
	5049	Al Mg 2 Mn 0.8
5	5086	Al Mg 4
	5182	Al Mg 4.5 Mn 0.4
	5083	Al Mg 4.5 Mn 0.7

Povijest

Suradnja između tvrtki ALCOA-KÖFÉM Ltd i MOL-LUB Ltd. na razvijanju emulzije za toplo valjanje aluminija započela je početkom 80-ih godina prošloga stoljeća. Ova se studija, međutim, bavi samo recentnijim razdobljem od godine 1997. do danas. U međuvremenu su zahtjevi vezani uz kakvoću i proizvodni asortiman izmijenjeni. Bila su, naime, potrebna poboljšanja, kako bi se udovoljilo novim zahtjevima na višoj razini. Najznačajnije su izmjene pritom bile slijedeće:

- Trajno poboljšanje svojstava emulzije koja utječu na uvjete valjanja (npr. povećana viskoznost emulgirajućeg ulja, optimizacija veličine uljnih čestica te smanjenje pjenjenja).
- Usklađivanje s uvjetima prisutnima u tvrtki ALCOA-KÖFÉM Ltd. (npr. uvođenje IR tehnologije u ispitivanje osnovnih sastojaka).
- Pooštreni uvjeti sastava i nadziranja proizvodne kakvoće emulgirajućeg ulja (povećan broj i stroža ograničenja).

Svaka je promjena sastava emulzije ispitana u tvornici za vrijeme postupka valjanja. U tome leži stvarna opasnost, jer i najmanji korak u pogrešnome smjeru može uzrokovati probleme vezane uz kakvoću površine i uz proizvodnost. Stoga je zbog

sigurnosnih razloga strategija razvoja išla korak po korak te bi nakon i najmanje izmjene sastava uslijedio primjenski test u tvornici. Sljedeći je korak mogao uslijediti tek nakon pozitivnoga iskustva s prethodnim.

Odlike i svojstva ispitnog proizvoda te tipični parametri

Tip emulzije za ovu tehnologiju oblikovanja – grupiranu na temelju tipične raspodjele veličine čestice ulja – jest stabilna emulzija. Raspodjela čestica ulja u ispitnoj emulziji upućuje na iznimno dobru stabilnost. Prema iskustvu u primjeni, raspodjela čestica ulja emulzije prikladne za valjanje jest ona koja sadrži najviše 50% (v/v) čestica ili kapljica ispod 1 μ m (prosječna veličina kapljice ulja: 1.0 μ m) te najviše 10% iznad 5 μ m.

Ovo ulje, koje se miješa s vodom, za navedenu tehnologiju sadrži visoko rafinirano mineralno ulje, emulgator, protukorozivno sredstvo, poboljšivač mazivosti i nesilikonske aditive protiv pjenjenja.

Na slici 1 u engleskom izvornom tekstu prikazana je promjena kakvoće površine pri valjanju legure Al Mn1Cu.

Korištenjem emulzije za svaku vrstu aluminijske legure postignuta je dobra kakvoća površine te se posebno dobrom pokazala kod valjanja kritične legure (AlMn1Cu). Kakvoća površine navedenoga materijala znatno je poboljšana tijekom razvojnoga postupka, što ukazuje na postizanje stvarnoga napretka (slika 1). Ispitivanje kakvoće površine vršeno je vizualnom metodom ("narančina kora"), pri čemu je valjana površina uspoređivana sa standardom koji prikazuje pet razreda klasifikacije. Pritom je peti razred najbolji, a prvi najlošiji. Na središnjoj je razini treći razred koji je prihvatljiv.

Razvojni postupak

Promjena zahtjeva tržišta snažno je utjecala na preobrazbu strukture legura valjanog aluminijske. Smanjena je količina nelegiranih i blago legiranih materijala, dok je s druge strane povećana količina aluminijske legiranih dodatkom Mg. Promijenjeni su i uvjeti valjanja. Iskustvo je pokazalo kako mazivost ove emulzije nije uvijek bila dostatna, ovisno o okolnostima. Stoga je za udovoljenje zahtjevima bilo potrebno unaprjeđenje svojstava emulzije. Razmatrane su mogućnosti unaprjeđenja radnih svojstava (tablica 4), pri čemu je prikazan odnos između kakvoće MOL-ove emulzije Proizvod I i kakvoće valjane površine.

ALCOA-KÖFÉM Ltd. dogovorio je s tvrtkom MOL-LUB Ltd. razvoj emulzije metodom korak po korak, putem povećanja viskoznosti i indeksa viskoznosti emulgirajućeg ulja. Novi se sastav emulzije temelji na iskustvima postupka valjanja i rezultata laboratorijskih ispitivanja korištene emulzije. Količina najvažnijih aditiva (slobodna oleinska kiselina, ester) sa stajališta postizanja radnih svojstava pri valjanju nije se mijenjala. Bio je to temeljni zahtjev za vrijeme laboratorijskoga rada.

Još je jedna prednost novoga sastava niži sadržaj pepela emulzije, što omogućava postizanje anodizirajuće kakvoće.

Tablica 4: Svojstva emulzije i kakvoća valjane površine

Svojstva emulzije	Glavni čimbenici utjecaja na svojstva emulzije	Metoda poboljšanja kakvoće površine
Viskoznost emulgirajućeg ulja, indeks viskoznosti (1)	sastav/kakvoća emulgirajućeg ulja sadržaj uključenog ulja/uklanjanje s površine emulzija nakon dodavanja	povećanje viskoznosti (pozorno), povećanje indeksa viskoznosti
Sadržaj estera (1)	sadržaj/kakvoća emulgirajućeg ulja emulzija nakon dodavanja odnos pritiska i temperature valjanja	promjena količine/kakvoće estera
Sadržaj slobodne oleinske kiseline (1)	sadržaj/kakvoća emulgirajućeg ulja emulzija nakon dodavanja filtriranje, uklanjanje s površine	smanjenje (nije suštinsko)
Sklonost stvaranju metalnog sapuna (2)	sadržaj/kakvoća emulgirajućeg ulja filtriranje, uklanjanje s površine tehnologija (struganje četkom) odnos pritiska i temperature valjanja	smanjenje (nije suštinsko)
Sadržaj pepela (2)	sadržaj/kakvoća emulgirajućeg ulja koncentracija emulzije filtriranje, uklanjanje s površine	smanjenje
Veličina i stabilnost kapljice ulja (1)	sadržaj/kakvoća emulgirajućeg ulja emulzija nakon dodavanja sadržaj/uklanjanje s površine uključenog ulja	nije potrebna

(1): učinak na debljinu/čvrstoću uljnog sloja

(2): utjecaj na sadržaj pepela u emulziji

Metode ispitivanja upotrijebljene pri korištenju emulzije

Tvrđnje koje slijede u načelu su primjenjive za toplo valjanje aluminijskim korištenjem povratnog quarto valjačkog stana. Međutim, budući da je svaki valjački stan ponešto različit - uključujući tu sustav emulzije, kao i primijenjenu tehnologiju valjanja - možda će biti potrebno izmijeniti temeljne uvjete (proizvod), granične vrijednosti, ili pak neke druge mjere (primjerice naknadno tretiranje aditivima).

Primjenski je ispitivanje započeto mjesec dana prije potpune izmjene emulzije (za vrijeme 8. ciklusa), u ljeto 2004. ulijevanjem nove emulzije u sustav, kako bi se smanjio rizik.

Slike koje su u engleskom izvorniku prikazuju promjenu svojstava emulzije u usporedbi s iskustvima iz prethodnoga razdoblja (7. ciklus).

- 7. ciklus: od 06.08.2002. do 05.08.2003. Referentni ciklus.
- 8. ciklus: od 18.08.2003. do 05.08.2004. Početak ispitivanja s novom emulzijom počev od 310. dana ciklusa.

- 9. ciklus: od 16.08.2004. do 18.07.2005. Ispitivanje nove emulzije počevši od novoga punjenja spremnika sustava.

Tablica 5: Metode ispitivanja emulzije

Ispitivani parametri	Ispitna metoda ⁽¹⁾
Koncentracija, vol., %	Cijepanje kiselinom, MSZ 11790-4
Stabilnost količina vrhnja, ml količina ulja, ml	MSZ 11790-1 (procjena nakon 6-12 sati)
pH vrijednost	Potenciometrijski, DIN 51369
Pjenjenje, gradacija (količina pjene nakon jedne minute, ml)	MSZ 11790-2 (statična metoda) ili IP 312
Raspodjela veličine uljne kapljice	Analizator veličine čestica koji radi na načelu laserske difrakcije. Raspon veličine: 0,01 μm – 100 μm
Sadržaj pepela, mg/l	Ukupni neisparivi pepeo
Sadržaj krutoga materijala, mg/l	Utvrđivanje težine materijala filtriranog putem odgovarajućeg filtra.
Vodljivost, $\mu\text{S/cm}$	npr. oprema tipa Radelkis Mini-Digi OK-113
Sadržaj metala, ppm (mg/kg) aluminij željezo magnezij mangan	Modificirana EN 11885 (ICP)
Viskoznost, mm^2/s I. kin. viskoznost pri 40 °C, mm^2/s II. kin. viskoznost pri 100 °C, mm^2/s , i IV	Viskoznost ulja prikupljenog iz emulzije nakon cijepanja kiselinom i sušenja vakuumskom destilacijom (maks. 60 °C)
Sadržaj aditiva, % ester slobodna masna kiselina	Iz ulja prikupljenog vakuumskom destilacijom IR metodom KKSZ 0540-11 KKSZ 0540-12
Ostala onečišćavala sadržaj cinka, ppm (mg/kg) sadržaj fosfora, ppm (mg/kg) prisutnost metalnog sapuna broj bacila, bacila/ml emulzije uključeno strano ulje, (v/v)%	ICP (iz emulzije, KKSZ 0580-4) ICP (iz emulzije, KKSZ 0580-4) IR (iz ulja prikupljena vakuumskom destilacijom) MSZ ISO 6222 Može se izračunati na temelju sadržaja emulgatora svježe emulzije.

⁽¹⁾ Korisnik opisane metode može zamijeniti vlastitima na temelju iskustva, s različitim graničnim vrijednostima, koje u tom slučaju valja korigirati prema iskustvu u radu.

Slika 2 u engleskom izvorniku prikazuje promjenu sadržaja aluminija (Al), željeza (Fe), cinka (Zn) i fosfora (P) u emulziji za vrijeme rada. Novi je sastav emulzije dodan u spremnik počevši od 310. dana 8. ciklusa. Nakon ulijevanja nove emulzije u spremnik za vrijeme 8. ciklusa emulzije, sadržaj aluminija i željeza gotovo je trenutačno počeo padati. Sadržaj fosfora i cinka ovisi o sadržaju uključenog stranog ulja u emulziji. Ono pritom može biti hidrauličko ili zupčaničko. Onečišćavala Al i Fe u 9. ciklusu emulzije stabilizirana su na nižoj razini negoli prethodno. Čistoća radne emulzije bila je bolja no ikada.

Slika 3 prikazuje promjenu kinematičke viskoznosti kod 40, 100 °C i indeks viskoznosti (IV). Ulijevanje novoga sastava emulzije u spremnik započeto je 310. dana 8. ciklusa.

Slika 4 prikazuje promjenu koncentracije emulzije (sadržaj ulja), prosječne veličine kapljice ulja i sadržaja estera. Ulijevanje novoga sastava emulzije u spremnik započeto je 310. dana 8. ciklusa

Učinak poboljšanja nosivosti vidljiv je u povećanju kinematičke viskoznosti pri 100 °C i IV (slika 3).

Na slici 4 vidljiv je smanjeni sadržaj ulja u emulziji nakon nadolijevanja nove emulzije izmijenjenog sastava. Emulzija je, uz tu nižu razinu koncentracije, omogućila odgovarajuću nosivost i odličnu valjanu površinu. Prosječna veličina kapljice ulja i sadržaj estera pritom se nisu bitno mijenjali.

Rezultati razvoja

- Budući da je povećana nosivost mazivoga sloja:
 - smanjena je sila valjanja za 50-100 tona, što znači da je sila u prethodnome razdoblju kod visoko legiranoga materijala (npr. Al Mg 4) bila 2500, a sada 2400 tona.
 - mazivi sloj ne puca na kraju prolaska visoko legiranog materijala.
- Kakvoća valjane površine poboljšana je za čitav razred, dok su materijali svijetle površine dosegli peti razred (najvišu razinu klasifikacije).
- Sadržaj pepela smanjen je na polovicu količine iz prethodnoga razdoblja, što znači da smanjena količina onečišćavala u emulziji osigurava bolje svojstvo eloksiranja. Sadržaj pepela prije je iznosio 700-750 mg/l, a sada iznosi 400-450 mg/l.

Zaključak

U studiji je prikazan postupak razvoja emulzije za toplo valjanje aluminijske tvrtke MOL-LUB Ltd. primijenjen u tvornici ALCOA-KÖFÉM Ltd.

Prema našem iskustvu, uvjeti potrebni za uspješno razvijanje emulzije su slijedeći:

- Trajno laboratorijsko analiziranje emulzije, nakon izmjena njezina sastava, prateći promjene stanja emulzije. Procjena rezultata ispitivanja te njihova usporedba s iskustvima valjanja. Poznavanje metode rada emulzije.
- Prilagodbe postupku (razvoju postupka) valjanja, u slučaju promjene kakvoće ili tehnoloških zahtjeva.
- Bliska suradnja između stručnjaka proizvođača i korisnika za vrijeme razvojnoga postupka.
- Metoda korak po korak, koja omogućava korekciju u tijeku samoga postupka, ne ugrožavajući pritom proizvodnju.

DEVELOPMENT OF ALUMINIUM HOT ROLLING EMULSION

Abstract

Hot rolling of aluminium is a very sophisticated technology. Different type water-soluble oils are used in this process. Close co-operation between the lubricant manufacturer and the end user is essential to develop both a new lubricant and provide continuous production.

The authors would like to present the co-operative development work creating an emulsion for a reversing quarto mill, which is able to meet technical, environmental and economical requirements. The study shows the results of a long ago started development.

Characteristics of aluminium hot-rolling process

The type of the mill is a reversing quarto built up by two back-up rolls and two work-rolls in one vertical plane [1]. Average production capacity of mill is 10000 metric tons in a month.

Table1: Technical characteristics of rolling mill

	Work-rolls	Back-up rolls
Diameter, mm	800	1500
Lengths, mm	1800	1800
Material	wrought chrome steel	wrought steel
Camber, mm	-0,15	
Other characteristics		
The greatest slab height , mm		465
Entering temperature of aluminium slab, °C		480-500
Temperature of coil at exit, °C		340-410
The largest reduction, mm		50
Coil thickness, mm		6-12

There are Steel drifts brushes for erasing the built up deposition from work-rolls, which is covering it and consists of aluminium-oxides and active parts of emulsion.

Table 2: Cooling system

Size of emulsion tank, m ³	200
Emulsion temperature, °C	58-62
Performance of pumps, m ³ /h	400

There are possibilities of emulsion impurities separation including filtering, deposition and skimming.

Rolled aluminium alloys

Wide range of aluminium alloys is produced by the rolling technology at ALCOA-KÖFÉM Ltd. The alloys are classified into five groups according to the characteristics of plasticity (Table 3). Alloys with the easiest deformability are ranked into the first class, and alloys with the most difficult plasticity are ranked into the fifth class [2].

Table 3: Aluminium alloy properties

Plasticity Classes	EN and AA Code	Alloy type
1	1050A	Al 99.5
	1060	Al 99.6
	8079	Al Fe 1 Si
	1200	Al 99.0
2	3003	Al Mn 1 Cu
	3103	Al Mn 1
	4006	Al Si 1 Fe
	8011	Al Fe Si
	3005	Al Mn 1Mg 0.5
	5005	Al Mg 1
	3105A	Al Mn 0.5 Mg 0.5
3	6082	Al Si Mg Mn
	3004	Al Mn 1 Mg 2
	5251	Al Mg 2
4	5052	Al Mg 2.5
	5754	Al Mg 3
	5154A	Al Mg 3.5
	5454	Al Mg 3 Mn
	5049	Al Mg 2 Mn 0.8
5	5086	Al Mg 4
	5182	Al Mg 4.5 Mn 0.4
	5083	Al Mg 4.5 Mn 0.7

From the viewpoint of the rolled surface the most critical alloy is the AlMn1Cu (EN 3003) from the second plasticity class. Lots of aluminium, which is alloyed by Mg, is harder than the previous basic materials, therefore their plasticity is worse. By the aspect of deformability the Mg alloyed base materials are causing lots of problems. They are getting the heaviest forces during the rolling operation of these metals, so this influences the emulsion condition very strongly.

Basic requirements for the emulsion

The surface of hot-rolled aluminium strip shall be homogenous and pick-up free, it may not be contaminated or spotty. The coolant has to provide trouble-free bite, when billet enters into the gap of work-rolls. The good surface quality could be reproducible for a long time during the rolling operation.

To comply with these requirements the emulsion has to be able to resist high pressure and temperature (mainly for high alloyed aluminium strip), it has to have optimal lubricity, and long term stability.

Further demands for the emulsion is conformity to emulsion supply system, low foaming tendency, controlled heat removal, filterability and the tramp oils must be skimmable. The lifetime of the emulsion must be at least twelve months. During this period refreshing of the charge is possible.

Application circumstances

The main factors effecting the condition of emulsion are the followings:

- composition of the rolled base material (alloyed, unalloyed)
- differences in the rolling forces for each aluminium alloy
- quantity of the metal contaminants which get into the system
- filtering, skimming effectiveness
- quantity of tramp oil (gear- and hydraulic oil)

Antecedents

The co-operation between ALCOA-KÖFÉM Ltd and MOL-LUB Ltd developing an aluminium hot rolling emulsion has started at the early 1980s. This study is dealing only with shorter period from 1997 to these days. At the same time the quality requirements and produced product range changed. Improvement was needed to satisfy new demands on higher level.

The most important modifications were the followings:

- Continuous improvement of emulsion characteristics, which influence the rolling conditions (e.g. soluble oil viscosity increase, oil particle size optimisation, and foaming reduction).
- Conformity to circumstances of ALCOA-KÖFÉM Ltd. (e.g. implementation of IR technology in testing most essential components).
- Increasing the severity of the composition and the production quality control of soluble oil (large number and more stringent control specification limits).

Each change of the emulsion composition was tested at the plant during the rolling operation. This holds real danger because one little step to wrong direction may cause problem at both surface quality and productivity. For the sake of safety the strategy of development was a step by step process, where after a little step in composition an application test at the plant took place. If the experiences were good the next step could follow.

Product characteristics, properties, typical parameters

The type of emulsion for this forming technology – grouping on the basis of the typical oil droplet size distribution – is a stable emulsion. The droplet distribution of emulsion shows excellent stability. According to the operation experience, the droplet distribution is suitable for rolling if maximum 50% (v/v) of the droplets are below 1 μ m (average oil droplet size: 1.0 μ m) and maximum 10% is above 5 μ m.

This water miscible oil for this technology is a highly refined mineral oil containing emulsifier, corrosion inhibitor, lubricity improver and non-silicone antifoam additives.

Figure 1: Surface quality changing at rolling of Al Mn1Cu alloy

Using the emulsion for every type of aluminium alloys the surface quality was good, mostly at rolling of the critical alloy (AlMn1Cu) behaved advantageously. The surface quality of this material increased significantly during the development process, which demonstrate the development (Figure 1). Testing of surface quality is a visual method (Orange peel), when the rolled surface is compared to a standard, which shows five classifications. The best is the fifth and the worst is the first class. In the middle level the third class is acceptable.

Development process

The changing of market demands had a strong influence on the transformation of the structure of rolled aluminium alloys. The quantity of unalloyed and soft alloyed

materials decreased, on the other hand the Mg alloyed aluminium quantity increased. Rolling conditions at this situation changed, too. According to our experiences lubricity of this emulsion is not always enough, depending on the circumstances. Therefore progress of emulsion is necessary to satisfy the requirements. The possibilities of performance increasing has been analysed (T. 4), it shows relation between MOL Product I. emulsion quality and rolled surface quality.

Table 4: Emulsion characteristics and surface quality

Emulsion characteristics	Main factors effecting Emulsion characteristics	Improvement method of surface quality
Soluble oil viscosity, viscosity index (1)	soluble oil composition / quality trap oil content / skimming emulsion after adding	viscosity increasing (careful), viscosity index increasing
Ester content (1)	soluble oil composition/quality emulsion after adding relations of rolling pressure and temperature	changing of ester quality / quantity
Free oleic acid content (1)	soluble oil composition / quality emulsion after adding filtering, skimming	decreasing (non-essential)
Tendency for metallic soap formation (2)	soluble oil composition / quality filtering, skimming technology (roll brushing) relations of rolling pressure and temperature	decreasing (non-essential)
Ash content (2)	soluble oil composition / quality concentration of emulsion filtering, skimming	decreasing
Oil droplet size and stability (1)	soluble oil composition / quality emulsion after adding Tramp oil content / skimming	not needed

(1): effect on oil film thickness/strength

(2): effect on ash content of emulsion

ALCOA-KÖFÉM Ltd. has agreed with MOL-LUB Ltd on development of emulsion with step by step method by increasing viscosity and viscosity index of soluble oil. The new emulsion composition is made on the base of rolling experiences and the laboratory test results of used emulsion. Quantities of the most important additives (free oleic acid, ester) from the viewpoint of rolling performance are not changing. It was fundamental requirement during the laboratory work.

The other advantage of the new composition is the lower ash content of the emulsion, which able to make anodising quality possible.

Applied test methods during the use of the emulsion [3]

The following statements are generally applicable for aluminium hot rolling on reversing quarto stand.

However, since each stand (rolling mill) is different-including the emulsion system as well as the applied rolling technology-modification of the base conditions (the product itself) or the limit values, or other measures (for instance additive after-treatment) may be necessary.

Table 5: Emulsion control test methods

Parameter to be tested	Test method ⁽¹⁾
Concentration, vol. %	Acid pre-treatment, MSZ 11790-4
Stability cream, ml oil, ml	MSZ 11790-1 (evaluated after 6-12 hours)
pH value	Potentiometric, DIN 51369
Foaming, grade (foam volume after one minute, ml)	MSZ 11790-2 (static method) or IP 312
Oil droplet size distribution	Particle-size analyser operating on laser diffraction principle. Size range: 0,01 μm – 100 μm
Ash content, mg/l	Total non-volatile ash
Solid material content, mg/l	Specifying the weight of material filtered out with suitable filter.
Conductivity, $\mu\text{S/cm}$	E.g. Radelkis Mini-Digi OK-113 type equipment
Metal content, ppm (mg/kg) Aluminium Iron Magnesium Manganese	Modified EN 11885 (ICP)
Viscosity, mm^2/s I. Kin. viscosity at 40 °C, mm^2/s II. Kin. viscosity at 100 °C, mm^2/s , and VI	Viscosity of the oil recovered from the emulsion after acidic decomposition and drying with vacuum distillation (max. 60 °C)
Additive content, % Ester Free fatty acid	From oil recovered with vacuum distillation by IR method KKSZ 0540-11 KKSZ 0540-12
Other contaminants Zinc content, ppm (mg/kg) Phosphorus content, ppm (mg/kg) Presence of metal soap Germ count, germ/ml emulsion Trap oil, (v/v)%	ICP (from emulsion, KKSZ 0580-4) ICP (from emulsion, KKSZ 0580-4) IR (from oil recovered with vacuum distillation) MSZ ISO 6222 Can be calculated on the basis of the emulsifier content of the fresh emulsion.

⁽¹⁾ The described methods may be replaced by the user's well experienced own methods, where the limit values may be different; these shall be corrected according to the operational experience.

The application test [4] started one month before the changing all charge of emulsion (during 8. cycle) on the summer of 2004, by refilling the new emulsion into the system to reduce the risk.

The following figures show the changing of emulsion characteristics with comparison the experiences of the previous period (7. cycle).

- 7. cycle: from 06.08.2002 to 05.08.2003. Reference cycle.
- 8. cycle: from 18.08.2003 to 05.08.2004. Starting the test with new emulsion from the 310. day of cycle.
- 9. cycle: from 16.08.2004 to 18.07.2005. Test new emulsion from starting the new charge.

Figure 2: Changing of Aluminium (Al), ferrous (Fe), zinc (Zn) and phosphorus (P) content in the emulsion during the operation. New composition refilling into the reservoir was started from 310th day of the 8. cycle.

After refilling new emulsion into the charge during the 8th emulsion cycle, the aluminium and ferrous content almost at that moment started to decrease.

Phosphorus and zinc content depend on the tramp oil content of the emulsion. Tramp oil can be hydraulic and gear oil. The Al and Fe contaminants in the 9th emulsion cycle stabilised at lowest level than earlier. The cleanliness of operating emulsion was better than ever.

Figure 3: Kinematic viscosity change at 40, 100 °C and Viscosity Index (VI). New composition refilling into the reservoir was started from 310th day of the 8. cycle.

The effect of load carrying capacity improving is appeared in the higher kinematic viscosity at 100°C and the VI (Figure 3).

In the Figure 4 can be seen the oil content of the emulsion after the installation of new composition decreased. The emulsion provided proper load carrying capacity and excellent rolled surface with this lower degree of emulsion concentration. The average oil droplet size and the ester content weren't changed significantly.

Figure 4: Emulsion concentration change (Oil content), average oil droplet size and ester content. New composition refilling into the reservoir was started from 310th day of the 8. cycle.

Results of development

- Load carrying capacity of lubricating oil film increased therefore:
 - the rolling forces decreased by 50-100 tons, it means that force during last pass of high alloyed material (e.g. Al Mg 4) was 2500 tones in the previous period, now it is 2400 tones.
 - lubricating film does not break at the end of the strong alloyed materials' long pass.
- Rolled surface quality improved by one class, bright surfaced materials reach the fifth class (the highest classification).
- Ash content decreased to the half of the previous period's quantity, so the lower contaminants in the emulsion ensure the anodising quality. Ash content was between 700-750 mg/litre, now it is 400-450 mg/litre.

Conclusion

MOL-LUB Ltd. development method of aluminium hot rolling emulsion at ALCOA-KÖFÉM Ltd. was presented in this study.

According to our experiences the conditions of successful emulsion development are the followings:

- Continuous laboratory analysis of the emulsion, following the changes in emulsion composition and emulsion condition characteristics. Test result evaluation, and comparing to rolling experiences. Knowledge of emulsion operation method.
- Adaptations to the rolling operation (development) if quality or technological requirements are changing.
- Close co-operation between experts of manufacturer and user during development.
- Step by step method enabling correction in the process without endangering the production.

Literatura / References:

1. Kiss Ervin - Szabics József: Kohógéptan, Műszaki könyvkiadó. Budapest 1976.
2. Király László: Műszaki Információk, ALCOA - KÖFÉM Kft. Székesfehérvár 1997.
3. Lenti Margit: Kenőanyagok Vizsgálati módszerei, Szakmérnöki jegyzet, Veszprém. 1997.
4. Reports of the charge test, 2002-2005.

UDK	Ključne riječi:	Key words:
621.892.6	ulja topljiva u vodi i emulgirajuća ulja za obradbu metala	water soluble and emulsifiable metalworking oils
669.71.122	aluminij, valjanje	aluminium, rolling
669.715.018.26	aluminijeve legure za obradbu plastičnom deformacijom	aluminium alloys for plastic deformation processing
621.98	obradba limova i folija	sheet metal forming technique

Autori / Authors:

László Király – process engineer, ALCOA-KÖFÉM Ltd., Hungary

Ilona Kormos – product developer, MOL-LUB Ltd., Hungary

Zoltán Kecskés – consultant, MOL-LUB Ltd., Hungary

Primljeno / Received:

11.7.2005.