

Relazione tra la lubrificazione e lo stampo Lubrificazione in funzione delle fasi di processo

L. Baraldi, C. Raone

Il continuo evolversi delle condizioni tecnico qualitative nel settore della pressofusione dell'alluminio porta a doverosi approfondimenti su tutte le numerose variabili che influenzano il processo industriale. In effetti solo la conoscenza ed il controllo armonico di tutte le condizioni operative consente di raggiungere i livelli di qualità e di produttività richiesti dai mercati internazionali.

A tal fine verrà analizzata la relazione esistente tra il lubrodistaccante e lo stampo con particolare attenzione alle condizioni di fonderia che influiscono sulle prestazioni del prodotto applicato. Saranno inoltre descritte le differenti necessità di lubrificazione in funzione delle diverse fasi del processo di produzione.

Parole chiave: pressocolata, qualità, tribologia, difetti

PREMESSE

Prima di ogni indagine credo sia necessario definire in modo preciso le famiglie dei componenti che costituiscono il distaccante.

I Lubrodistaccanti sono emulsioni del tipo O/W. La frazione anidra (mediamente dal 20 al 30 %) è quella che conferisce le caratteristiche intrinseche al film che si formerà sullo stampo dopo l'evaporazione dell'acqua (sia quella contenuta nel concentrato che, soprattutto, quella utilizzata per la diluizione la quale è mediamente pari al 99 - 98 % sul totale del diluito erogato sullo stampo).

Questo insieme di principi attivi sono affiancati dal Pacchetto di Tensioattivi aventi la duplice funzione di realizzare l'emulsione concentrata e di aumentare il potere filmante del diluito erogato sullo stampo ad ogni ciclo.

Attualmente sono in fase di sviluppo prodotti completamente anidri non oggetto della presente trattazione in quanto rappresentano una soluzione operativa, a mio parere, non attuabile nella maggioranza dei casi se impiegati ad ogni ciclo. In effetti è opinione ormai diffusa e condivisa dagli operatori che le funzioni del distaccante sono principalmente due[1]:

1. Formare un film in grado di lubrificare e distaccare la lega iniettata all'interno della cavità dello stampo;
2. Sottrarre calore ad ogni ciclo mediante evaporazione dell'acqua di diluizione.

E' evidente che i prodotti anidri non esplicano la seconda funzione che, come vedremo, è importantissima, soprattutto in un regime di produzione con tempi ciclo in continua diminuzione (automazione delle fasi, aumento della produttività ecc ecc.).

A prescindere dalla forma fisica con cui il prodotto viene presentato all'utilizzatore finale, ciò che caratterizza il film che si formerà sullo stampo è la composizione della frazione anidra, la quale avrà una propria incidenza su alcune delle principali variabili di processo. Nel prossimo paragrafo saranno descritte le caratteristiche intrinseche più importanti ed i relativi effetti sull'out-put di produzione.

Luca Baraldi, Cosimo Raone
Baraldi lubrificanti Srl

Memoria presentata alla giornata di studio
"Dallo stampo alla qualità del pressocolato", Milano, 23 ottobre 2003"

CARATTERISTICHE INTRINSECHE DEL LUBRODISTACCANTE E RELATIVI EFFETTI

Le principali caratteristiche intrinseche del film lubroseparatorio sono:

- Potere bagnante e filmante.
- Potere lubrodistaccante.
- Formazione di incrostazioni e patine dure (Build-Up).
- Equilibrio termogravimetrico.

Ora proviamo ad analizzare quali sono le variabili di processo influenzate da queste caratteristiche, precisando che, ovviamente, non tutto dipende dal prodotto applicato, ma come già enunciato, da una serie innumerevole di condizioni operative.

E' comunque opportuno ribadire che la scelta del prodotto idoneo alle proprie esigenze produttive è una attività fondamentale che il tecnologo di fonderia deve affrontare.

Potere bagnante e filmante

Abbiamo detto che questa condizione è generata dall'insieme dei tensioattivi utilizzati nella formulazione del concentrato. Un fluido ad alta tensione superficiale ha una bassa bagnabilità e viceversa, quindi se applichiamo sullo stampo un diluito con tensione superficiale non idonea alle condizioni di temperatura che incontreremo avremo uno scarso potere bagnante e quindi filmante con conseguente riduzione delle caratteristiche di protezione e lubrificazione quindi con aumento delle metallizzazioni e strappature e possibili rotture di spine e parti mobili.

Nel 1993 al Congresso NADCA[2] vennero presentati i risultati di una ricerca avente come finalità la misurazione della velocità di scambio termico dell'emulsione erogata sullo stampo. In questo interessante lavoro si stabilì che al variare del prodotto applicato in condizioni note e ripetute, varia tale velocità che invece non si modifica se lo stesso prodotto viene applicato a concentrazioni differenti, almeno nei limiti di concentrazione testati (da 1/20 a 1/60). Tali conclusioni ci confermano che la qualità dei tensioattivi, non il principio attivo presente in quantità maggiore, caratterizza questa importante condizione.

Potere lubrodistaccante

Ragionando per assurdo, se applichiamo un fluido con tensione superficiale perfettamente bilanciata, ma senza potere

lubrodistaccante avremo comunque dei problemi di metallizzazioni diffuse con rotture di spine ed in più rugosità superficiali sui getti.

La capacità di realizzare un film ad alto potere lubrodistaccante, in grado cioè di coniugare proprietà distaccanti con una riduzione del coefficiente d'attrito durante il riempimento della cavità, senza lasciare depositi e/o macchie sul getto, rappresenta l'obiettivo principale dei dipartimenti di R&S dei produttori di lubroseparatori.

Questa è in effetti la qualità principale che deve avere il distaccante e che, ovviamente, è la più nota ed indagata dagli operatori del settore.

Formazione di incrostazioni e patine dure

Proseguendo nelle ipotesi teoriche, un prodotto può avere caratteristiche di "barriera" (alto potere distaccante) talmente marcate da creare per eccesso altre problematiche: i "build-up".

In effetti negli anni che vanno dalla fine del 1970 sino ad oggi sono stati impiegati molti prodotti aventi queste difettosità generate soprattutto dalle cere impiegate. I moderni prodotti riescono a coniugare un elevato potere distaccante senza formazione di incrostazioni e patine che talvolta possono generare addirittura parti mancanti nel getto presso fuso.

Equilibrio termogravimetrico

L'analisi termogravimetrica ci consente di conoscere la perdita del peso di un film depositato sullo stampo al variare della temperatura. Un prodotto sbilanciato può generare gas e/o soffiature nel getto o non proteggere la pelle dello stampo alle alte temperature oppure, al contrario, formare build-up con incrostazioni, talvolta molto dure, sulla superficie stampo.

Queste sono, in estrema sintesi, le principali caratteristiche del distaccante ed, ovviamente devono essere oggetto di analisi in fase di adozione del prodotto, ma è necessario sottolineare che le stesse qualità della chimica utilizzata sullo stampo sono a loro volta oggetto di variazione in funzione di alcune condizioni di fonderia che andiamo ad elencare.

VARIABILI DI FONDERIA CHE INFLUISCONO SULLE PRESTAZIONI DEL DISTACCANTE

Diluizione finale di impiego

Come è noto il concentrato, prima dell'impiego, viene diluito in acqua. Le proporzioni del concentrato rispetto all'acqua varia in funzione delle caratteristiche intrinseche del prodotto sopra descritte, e delle condizioni tecniche generate dalla forma, dimensioni e requisiti dello stampo e, quindi, del getto da esso generato.

Oggi ormai i dosaggi vengono effettuati utilizzando sistemi automatici (dosatori volumetrici) che presentano un sufficiente grado di affidabilità. Nella Fig. 1 vengono riportate le condizioni operative in funzione della concentrazione del distaccante.

Caratteristiche dell'acqua di diluizione

Come è noto il prodotto in emulsione acquosa viene ulteriormente diluito prima di essere erogato sulla superficie dello stampo ad ogni ciclo. Risulta pertanto evidente che la qualità dell'acqua è una variabile molto importante, in effetti la quantità erogata risulta essere considerevole e quindi, ciclo dopo ciclo, l'incidenza qualitativa diventa rilevante. Un'acqua "dura" contenente sali di Calcio (Ca++) e Magnesio (Mg++) deposita, nel tempo, residui estremamente duri e compattati sulla superficie stampo fino a formare un "coating" sinterizzato che può generare getti incompleti, opaci e rugosi rallentando inoltre lo scambio termico (la bar-

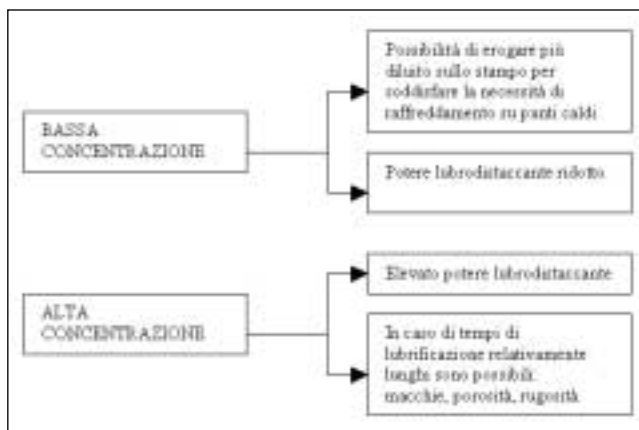


Fig. 1 - condizioni operative in funzione della concentrazione del distaccante.

Fig. 1 - operating conditions according to the release agent concentration.

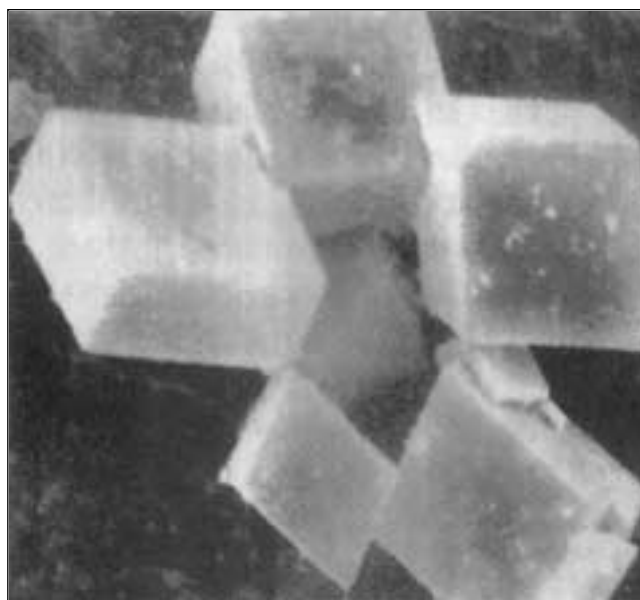


Fig. 2 - ingrandimento di deposito calcareo prelevato da uno stampo di pressofusione.

Fig. 2 - magnification of a calcareous deposit taken from a diecasting die.

riera che si forma è altamente isolante). Nella Fig. 2[3] si riporta un' ingrandimento di deposito calcareo prelevato da uno stampo di pressofusione, si noti la forma cubica assunta dal deposito, tale conformazione rende la superficie abrasiva nei confronti della lega iniettata.

Oggi è possibile sottoporre l'acqua di diluizione a trattamenti chimico/fisici in grado di eliminare il problema alla radice. Nel caso di utilizzo di acqua addolcita per mezzo di scambio ionico è necessario selezionare un distaccante in grado di inibire il potere corrosivo che gli ioni sodio (Na+) possono esplicitare sui metalli.

Influenza della quantità erogata e modalità di applicazione
E' evidente che la quantità e le modalità di applicazione svolgono un ruolo di primaria importanza nella realizzazione del film sullo stampo.

La quantità è la variabile che, se ben gestita, può avere la funzione di "messa a punto finale" del dinamismo termico dello stampo in quanto è l'elemento che sottrae più o meno calore dalla superficie prima della fase di chiusura dei piani e quindi dell'inizio delle fasi di iniezioni della lega. Per raggiungere questo obiettivo è però necessario avere sotto con-

trollo le dinamiche termiche esistenti sulla superficie dello stampo ad ogni ciclo, ed il corretto dosaggio del concentrato (Vedi fig. 1).

Circa le modalità di applicazione, argomento ampiamente studiato ed approfondito da numerosi ed autorevoli studi [3], è opportuno sottolineare che un'erogazione errata influisce notevolmente non solo sul potere filmante del liquido erogato, ma anche sulla capacità di sottrarre calore nell'unità di tempo [2].

Influenza della contaminazione batterica

Ho già avuto modo, in altre occasioni, di dichiarare che nelle emulsioni industriali (MWF Metal Working Fluids) le cariche batteriche sono endemiche non è possibile cioè avere emulsioni esenti da ceppi batterici e/o di origine vegetale (funghi), e ciò perché ovviamente i principi attivi sono di origine organica, ma quando questa situazione fugge al controllo e si formano negli impianti di distribuzione (condotte, dosatori, tubazioni ecc.) dei veri e propri biofilm, (Vedi in Fig.3 lo schema di distribuzione dei particolati batterici all'interno di un tubo di distribuzione)[4] allora si possono inserire negli impianti dei particolari batteri noti come Ferro-batteri (o IOB Iron Oxidizing Bacteria)[4] in grado di ossidare il Ferro presente negli acciai anche in condizioni di pH neutro (gruppo Sphaerotilus-Leptothrix).

In questi casi, quando "l'epidemia" si è diffusa, la chimica può poco o nulla (qualche "terapia" è stata individuata, ma con risultati modesti) in quanto il biofilm ha delle "difese immunitarie" molto efficaci.

L'orizzonte migliore è quello della prevenzione anche perché le cariche batteriche presenti negli impianti industriali alterano in modo radicale le proprietà protettive dei prodotti utilizzati[5] sullo stampo.

Prevenire le contaminazioni batteriche consente perciò di ottenere due importanti risultati:

- ridurre i fenomeni ossidativi di origine microbiologica sullo stampo e sulle presse (Vedi fig. 4)
- ottimizzare le caratteristiche dei prodotti utilizzati in produzione aumentando così la vita media dello stampo.

LUBRIFICAZIONE IN FUNZIONE DELLE FASI DI PROCESSO

Abbiamo sin qui descritto sinteticamente le relazioni esistenti tra le caratteristiche intrinseche del lubrodistanante e le condizioni operative presenti negli impianti di pressofusione delle leghe leggere.

Proviamo ora a schematizzare gli obiettivi principali che la lubrificazione deve ottenere in funzione delle diverse fasi di processo:

Start-Up di produzione

Quando uno stampo nuovo entra in produzione l'operatore si trova, nella maggioranza dei casi, ad affrontare una situazione delicata, si trova cioè nella circostanza di attivare delle procedure per velocizzare l'avviamento della produzione senza danneggiare la superficie dello stampo.

Questa fase, che definiamo Start-Up, è molto importante in quanto la superficie si trova in una situazione di facile aggressività da parte della lega fusa e, nel malaugurato caso di formazione di microsaldature, si potrebbe compromettere sin dalle prime ore di vita l'intero iter produttivo dello stampo.

Tutto ciò è noto agli operatori ed in effetti normalmente viene prestata molta attenzione durante lo start-up: vengono perlopiù utilizzate paste smetallizzanti a base grafite chimicamente aggressive per accelerare la formazione di un coating protettivo che consenta la messa a regime della superficie.

Purtroppo però l'utilizzo di queste paste è improprio in

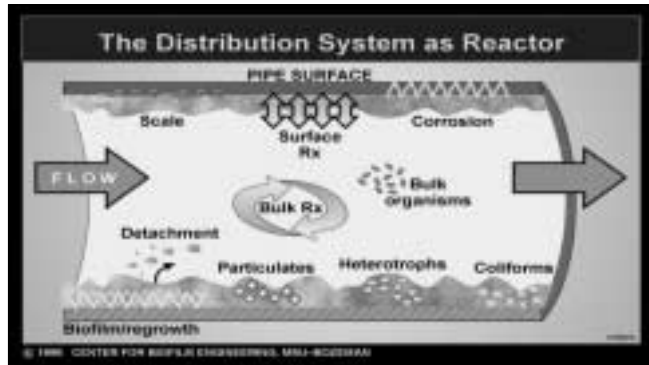


Fig.3 - schema di distribuzione dei particolati batterici all'interno di un tubo di distribuzione

Fig.3 - distribution diagram of bacterial particulates inside a distribution pipe.



Fig. 4 - fenomeni ossidativi di origine microbiologica sullo stampo e sulle presse

Fig. 4 - microbiologic oxidation phenomena on the die and on the diecasting machines

quanto sono state formulate per eliminare metallizzazioni già esistenti ed in effetti le sostanze in esse contenute hanno la proprietà di solubilizzare i metalli, ma la stessa efficacia viene esplicata anche nei confronti dell'acciaio dello stampo e perciò un uso prolungato di queste è assolutamente sconsigliabile.

Durante l'avviamento dello stampo si deve raggiungere il giusto equilibrio termico pertanto a volte è necessario un tempo considerevole (in questa fase molti progressi si sono ottenuti con gli impianti di preriscaldamento) durante il quale la superficie si trova ad essere aggredita senza avere una adeguata protezione e pertanto l'operatore è portato, per prudenza, ad eccedere in quantità e/o in tempo di applicazione procurando così delle microerosioni di natura chimica che, se invisibili ad occhio nudo durante i primi cicli, potranno in futuro evolversi in veri e propri cedimenti strutturali.

D'altro canto, come già affermato, è assolutamente necessario proteggere sin dalle prime ore di vita (a partire dalle prime campionature) la superficie per evitare erosioni che potrebbero pregiudicare l'intera vita del manufatto.

Ci troviamo pertanto davanti a l'ennesimo compromesso tecnico operativo che il processo di pressofusione continuamente ci propone; una soluzione innovativa può essere rappresentata dai Coating Semi Permanenti che non hanno la presunzione di compararsi con quelli di tipo metallurgico (PVD e/o CVD), ma anzi possono con essi contribuire ad un miglior Start Up di produzione.

L'applicazione del Coating Semi Permanente consente di ridurre notevolmente le problematiche legate a questa importante fase consentendo un'avviamento stampo rapido ed "indolore" dal punto di vista del distacco.

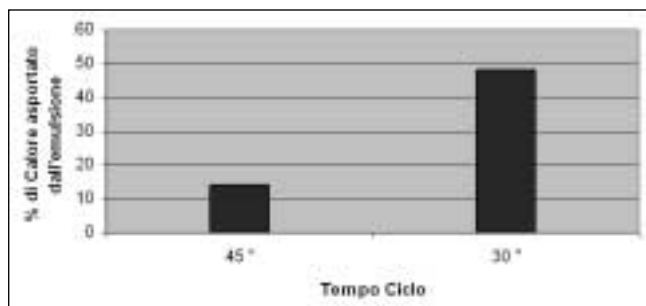


Fig. 5 - dati relativi ad un esperimento compiuto sul medesimo stampo alle medesime condizioni operative

Fig. 5 - data of an experiment carried out on the same die at the same operating conditions.

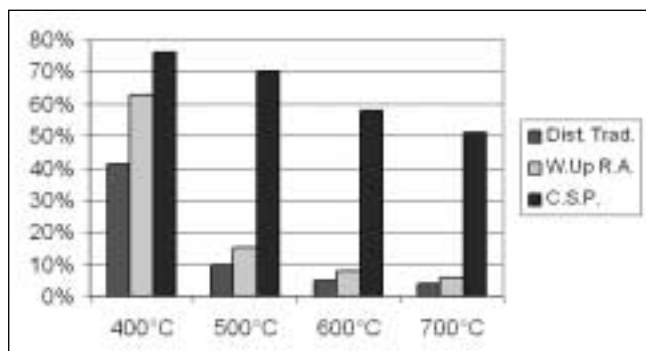


Fig. 6 - grafico delle diverse termoresistenze dei distaccanti in funzione delle fasi di processo

Fig. 6 - graph of the different thermoresistances of the release agents compared according to the process phases

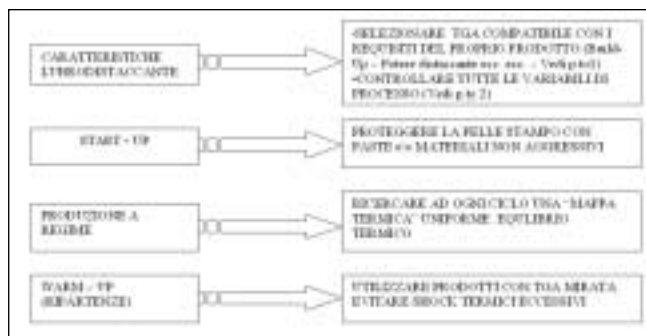


Fig. 7 - riassunto sintetico, secondo un approccio per processi

Fig. 7 - synthesised summary, according to a process approach

La lubrificazione a regime

Gli obiettivi di questa fase sono già stati enunciati in premessa e sono fondamentalmente due: lubrodistaccare la lega iniettata e sottrarre calore dalla superficie dello stampo ad ogni ciclo.

Abbiamo visto quante e quali sono le condizioni operative ideali per ottimizzare le caratteristiche del film depositato sullo stampo, abbiamo inoltre messo in relazione queste caratteristiche con le condizioni operative di processo; ciò che mi preme sottolineare ora è la relazione esistente tra il tempo ciclo e la quantità di calore che deve essere asportato ad ogni ciclo.

In fig. 5 si riportano i dati relativi ad un esperimento compiuto sul medesimo stampo alle medesime condizioni operative. L'indagine aveva come obiettivo modificare il tempo ciclo cambiando il metodo di lubrificazione (da manuale ad automatica) e calcolare la quantità di calore asportata dall'emulsione[6].

Durante la lubrificazione manuale il tempo ciclo era di 45'', ridotti a 30'' con il sistema automatico. Si è calcolato che la quantità di calore asportata dall'esterno mediante l'evaporazione dell'acqua che veicolava il distaccante è passata dal 14,3% nel ciclo a 45'' al 48,2% nel ciclo a 30''.

E' chiaro che ogni stampo ha un proprio dinamismo termico e, quindi, non è possibile attribuire a questi dati valori riconducibili a tutto il parco stampi esistente (opera peraltro impossibile), ma è altrettanto chiaro che esiste un rapporto inversamente proporzionale tra il tempo ciclo e la quantità di calore che deve essere asportata dall'emulsione erogata sulla superficie dello stampo ad ogni ciclo.

Fase di Warm-Up

Durante le fasi di warm-up gli obiettivi che il prodotto chimico applicato sulla pelle stampo deve raggiungere sono

- Lubrodistaccare la pelle stampo
- Ripristinare l'equilibrio termico il prima possibile

Normalmente dopo una sosta prolungata vengono effettuate 3 o 4 iniezioni a bassa velocità per ripristinare l'equilibrio termico dello stampo. Nelle isole automatizzate tale procedura viene attuata dal programma di gestione e non prevede alcuna modifica del prodotto erogato che rimane, pertanto, quello in uso.

Viene cioè applicato un sistema pensato e realizzato per il ciclo a regime che ha obiettivi analoghi, ma comunque differenti rispetto alla fase di warm-up.

Nel grafico di Fig. 6 vengono confrontate le diverse termoresistenze dei distaccanti in funzione delle fasi di processo.

CONCLUSIONI

In questo ultimo grafico vengono riportate le differenti capacità che il film depositato sullo stampo ha di resistere alle diverse temperature presenti in figura. Come si può evincere dai dati riportati oggi è possibile utilizzare principi attivi altamente resistenti in fase di start-up (C.S.P. Coatings Semi Permanenti), mediante termoresistenti nelle ripartenze (W.Up R.A. Warm Up Release Agents) ed, infine, normalmente termoresistenti nel ciclo a regime.

L'obiettivo principale di questo intervento, che spero di avere raggiunto, era quello di sensibilizzare gli operatori del settore ad una maggiore attenzione e consapevolezza delle variabili rappresentate dalla relazione "chimica applicata/qualità del getto".

Come già affermato sono perfettamente a conoscenza del carico di lavoro che un tecnico di fonderia deve affrontare quotidianamente, e di quante problematiche tecniche egli debba affrontare e risolvere, di quanta attenzione viene dedicata allo stampo in termini di aspetti metallurgici (scelta dell'acciaio, trattamenti termici, trattamenti superficiali ecc. ecc.), ma se non si affianca, con altrettanta serietà, a tutto questo know-how un'attenzione alla chimica applicata, si rischia di vanificare tutto, si rischia di dovere sostenere costi inutili.

Nel riassumere sinteticamente, secondo un approccio per processi (vedi Fig. 7), quanto sin qui esposto, intendo sottolineare una iniziativa che ritengo innovativa ed esplicativa: recentemente la OSHA[7] ha pubblicato un manuale per il corretto utilizzo dei MWF[8], all'interno del quale esistono diverse indicazioni che partono dalla prevenzione alla salute degli operatori, ma che toccano anche criteri di qualità industriale. In questo documento si consiglia l'istituzione di un "Fluid Management" composto da personale interno all'azienda che si faccia carico della gestione dei fluidi utilizzati all'interno dei propri processi industriali. Io credo che questo rappresenti uno stimolo di miglioramento continuo per l'industria Europea e che l'eventuale Fluid Management possa essere affiancato e supportato dal fornitore di chimica

che non può più essere vissuto come “colui che consegna il prodotto” ma che si deve fare carico della definizione di procedure operative che tendano ad ottimizzare la resa di ogni parte dell’impianto, compreso lo stampo.

BIBLIOGRAFIA

[1] Tratto dal Covegno “Tecnologie innovative nella fonderia leghe leggere” Brescia 1998
 [2] “The effect of Die Lubricant on the Thermal Balance of Dies” – L.Graff ; H.Kallien Ottobre ’93 – North American Die Casting Association

[3] Tratta da Andreoni, Casè, Pomesano. (Lubrificazione della cavità dello stampo, EDIMET, 1996, p.64).
 [4] Tratta da: Biosurface Technologies Corp.
 [5] L.Baraldi, B.Bianchini, C.Raone – Getti presso fusi e contaminazione batterica nei distaccanti – P&T Marzo 1997 – Edimet
 [6] Tratto da Andreoni, Casè , Pomesano – (Il lavoro termico dello stampo Ed. Edimet – 1995)
 [7] OSHA: Occupational Safety & Healt Administration - U.S. Department of Labor
 [8] OSHA – MetalWorkingFluids: Safety and Health Best Practies Manual - 1999

A B S T R A C T

RELATION BETWEEN THE LUBRICATION AND THE DIE LUBRICATION ACCORDING TO THE PROCESS PHASES

KEYWORDS:
diecasting, quality, tribology, defects

Before any investigation takes place, I think it is necessary to define exactly the families of the components forming the release agent:

Lubricants and release agents are O/W (oil in water) emulsions. The anhydrous fraction (on average from 20 to 30 %) supplies the intrinsic properties to the film which forms on the die after water evaporation (both the one contained in the concentrate and, especially, the one used for the dilution, which normally corresponds to 99 – 98 % of the whole diluted product applied on the die).

Beside this ensemble of active principles a Package of Surfactants has the double function to realize the concentrated emulsion and to increase the filming power of the diluted product applied on the die at each cycle.

At present, completely anhydrous products are being developed, but they are not the object of the present study, as they represent an operating solution which, on my opinion, is not practicable in most cases, if applied at each cycle. In fact, most operators agree by now, that the functions of the release agent are principally two []:

- 1. to build a film able to lubricate and release the alloy injected into the cavity of the die;*
- 2. to take off heat at each cycle be means of the evaporation of the dilution water.*

It is evident that the anhydrous products don't perform the second function which, as we will see, is very important, particularly in production conditions where cycle times are constantly being reduced (automation of production phases, increase of productivity, etc.).

Independently of the physical form in which the product is supplied to the final user, the main property of the film that forms on the die is the composition of the anhydrous fraction, that will have a certain effect on some of the main process variables. In the following paragraph, the most important intrinsic properties and the relevant effects on the production out-put, will be described.

Intrinsic properties of the release agent and relevant effects

The main intrinsic properties of the lubricating-separating film are:

- Filming and wetting properties.*
- Lubricating and release properties.*
- Formation of incrustations and hard layers (Build-Up).*
- Thermogravimetric balance*

Now let's try to analyse which are the process variables affected by these properties, underlining that, obviously, it depends not only on the applied product, but, as we already told, in particular on the numberless operating conditions. Anyway, it is important to specify again, that the choice of the appropriate product for the own production requirements is a fundamental step that the foundryman has to face.

Filming and wetting properties

We said before that this condition is generated by the ensemble of surfactants used in the formulation of the concentrate. A high surface tension fluid has a low wettability and vice versa, so if we apply on the die a diluted product with a surface tension which is not appropriate to the relevant temperature conditions, we will have a low filming and wetting power with a consequent reduction of the lubricating and protective properties and an increase of metal stickings, ejection marks and possible breakage of pins and moving parts.

In 1993, the results of a research whose object was to measure the heat exchange speed of the emulsion sprayed on the die, have been presented at the NADCA[2] Congress. In this interesting work it has been established that changing the applied product in known and repeated conditions, this speed changes, but it doesn't change if the same product is applied in different concentrations, at least within the limits of the tested concentrations (from 1/20 to 1/60). These conclusions confirm that it is the quality of the surfactants, and not the active principle which is present in higher percentage, that characterizes this important condition.

Lubricating and release properties

If we assume, *ab absurdo*, to apply a fluid with a perfectly balanced surface tension, but without any lubricating and release property, we will always have big metal sticking problems with pin breakage and surface roughness on the castings.

The capacity to realize a film with high lubricating and release properties, i.e. which is able to connect release properties with a reduction of the friction factor during the filling of the die cavity, without leaving any deposit and/or spot on the casting, is the main object of the R&D departments of release agent producers. This is in fact the most important property that the release agent should have and it is, obviously, also the most well known and investigated property by the operators.

Formation of incrustations and hard layers

Going on with theoretical assumptions, a product can have so high "barrier" properties (high release properties), that other problems occur, such as "build-up" phenomena.

In fact, in the years between the end of 1970 and today, a lot of products with this kind of defects, deriving in particular from the employed waxes, have been applied. Modern products are able to combine high release properties without the formation of incrustations and layers, which sometimes may cause also missing parts in the casting.

Thermogravimetric balance

The thermogravimetric analysis allows us to know the weight lost of a film formed on the die according to the temperature changes. An unbalanced product may generate gas and/or blowholes in the casting, may not protect the die surface from high temperatures, or on the contrary, it may cause build-up phenomena with, sometimes, very hard incrustations on the die surface.

These are, in brief, the main properties of a release agent, and they should be obviously taken into consideration in the product application phase, but it has to be underlined, that the same qualities of the chemistry applied on the die may be subject to variations, according to a few foundry conditions that we are now going to list.

Foundry variables affecting the release agent performances

Final use dilution

As everybody knows, before use, the concentrate is diluted with water. The proportion of the concentrate compared to water changes according to the above mentioned intrinsic properties of the product and to the technical conditions generated by the shape, the dimensions and the requirements of the die and, consequently, by the relevant obtained casting.

Today the proportion is carried out with automatic systems (volumetric dosing equipments) with an acceptable reliability degree. Fig. 1 shows the operating conditions according to the release agent concentration.

Properties of the dilution water

As everybody knows, the product in water emulsion is addi-

tionally diluted before being applied on the die surface at each cycle. So it is evident that the water quality is a very important variable, in fact the applied quantity is remarkable and cycle after cycle the quality impact becomes very important. A "hard" water containing magnesium (Mg^{++}) and calcium salt (Ca^{++}) sediments, with the time, extremely hard and compact residuals on the die surface, until it forms a sinterized "coating" which can generate matt, rough and incomplete castings, slowing down also the heat exchange (the barrier that forms is highly insulating). Fig. 2[] shows the magnification of a calcareous deposit taken from a diecasting die. Please note the cubic shape of the deposit, which makes the die surface abrasive with regard to the injected alloy.

Today the dilution water can be subject to physical/chemical treatments which are able to eliminate the problem at the source. If the utilized water has been softened through a process

of ionic exchange, it is necessary to choose a release agent which inhibits the corrosive power that the sodium ions (Na^{+}) may exercise on metals.

Influence of the applied quantity and application modalities

Obviously, the application quantity and modalities play a main role in the film realization on the die surface.

The quantity is the variable which, if well managed, can be considered the "final adjustment" of the die thermal dynamics, as it is the element that takes off more or less heat from the surface before the machine closing phase and the beginning of the alloy injection phases.

But to achieve this object the thermal dynamics which are present on the die surface at each cycle, as well as the correct proportioning of the concentrate (see fig. 1), have to be under control.

As far as the application modalities are concerned, a subject which has been widely discussed and investigated by a series of authoritative studies [3], it should be underlined that a wrong application has a big influence not only on the filming power of the applied liquid, but also on the capacity of taking off heat in the time unit [2].

Influence of the bacterial contamination

I already had the opportunity, in other occasions, to state that in industrial emulsions (MWF Metal Working Fluids) the bacterial charges are endemic, it means that it is not possible to have emulsions without bacterial branches and/or of vegetal origin (fungi), and this obviously because the active principles have an organic origin, but when this situation slips out of control and real biofilms start to form in the distribution plants, such as dosing equipments, pipelines, tubes, etc. (see the distribution diagram of bacterial particulates inside a distribution pipe in fig. 3)[4], then special bacterial known as IOB - Iron Oxidizing Bacteria [4], which are able to oxidize the iron present in steels also in neutral pH conditions (*Sphaerotilus-Leptothrix* group) may appear in the plants.

In these cases, once the "epidemic" is spread, there is nothing or very little to do for chemistry (some "therapies" have been developed, but with scarce results), as the biofilm has very effective "immunity defences".

The best solution is still prevention, also because the bacterial charges present in industrial plants radically alter the protective properties of the products used [5] on the die.

The prevention of bacterial contamination permits to achieve two important results:

- to reduce microbiologic oxidation phenomena on the die and on the diecasting machines (see fig. 4)
- to optimize the properties of the products used in production, increasing so the average lifetime of the die.

Lubrication according to the process phases

Up to here we have described the existing relations between the release agent intrinsic properties and the operating conditions in the light alloy diecasting plants.

Let us now try to schematize the main objects that lubrication has to achieve according to the different process phases.

Production Start-Up

When a new die starts production, usually the operator has to face a very delicate situation, as he has to activate processes to speed up the production start, without damaging the die surface.

This phase, that we call start-up, is very important because at this stage the surface can be very easily attacked by the molten alloy, and in the inauspicious case that microweldings will appear, the whole production routine of the die could already be compromised from the beginning.

All this is well known to the operators and in fact they normally pay a big attention during the start-up phase: in most cases they apply chemically aggressive graphite based anti-sticking pastes to accelerate the formation of a protective coating that allows the surface to achieve the correct operating conditions.

But unfortunately the use of these pastes is improper, as they have been formulated to eliminate already existing stickings and, in fact, the substances contained in it have the property to solubilize metals, but the same efficacy is addressed also to the steel of the die. Consequently, a prolonged use if these products is absolutely inadvisable.

During the start-up of the die, the right thermal equilibrium has to be achieved, and sometimes this needs a considerable time (in this phase big progress has been made with pre-heating equipments) during which the surface is attacked without having yet an adequate protection. So the operator tends, for precaution, to exceed in the quantity and/or time of application, causing chemical micro-erosions that, if invisible to naked eye during the first shots, may evolve with the time into a real structural decay.

On the other hand, as already stated, it is absolutely necessary to protect the surface since the very first shots (already starting from the first sampling), to avoid that erosions jeopardize the whole tool life.

We are here in front of one of the numerous technical operative compromises that the diecasting process continuously offers us; an innovative solution can be represented by Semi-Permanent-Coatings, which don't have the presumption to be compared with the metallurgical ones (PVD e/o CVD), but on the contrary they can contribute together for a better production start-up.

The application of a Semi-Permanent Coating allows a remarkable reduction of the problems connected with this important phase, permitting a quick and "painless" die start-up from the release point of view.

Lubrication in normal operating conditions

The two fundamental objects of this phase have already been mentioned in the premises, i.e.: to release the injected alloy and take off heat from the die surface at each cycle.

We have seen how many and which are the ideal operating conditions to optimize the properties of the film formed on the die and we put these properties in relation with the process operating conditions; what is important for me to emphasize now, is the relation between the cycle time and the quantity of heat that has to be taken off at each cycle.

Fig. 5 shows the data of an experiment carried out on the same die at the same operating conditions. The object of the investigation was to modify the cycle time changing the lubrication method (from manual to automatic) and to calculate the heat quantity taken off by the emulsion[6].

During manual lubrication the cycle time was 45", reduced to 30" with the automatic system. It has been calculated that the quantity of heat taken off from the outside through the evaporation of the water vehiculating the release agent, passed from 14,3% in the 45" cycle, to 48,2% in the 30" cycle.

It is obvious that every die has its own thermal dynamism, and so it is not possible to ascribe values, to these data, referable to the whole die store (which, moreover, would be impossible), but it is obvious as well, that there is an inversely proportional relation between the cycle time and the quantity of heat that has to be taken off by the emulsion applied on the die surface at each cycle.

Warm-Up phase

During the warm-up phase, the chemical product applied on the die surface has to achieve the following objects:

- Lubricate and release the die surface
 - Restore the thermal equilibrium as quickly as possible
- Usually, after a longer stop, 3 or 4 slow speed shots are carried out to restore the thermal equilibrium of the die. In automatic cells this process is carried out by the management program and no change is foreseen for the applied product, which therefore remains the one already in use.*

It means that the applied system has been conceived and realized for the cycle at optimal operating conditions, whose objects are similar, but anyway different from those of the warm-up phase.

In the graph in Fig. 6 the different thermoresistances of the release agents are compared according to the process phases.

Conclusions

This last graph shows the different capacities that the film formed on the die has to resist at the different cavity temperatures. As these data show, today it is possible to use highly resistant active principles in the start-up phase (S.P.C. Semi Permanent Coatings), middle thermoresistant active principles in new starts (W.Up R.A. Warm Up Release Agents) and, finally, normal thermoresistant active principles in normal production cycles.

The main object that I hope to have achieved with this intervention, was to awaken the operators opinion to a higher attention and consciousness of the variables represented by the relation between "applied chemistry and casting quality".

As I already said, I perfectly know the charge of work that a foundryman has to face every day, how many technical problems he has to solve, how much attention is paid to the die in terms of metallurgical aspects (choice of the steel, heat treatments, surface treatments, etc.), but if you don't support all this know-how with a particular attention to the applied chemistry, the risk is to frustrate everything, carrying unnecessary costs.

Briefly summarizing what has been explained up to here, according to a process approach (see fig. 7), I would like to draw your attention to an initiative that I consider as innovative and explanatory: recently OSHA[7] has published a manual for the correct use of MWF[8], which includes different information on prevention, operators health and safety, but also industrial quality criteria.

This document suggests to establish a "Fluid Management" inside the company, made up of internal personnel, that will be responsible to manage all the fluids used in the own industrial processes. I believe this represents a continuous improvement incentive for the European Industry and that possibly the Fluid Management could be supported by the chemistry supplier, who can no longer be seen as "he who supplies the product", but who has to define operating processes tending to optimize the performance of any part of the plant, including the die.