

L'origine di gravi difetti di dross nei getti in ghisa sferoidale

L'utilizzo dell'eolico per la generazione di energia rinnovabile è ormai una realtà assodata. Le industrie del settore d'altro canto richiedono fusioni in ghisa sferoidale (gs) in genere piuttosto pesanti. Anzi, delle nuove fonderie sono nate in Europa con questo scopo. Le richieste specifiche sono di integrità, buone proprietà meccaniche compresa la resilienza a basse temperature e assenza di difetti superficiali specie se associati al dross



Fig. 1 (a) Generatori eolici in Scandinavia, (b) Esempio di fusione in gs per l'eolico (Vestas).

L'uso dell'eolico per la generazione di energia rinnovabile è ormai una realtà assodata (fig. 1a).

Le industrie del settore d'altro canto richiedono fusioni in ghisa sferoidale (gs) in genere piuttosto pesanti (fig. 1b). Anzi, delle nuove fonderie sono nate in Europa con questo scopo. Le richieste specifiche sono di integrità, buone proprietà meccaniche compresa la resilienza a basse temperature e assenza di difetti superficiali specie se associati al dross.

Che cos'è il dross?

Il dross viene definito come un'inclusione non metallica complessa a base di silicato di magnesio. Ha solitamente un aspetto pellicolare (figg. 2-3) e costituisce una preoccupazione primaria non solo del fonditore ma anche del committente in quanto una sua presenza marcata oltre a sminuire l'aspetto superficiale del getto può favorire l'innescio di cricche.

La letteratura tecnica supportata dall'esperienza industriale in condizioni normali di operazione associa il dross a due eventi: il trattamento al magnesio e la riossidazione successiva di

questo elemento. Questo fenomeno è collegato all'abbassamento della temperatura e può ulteriormente peggiorare in presenza di turbolenza o alte velocità durante il riempimento della forma. Per cominciare si passerà in rivista le sorgenti note.

Il trattamento al magnesio

Durante il trattamento la quantità e tipo di scoria dipende da diversi fattori tra cui:

- composizione del bagno;
 - temperatura di trattamento;
 - composizione della lega madre.
- Vediamoli uno per volta.

Composizione del bagno

La fusione al cubilotto genera della scoria ricca in silice e solfuri di manganese e per questa ragione è facilmente riconoscibile dopo trattamento (fig. 2a). Questa è associabile a quella di una tipica scoria di ghisa grigia (fig. 2b). I forni elettrici e rotativi generano scorie meno complesse e dopo trattamento danno luogo essenzialmente a inclusioni pellicolari (fig. 3a).

Temperatura di trattamento

Durante il raffreddamento allo stato liquido il magnesio si ossida seguendo uno schema dipendente dalla temperatura [1].

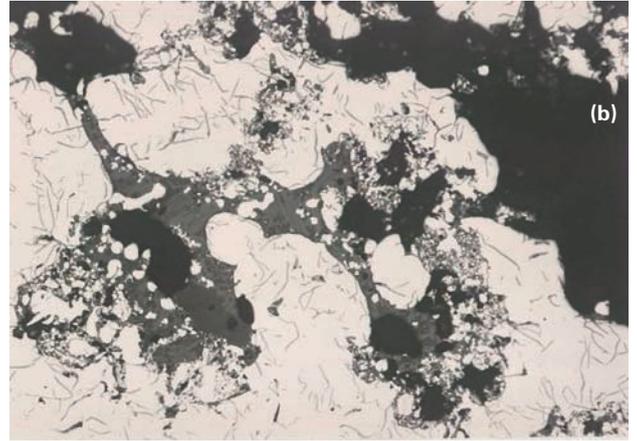
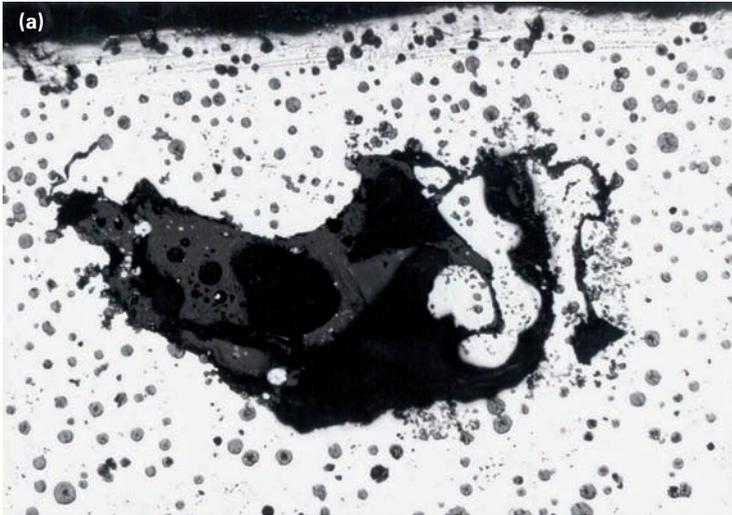


Fig. 2 Aspetto tipico della scoria (a) dopo trattamento al magnesio (b) di una ghisa grigia normale.

A temperature relativamente alte (> 1420 °C) genera dei film di ossido di magnesio mentre a temperature basse da luogo a scorie solide ricche in silice.

Composizione della lega madre

Nel metodo sandwich come con il filo animato le leghe di magnesio contengono normalmente del silicio, terre rare tra cui il cerio, il calcio e l'alluminio. Questo non è il caso del Convertitore Fisher che adopera il magnesio puro con aggiunte separate di terre rare. Ciò porta potenzialmente a delle differenze nella consistenza della scoria: il calcio agisce come fondente mentre il magnesio ne aumenta il punto di fusione. Il silicio favorisce invece la formazione di silicati del tipo Enstatite e Forsterite.

Riossidazione

La riossidazione ha luogo invece dopo trattamento e procede con l'abbassarsi della temperatura. Una riossidazione supplementare può avvenire durante il riempimento della forma in condizioni di forte turbolenza che possano favorire la rottura del getto di metallo con conseguente esposizione ad ambienti non sufficientemente riducenti (fig. 3b). Basse temperature di colata (< 1320°C) possono solo acuire il fenomeno.

Da quanto detto consegue che la formazione di dross nelle gs appare un fatto scontato e inevitabile. La sua entità dipenderà dall'influenza dei fattori sopracitati.

Tuttavia, raramente è tale da portare allo scarto del particolare specie se grosso in quanto le inclusioni restano confinate ad uno strato superficiale spesso eliminabili dietro lavorazione. La vera preoccupazione è il dross che penetra in profondità, la cui origine non è stata ancora ben individuata. Essa è da associare a uno stato eccessivo di ossidazione del bagno base che non rappresenta affatto una

condizione normale di operazione. Ciò verrà illustrato in questo lavoro.

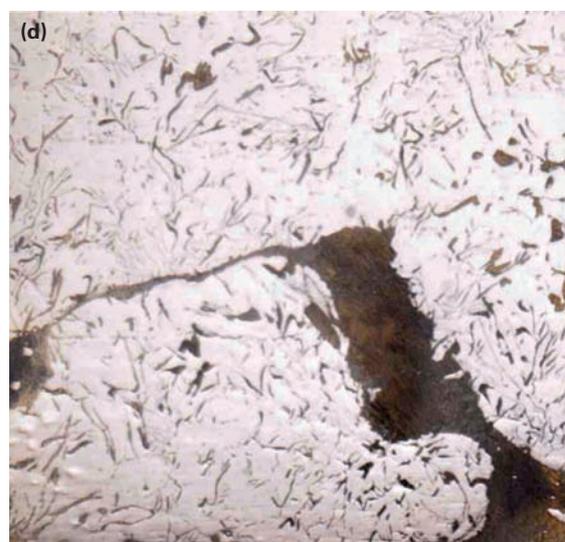
L'altra sorgente del dross

Nella fusione elettrica la scoria di un bagno di ghisa sottoposto a mantenimenti lunghi a temperature relativamente basse (< 1350 °C) si arricchirà di ossido di ferro (FeO) e di ossido di manganese (MnO) [2] che si accumuleranno anche nelle siviere di colata. Questi ossidi riducono la temperatura di fusione della scoria ricca di silice favorendo nelle ghise comuni, la formazione di inclusioni del tipo pellicolare.



Fig. 3 (a) Aspetto tipico del Dross associato alla fusione elettrica (b) Imperfezioni superficiali nella direzione del flusso per eccesso di velocità di ingresso in un albero motore in gs.

Fig. 4 (a) Grosso getto in ghisa grigia, (b) grosse inclusioni nerastre presenti vicine al foro centrale, (c) Dopo passata di mola (d) aspetto micrografico: inclusioni pellicolari ricche in solfuri di manganese.



Le scorie sono molto reattive a confronto del carbonio presente nel metallo, il che porta alla formazione di bolle di CO (fig. 4). Tuttavia in queste ghise non si parla di dross ma di scorie fluide.

Benché il magnesio sia un noto disossidante non può oggettivamente (data la durata del trattamento) fare fronte a tutto l'ossido presente per realizzare una disossidazione completa. Conseguentemente i prodotti di reazione si arricchiranno a loro volta di ossido di ferro (ed eventualmente di manganese)

che renderà aggressiva la scoria nei confronti del metallo (fig. 5).

La situazione potrebbe precipitare nel caso simultaneo di ossidazione superficiale del metallo dovuta a della turbolenza presente durante il riempimento in associazione a temperature basse di colata (< 1320 °C) (fig. 6a). La presenza massiccia di silicati di magnesio provoca la formazione di falsi giunti freddi in superficie (fig. 6b). Risulta evidente in questi casi la presenza notevole di inclusioni di ossido di ferro nella struttura (fig. 7).

Verifica dello stato di ossidazione

Il parlare di Stato di ossidazione del bagno può apparire alquanto fumoso giacché l'analisi dell'ossigeno non appare adatta ai bagni di ghisa, in quanto tale tecnica misura l'ossigeno sia libero che combinato. Invece poiché il metallo e la scoria si trovano in simbiosi, è più facile associare lo stato di ossidazione del metallo a quello delle scorie basandosi sul fatto che la percentuale effettiva di ossido di ferro condiziona la fluidità della

medesima (**fig. 8**). Una scoria molto ossidata ($\text{FeO} > 15\%$) mostrerà un colore più o meno chiaro (a seconda della temperatura) con una tessitura fluida tendente a coprire lo specchio del bagno (**fig. 9**). Questa si riforma continuamente ed è subdola in quanto può passare inosservata.

Accompagna facilmente il metallo durante la spillata. Gli conferisce un colore più spento come se si trovasse ad una temperatura più bassa. Tali caratteristiche rimangono dopo trattamento a dispetto del tipo di lega madre adoperato (**fig. 10**).

L'opposto è vero per una scoria ad alto punto di fusione (**fig. 11**). Questa presenta una buona consistenza che facilita la scorifica sia in forno che in siviera; il metallo appare più brillante. Tale rimane anche dopo trattamento. (**fig. 12**).

Rimedi

Da quanto precede si può concludere che soste prolungate a basse temperature possono favorire l'insorgere di gravi problemi di dross. Queste condizioni facilmente si danno nella produzione di getti pesanti laddove la produzione non è continuativa, si utilizzano forni elettrici e naturalmente siviere contaminate con scorie fluide. Per prevenire tale evento si rende necessario agire sul bagno di partenza onde correggere stati di ossidazione eccessivi evidenziati dal colore e soprattutto della fluidità

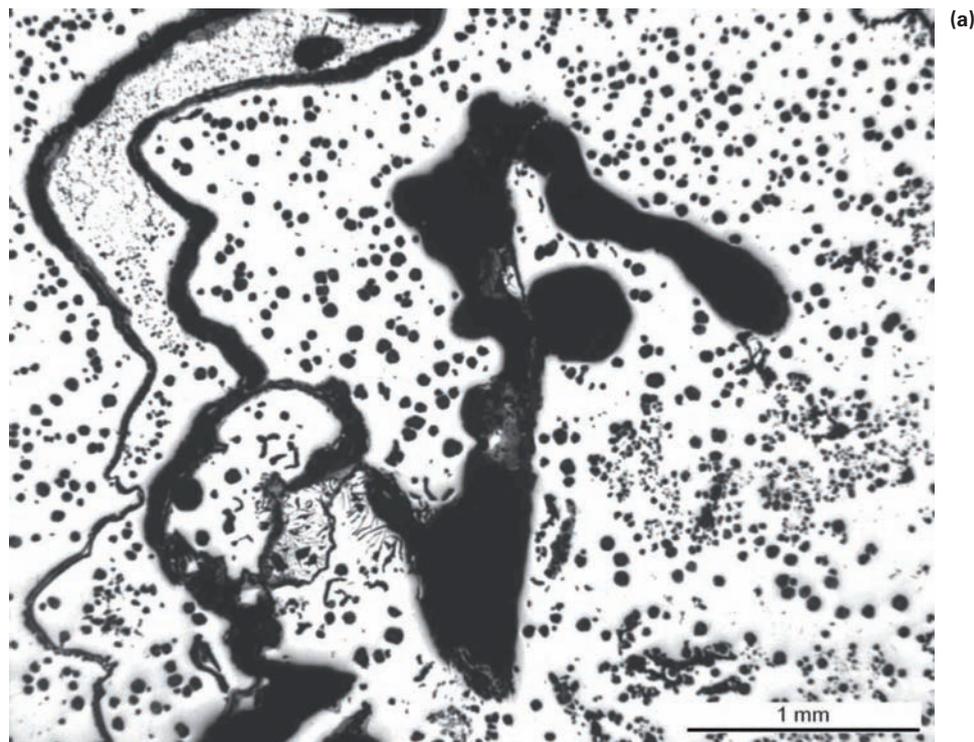
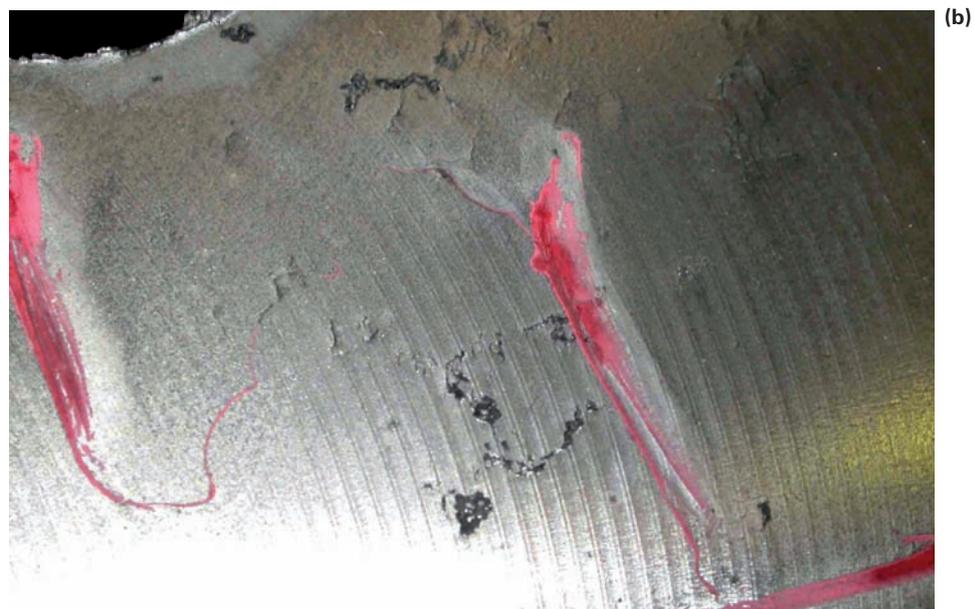


Fig. 5 (a) Dross ricco in ossido di ferro, da confrontare con fig. 4d, (b) dross evidenziato dopo l'operazione di sgrossatura in un getto di medio spessore in ghisa sferoidale.



della scoria. Un modo è quello di modificare il chimismo della medesima in modo di fare prevalere la componente silice come da diagramma di **fig. 7**.

Ciò può essere risolto facilmente con aggiunte di sabbia nuova nell'ordine dello 0,5-1% insieme

alla carica metallica o anche in fase di surriscaldamento a patto di assicurare una buona agitazione del bagno per alcuni minuti.

I risultati ottenibili sono quelli illustrati in **fig. 10** a confronto di quelli nella situazione precedente (**fig. 8**).

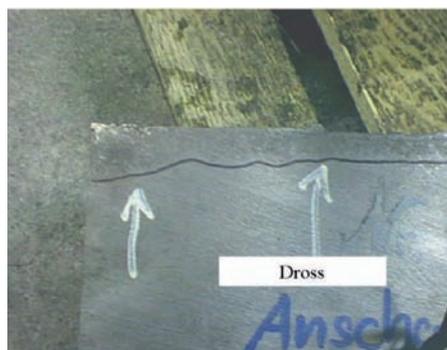


Fig. 6 (a) Strato superficiale ossidato in un getto in gs, (b) presenza di falsi giunti freddi.

È possibile anche eseguire delle aggiunte regolari di ferrosilicio o carburo di silicio in forno però per esperienza dell'autore gli effetti appaiono blandi e quindi richiedono tempi lunghi. Inoltre a parte maggiori costi, i vincoli compositivi potrebbero limitare tale tipo di intervento. Un'altra strada, quando non si dispone di potenza, è adoperare un

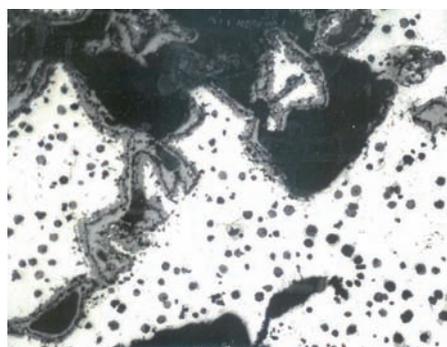


Fig. 7 Aspetto micrografico che mostra una notevole presenza di ossido di ferro in color grigio così come le soffiature associate

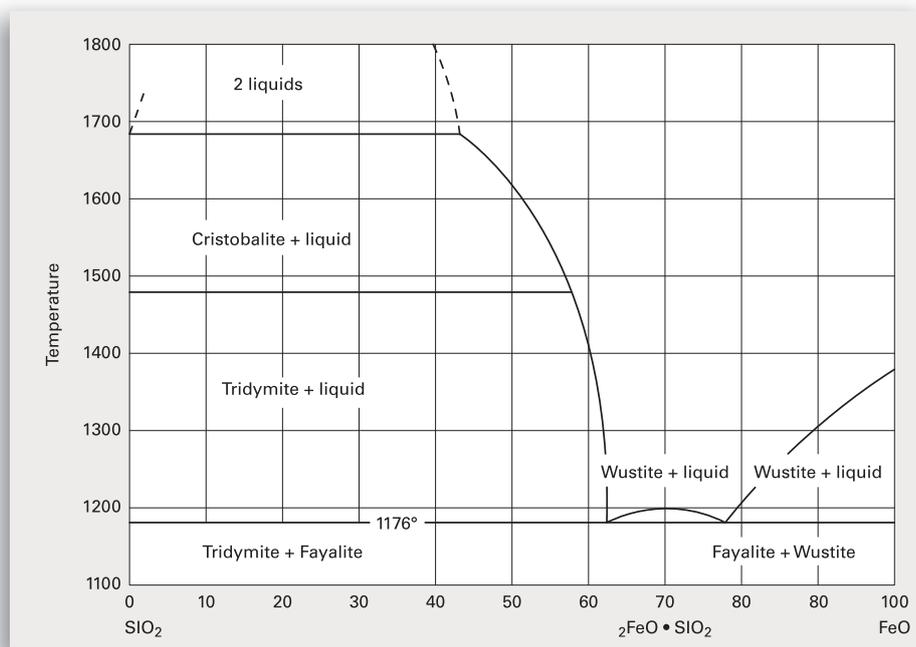


Fig. 8 Il diagramma di stato SiO₂-FeO.

prodotto commerciale specifico durante la fase di prelievo dal forno fusorio e prima del trattamento in grado di modificare la scoria. L'autore ha avuto buoni risultati con un prodotto denominato BestCleaner (SKW Trostberg) anche a bassi dosaggi (0,05%) ciò che consente di contenere i costi di intervento. Misure devono essere prese anche per assicurare un sistema di riempimento adeguato onde prevenire la turbolenza durante il riempimento [3].

Poiché il bagno si trova in simbiosi con la scoria, il nuovo bilanciamento di quest'ultima porta anche dei benefici metallurgici nel metallo in quanto questo espellerà gli eccessi di ossigeno (sotto forma di FeO) che comportano un peggioramento delle tendenze grafitizzanti del bagno, con le relative ricadute sul comportamento al ritiro.

Conclusioni

Gravi problemi di dross nei getti grossi in ghisa sferoidale traggono origine da una condizione di eccessiva ossidazione del bagno base, che si riflette sulla qualità della scoria. Queste situazioni si riscontrano non di rado nella produzione di getti formati a mano associati alla fusione elettrica. Infatti i forni elettrici fungono anche da forni di attesa e permettono tempi di mantenimento apparentemente illimitati specie il fine settimana.

Una buona consistenza è segno di un punto di fusione relativamente alto e quindi di normalità. Una scoria fluida, persistente e ricoprente il bagno è segno invece di un bagno ossidato (o ricco di ossigeno) che porta a generare delle scorie aggressive e in particolari condizioni (basse temperature di operazione e colata, e riempimenti di forma turbolenti)

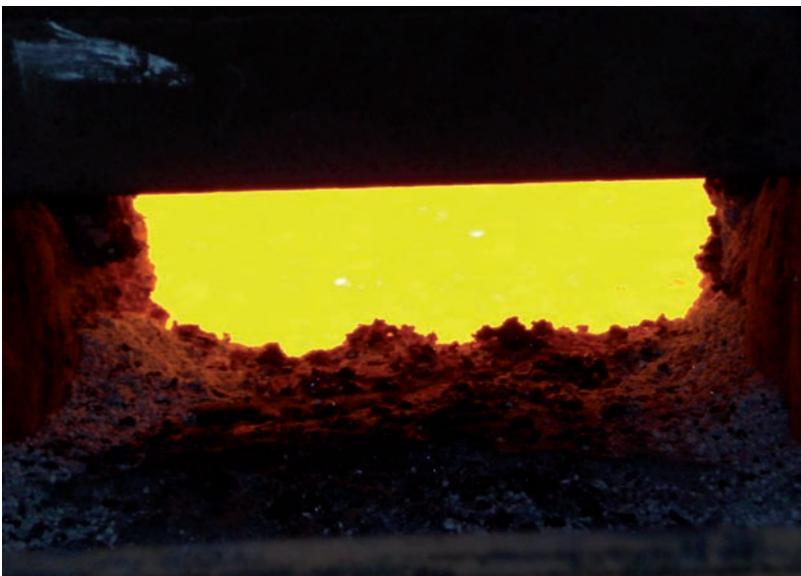


Fig. 9 Aspetto della scoria fluida in forno



Fig. 10 Scoria fluida dopo trattamento con filo ad alto magnesio (90%).



Fig. 11 La scoria alto fondente in forno dopo aggiunta dello 0,5% di sabbia silicea



Fig. 12 In siviera dopo trattamento con lo stesso filo e nelle stesse condizioni di temperatura.

possono dare luogo a difetti superficiali ragguardevoli al punto da comportare lo scarto del particolare. Naturalmente situazioni intermedie esistono e con livelli di gravità minori che comunque possono essere evitati seguendo le indicazioni suggerite per normalizzare la scoria.

Bibliografia

- [1] R.W. Heine, C.R. Loper Jr., Dross Formation in the Processing of Ductile Cast Iron, "AFS Transactions"; Vol. 74, 1976, pp. 274-280.
- [2] R.W. Heine, C.R. Loper Jr., Principles of Slag and Dross Formation on Molten Iron, "Modern Casting", settembre 1966.
- [3] J. Alva, "Analisi e progettazione dei sistemi di colata", Assofond