

METALLURGIA DI PROCESSO: LA RIMOZIONE DEL MATERIALE RESIDUALE DAGLI ALTOFORNI

TRA LA FASE DI **Costruzione** DI UN ALTOFORNO E QUELLA DELLA SUA **DEMOLIZIONE**, LE **FERMATE** DI PROCESSO SCANDISCONO IN FORMA PROGRAMMATA LA **VITA DELL'IMPIANTO**

di Stefano Scaini*

I materiali metallici vengono prodotti trattando opportunamente, e in genere per via termica, minerali e talvolta recuperi di rottami; la fabbricazione dei materiali metallici prevede, inoltre, l'impiego di una certa quantità di materie prime necessarie al processo quali carbone, scorificanti e gas riducenti.

In particolare la "metallurgia del ferro" o "siderurgia" può essere basata su minerali (costituiti esclusivamente da ossidi) o su rottami e recuperi; gli ossidi subiscono un processo di riduzione nell'altoforno dando origine alla ghisa e solo una piccola parte di questa viene destinata all'ottenimento di prodotti da fonderia. La maggior parte di essa è infatti trasformata in acciaio grezzo tramite appositi convertitori mediante un processo detto "conversione".

La riduzione di un ossido metallico consiste nell'indurre la reazione di dissociazione:

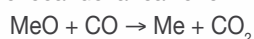


La facilità con cui questa reazione avviene è talmente legata all'affinità del metallo per l'ossigeno che gli ossidi di certi metalli devono addirittura essere semplicemente riscaldati perché essa avvenga.

Gli ossidi di altri metalli invece, affinché avvenga la reazione di cui sopra, dovrebbero essere riscaldati a temperature talmente elevate

da dover ricorrere a processi a volte economicamente sconvenienti o addirittura tecnicamente impossibili.

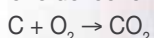
Spesso, per ovviare a problematiche di questo genere, si utilizzano, a complemento delle fasi di riscaldamento, agenti riduttori come il gas CO provocando la reazione:



Nella pratica le condizioni favorevoli alle reazioni di riduzione vengono raggiunte

per mezzo di una speciale apparecchiatura chiamata "altoforno"; esso è costituito da una torre di materiale refrattario rivestita esternamente di acciaio.

Mentre dall'alto si introducono alternativamente minerali di ferro e coke, dal basso si insuffla aria calda che provoca la combustione del coke:



Questa reazione, fortemente esotermica, determina la fusione del mine-





rale che viene ridotto nella parte alta dell'altoforno da CO (generato dalla reazione $C + CO_2 \rightarrow 2 CO$) e nella parte bassa per opera diretta del carbonio.

La scoria, che è composta principalmente da ossidi di Si, Ca, Al, Mg, Fe e Mn e che viene detta "loppa", galleggia sul metallo fuso rendendone non complessa la separazione da questo.

La ghisa viene invece prelevata dall'altoforno ad una temperatura di 1350÷1400°C e presenta la seguente composizione chimica:

C = 3,5÷4,5%; Si ≈ 1%;
Mn ≈ 1%; S ≈ 0,1% e P ≈ 0,1%.

LA RIMOZIONE PROGRAMMATA DI MATERIALE RESIDUALE

Una delle tante procedure da eseguire con periodicità ed attenzione per una corretta e produttiva gestione di un altoforno è senza dubbio quella relativa alle fermate programmate.

Durante questi periodi di "upgrading" si procede ad un approfondito aggiornamento di tutto il sistema, partendo dall'analisi dei processi fino ad arrivare alla vera e propria manutenzione tecnica.

Tra le attività previste durante questa fase vi è lo svuotamento della parte inferiore dell'altoforno con la conseguente rimozione della cosiddetta "salamandra", un ammasso di materia costituito da "loppa", carboni circolari, carica di materiale residuo e da una miscelanea di materiale ferroso di varia tipologia.

L'attività di evacuazione della cosiddetta salamandra rappresenta senza dubbio una delle fasi più delicate da affron-



Esempi di scoria d'altoforno "al grezzo"

tare durante la manutenzione programmata di un altoforno, sia qualora si intervenga con tecnologie di taglio "a umido" e, a maggior ragione, qualora avvenga invece mediante l'impiego di materiali esplosivi.

Questa specifica lavorazione, considerata critica nel percorso di "project management", dimostra spesso, già dal primo giorno di cantiere, di racchiudere in sé una notevole quantità di problematiche che, spesso amplificate dal particolare contesto operativo, mettono a dura prova l'intera struttura delle maestranze coinvolte, sia dal punto di vista gestionale che da quello operativo.

Basti pensare a casi realmente accaduti nei quali, al momento della fermata dell'altoforno, il quantitativo stimato di salamandra esistente si rivelò ampiamente superiore alla media, addirittura di circa 400 m³ e per un peso totale di oltre 1.000 tonnellate.

Per la rimozione del materiale residuo in oggetto ci si affida generalmente alla scelta tra due differenti tecnologie di demolizione: l'impiego di tecnologie a taglio oppure mediante l'impiego di materiali esplosivi.

La propensione della scelta è generalmente dovuta alla quantità di materiale da rimuovere e ad aspetti qualitativi legati alla propria omogeneità.

Infatti, qualora ci si trovi di fronte a modeste quantità di materiale da rimuovere, caratterizzate da una sezione verticale non eccedente i 50÷60 centimetri e da una discreta omogeneità (assenza quindi di ceneri sedimentate e

poca incidenza di "loppa" sul totale), è possibile prevedere l'intervento con tecnologie di taglio "a umido"; ciò a maggior ragione se i tempi di fermata programmata non devono eccedere i 60 giorni circa.

Qualora si presenti invece uno scenario caratterizzato da quantità di materiale da rimuovere ben superiori, unitamente alla grande disomogeneità di quest'ultimo e alla possibilità di poter contare su tempi maggiormente dilatati per quanto riguarda la programmazione dell'intervento, sarà utile e corretto orientare la scelta verso l'impiego di materiali esplosivi.

LA TECNOLOGIA DI TAGLIO "A UMIDO" CON FILO DIAMANTATO

Il taglio "a umido" con filo diamantato rappresenta, nel campo dell'ingegneria civile e industriale, una tecnologia assai flessibile e destinata a demolizioni, decostruzioni, demolizioni parziali e rimozioni di materiali solidi e dalle buone caratteristiche di omogeneità; ciò, senza limiti di spessore e dimensione.

Il filo diamantato da taglio è costituito da una fune d'acciaio chiusa ad anello sulla quale sono infilate ad intervalli regolari delle perline di acciaio impregnate di diamante industriale, che viene avvolta attorno alla struttura da tagliare e successivamente azionata da un motore a grande velocità.

L'azione combinata della rotazione del filo e della trazione esercitata dai meccanismi tendifilo, produce un taglio attraverso il materiale oggetto dell'applicazione.

Durante l'esecuzione dei lavori il filo diamantato viene guidato da un sistema di pulegge montate vicino alla sezione da realizzare; il gruppo di azionamento, elettrico o idraulico, può essere sistemato abbastanza lontano dall'area di lavoro, a garanzia della sicurezza dell'operatore contro eventuali strappi e rotture del filo.

Il raffreddamento dell'utensile di taglio è eseguito ad acqua e la corretta lubrificazione del filo ha quindi una doppia funzione: quella di allungare in modo considerevole la vita dell'utensile e nel contempo di ridurre i rischi correlati alla rottura del filo stesso.

L'utilizzo di cavalletti sui quali vengono montate pulegge e gruppi di pulegge che posso-



no essere impiegate in svariate configurazioni geometriche, consente al filo diamantato di procedere correttamente lungo il percorso dell'azione di taglio, seguendo la direzione voluta e rendendo il sistema eccezionalmente versatile.

Il tipico utilizzo del filo diamantato avviene praticando nella parete da tagliare dei fori passanti di accesso attraverso cui viene infilato il filo; in seguito, esso viene avvolto attorno alla puleggia motrice e chiuso ad anello.

La puleggia, azionata da un motore, mette in rotazione e contemporaneamente tiene in tensione un anello di filo diamantato il quale, avvolgendo completamente la struttura da tagliare, crea un solco della larghezza di poco più di un centimetro fino a tagliarla nettamente.

Nel caso in cui la lunghezza di recupero del filo non consenta di terminare il taglio, è possibile procedere alla rimozione di uno spezzone di filo per poi rigiuntare il rimanente.

Le applicazioni del filo diamantato nell'industria delle costruzioni e delle demolizioni sono praticamente illimitate; la capacità del filo diamantato di tagliare in profondità e con estrema precisione, senza eccessiva produzione di rumore, polvere o vibrazioni, consente infatti di sfruttare questa tecnica in svariati settori.

L'INTERVENTO CON MATERIALI ESPLODENTI

L'utilizzo di materiali esplosivi negli ambienti dell'ingegneria civile ed industriale è quasi sempre correlato alla gestione contemporanea di problematiche relative al controllo delle proiezioni, delle polveri e alla riduzione delle sollecitazioni vibratorie indotte dall'intervento. Come è ben noto, un'efficace gestione dei cosiddetti effetti indesiderati si ottiene mediante l'applicazione di procedure operative sia attive che passive.

Le prime, ad esempio, partono da un corretto piano di caratterizzazione (che può essere tanto un'esattiva relazione geologica quanto un'attenta analisi di struttura) per poi estendersi ad aspetti legati alla scelta dell'esplosivo da utilizzare, all'esecuzione della perforazione e di eventuali sezionamenti, nonché alla progettazione della geometria di sparo e altro ancora.

Per applicazione di procedure di tipo passivo si intende invece la messa in opera di accorgimenti quali la creazione di terrapieni in materiale sciolto, la predisposizione di protezioni mediante reti metalliche e materiale geotessile, nonché l'utilizzo di vasche e speciali nebulizzatori per l'abbattimento delle polveri.

Esistono però molti altri scenari d'intervento, di certo meno convenzionali e conosciuti ove, funzionalmente all'utilizzo di materiale esplosivo, le circostanze inducono necessariamente a reinventare schemi e procedure.

Alcuni di questi, quali ad esempio la rimozione di scorie dalle caldaie e l'evacuazione del materiale residuale dagli altoforni, sono decisamente articolati e per questo motivo vengono chiamati complessi o supercritici.

Tale denominazione viene a loro assegnata in quanto sono caratterizzati da aspetti notevolmente anomali i quali, come si vedrà in seguito, non dipendono solamente da fattori ambientali e logistici.

In questi scenari, è in particolar modo la caratterizzazione del materiale da rimuovere a rendere problematica la fase operativa; le caratteristiche di omogeneità ed isotropia assolutamente relative, impongono infatti approcci nuovi e a dir poco esclusivi, "modi operandi" capaci di tarare l'efficacia e l'efficienza dell'intervento solamente passo dopo passo.

Una volta eseguito il taglio della corazza, dimensionandolo in modo da potervi accedere con i mezzi d'opera previsti per i lavori, l'interno del forno si presenta visivamente nella parte inferiore (salamandra più carica residua).

L'iter operativo di rimozione inizia con l'evacuazione della carica e dei carboni circolanti mediante l'utilizzo di miniescavatori, continuando poi con l'attività di evacuazione della salamandra mediante l'utilizzo di cariche esplosive.

Relativamente alla scelta dei materiali energetici, la necessità di esplosivi dotati di ottima stabilità allo shock termico, caratterizzati da elevate VOD (velocità di detonazione) e garantiti di buoni risultati in termini di brisanza (ovvero di caratteristiche di elevata dirompenza nelle immediate vicinanze), deve orientare obbligatoriamente la scelta dell'utilizzatore verso la categoria delle gomme e delle gelatine ad alto potenziale.

Specialmente all'inizio del cantiere, la produzione risulta spesso inferiore alle aspettative; infatti, ad ogni brillamento gli strati più superficiali della salamandra si frantumano non solamente in modo del tutto casuale, ma addirittura con una pezzatura estremamente ridotta.

Si deve attendere generalmente l'evacuazio-

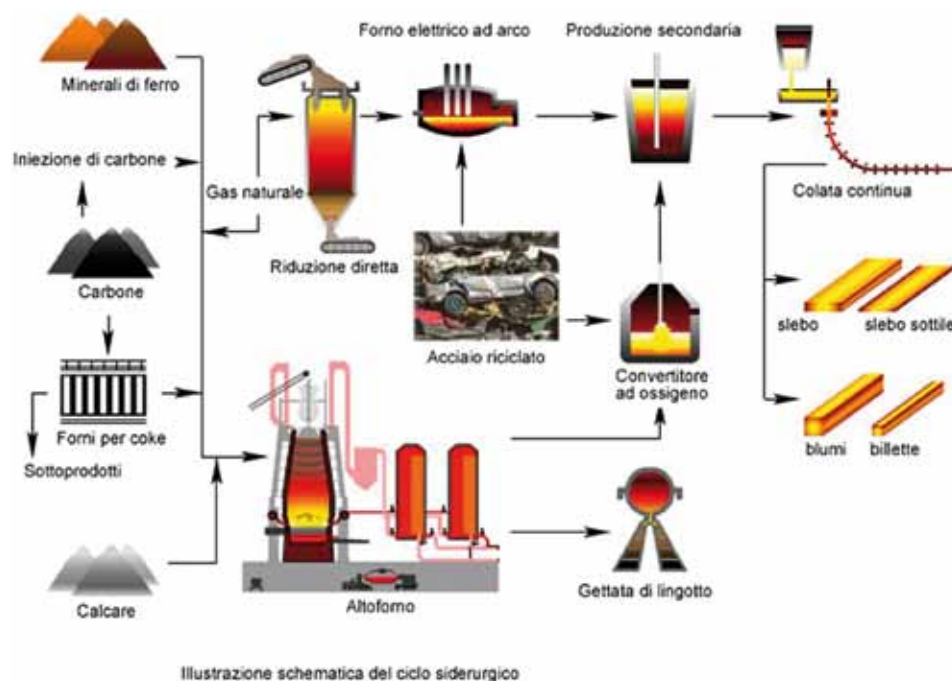


Illustrazione schematica del ciclo siderurgico



Fori raffreddati pronti per l'attività di caricamento (a destra); salamandra e sua sezione sul fronte di sparo (a sinistra)

ne di circa un terzo della salamandra, cioè fino all'esaurimento della parte più porosa, per riuscire ad ottenere una produzione soddisfacente e caratterizzata dal distacco di blocchi mediamente non inferiori ai 2 m³ circa.

L'attività di evacuazione dei carboni circolari si ripete nel frattempo in maniera sistematica, seguendo l'andamento della rimozione della salamandra, in modo tale da lasciar sempre lo spazio necessario tra la corazza dell'altoforno e la porzione di salamandra oggetto delle attività di brillamento.

Nonostante possa sembrare apparentemente banale, è invece di estrema importanza specificare come questo spazio sia funzionale non solamente a fornire un'adeguata superficie libera al lavoro dei materiali energetici ma, in particolar modo, a garantire un'adeguata distanza di sicurezza al fine di limitare la trasmissione di sollecitazioni meccaniche alla struttura dell'altoforno.

Dopo aver studiato in fase di progettazione le caratteristiche strutturali dell'altoforno, è possibile procedere alla taratura dei parametri di lettura e registrazione dei sismometri i quali, dal primo brillamento all'ultimo, devono monitorare costantemente tutte le strutture da salvaguardare nelle immediate vicinanze.

L'attività che risulta essere preponderante dal punto di vista temporale, nonché di estrema importanza per il buon esito delle operazioni

di brillamento, è certamente quella relativa alla perforazione della salamandra; in particolare sono fondamentali il corretto posizionamento delle maglie di perforazione ed il rispetto scrupoloso delle profondità dei fori.

La perforazione, effettuata mediante lancia termica ad ossigeno, è generalmente caratterizzata da un diametro di circa 15-25 centimetri e da profondità variabili tra i 70 ed i 180 centimetri, gestite in relazione alle caratteristiche proprie degli strati di salamandra con i quali di volta in volta ci si deve confrontare.

Una volta effettuata la perforazione, che avviene generalmente dalle ore 24,00 alle ore 12,00, è necessario curare attentamente il raffreddamento dei fori fino ad una temperatura di circa 45°C.

In caso di raffreddamento insufficiente dei fori, le operazioni di caricamento con esplosivi subiscono spesso ritardi e, a volte, rinvii alle giornate successive.

In alcuni casi si pre-

ferisce eseguire un'attività di perforazione "no stop" per più giorni consecutivi al fine di poter permettere le operazioni di brillamento per l'intera nottata o addirittura per più giorni consecutivi; tale accorgimento si adotta ogni qualvolta, in presenza di una produzione caratterizzata da pezzature di notevoli dimensioni, si renda necessaria una particolare organizzazione del sistema di carico e trasporto dei materiali di risulta.

La rimozione della salamandra mediante l'utilizzo di materiali esplosivi avviene quindi, una volta alleggerita la stessa della parte maggiormente porosa presente in superficie, creando piccoli terrazzamenti ed utilizzando una maglia quadrata di perforazione di 40 centimetri circa.

E' altresì importante che le attività di caricamento e brillamento avvengano in una fascia oraria appositamente identificata quale quella di minor affluenza del personale all'interno dello stabilimento.

Infine sottolineiamo nuovamente quanto, al cosiddetto "sparo in masse calde", sottintendano procedure di sicurezza, programmi di controllo, protocolli d'intervento, norme comportamentali ed una generale pianificazione e gestione del cantiere che esulano senza alcun dubbio dai canoni classici dell'intervento con materiali esplosivi.

**Dexplo s.r.l.*



Attività di evacuazione dei carboni circolari