

# Aumento della produttività nell'acciaiera di Dalmine grazie all'introduzione di tecnologie innovative elettriche e chimiche

M. Rondi, F. Memoli

*Nell'estate 2001 sono stati installati nell'Acciaiera di Dalmine nuovi equipaggiamenti per migliorare l'efficienza e la produttività del forno elettrico fino a raggiungere una produzione di 33 colate giorno.*

*E' stato applicato al forno elettrico - dotato di un trasformatore da 10 MVA - un nuovo sistema di regolazione digitale degli elettrodi, mentre il "pacchetto chimico" esistente è stato potenziato con un nuovo sistema di iniezione dell'ossigeno e del carbone. Techint ha fornito entrambi i sistemi e ne ha sviluppato i processi nell'autunno 2001 in stretta collaborazione con Dalmine. In questa memoria sono stati presi in esame i risultati dell'applicazione di questi sistemi in termini di aumento di produttività e riduzione dei costi operativi ottenuti dal forno elettrico di Dalmine. Sono stati inoltre analizzate le funzioni interattive tra l'iniezione di carbone con i nuovi dispositivi e l'analisi continua delle armoniche dell'arco rilevate dal nuovo sistema di regolazione digitale. L'Acciaiera di Dalmine produce attualmente 900.000 ton/anno di acciaio con un forno elettrico da 100 tonnellate di capacità totale, due forni siviera, una unità di degasaggio e due sistemi per la colata continua.*

**Parole chiave: acciaio, acciaiera, impianti e attrezzature**

## INTRODUZIONE

Dalmine S.p.A., unità produttiva facente parte di Tenaris S.A. (società del gruppo Techint) insieme con Siderca (Argentina), Tamsa (Messico), NKK Tubes (Giappone) and Algoma (Canada), è leader mondiale nella produzione di tubi senza saldatura.

Uno degli obiettivi del gruppo è raggiungere sempre i migliori risultati in termini di elevata produttività e bassi costi utilizzando gli impianti che operano nelle singole unità produttive. La chiave per raggiungere i migliori standard di qualità di produzione è l'uso corretto delle risorse.

In considerazione dello sviluppo del mercato dei tubi senza saldatura in questi ultimi anni e della disponibilità di nuove tecnologie per i forni elettrici, l'Acciaiera di Dalmine ha deciso di realizzare il potenziamento del suo EAF durante la fermata dell'estate 2001. Il traguardo principale era ridurre al minimo i ritardi di Power-off, spingere il forno ai più alti livelli di produttività e ridurre i costi operativi.

La ragione degli ottimi risultati ottenuti è stata l'introduzione della tecnologia più innovativa sulla regolazione degli elettrodi, sul controllo automatico della scoria schiumosa e sull'introduzione di energia chimica grazie al sistema di iniezione multipoint.

## L'ACCIAIERIA DI DALMINE PRIMA DEL REVAMPING

L'Acciaiera di Dalmine è equipaggiata con un forno elettrico Tagliaferri da 6,1m di diametro e trasformatore da 100 MVA. L'impianto è completato da due forni siviera, un siste-

ma di degasaggio e due impianti per la colata continua, di cui una colata verticale e 4 linee ed una colata curva sempre a 4 linee. Il materiale colato, ferro-leghe incluse, è pari a circa 96.5 ton di acciaio. Il trasformatore può essere usato fino ad un massimo di 85 MVA, secondo la dimensione del reattore. Prima del revamping il forno era provvisto di un lancia raffreddata ad acqua, posizionata sulla porta, da circa 4000 Nm<sup>3</sup>/h come portata massima di ossigeno e di quattro bruciatori twin, tre dei quali situati tra le fasi e uno nella zona dell'EBT. Un bruciatore supplementare è stato successivamente installato sopra il foro di colata.

L'aggiunta di carbone veniva effettuata dalla lancia raffreddata ad acqua dalla porta. Secondo questo layout, il forno era in grado di fondere 100 ton di rottame (di cui circa il 10% di ghisa), in 33.5 minuti di Power On.

In quel momento il mercato richiedeva una produttività superiore a quella raggiunta e dunque la prima esigenza del team produttivo era identificare le cause che impedivano al forno di esprimere le proprie potenzialità. Elenchiamo di seguito una serie di motivazioni:

- Ritardi dovuti a problemi nati durante e dopo le operazioni di colata causate principalmente da rottame non fuso che ostruisce il foro di colata. Il ritardo dovuto a ciò era di circa l'1% del tempo disponibile. Occorre tenere in considerazione che il forno di Dalmine può essere caricato anche con grossi pezzi di rottame, come scarti della colata continua e del laminatoio tubi.
- Ritardi durante la carica della seconda cesta che, a causa della presenza di rottame non fuso nel forno che va ad occupare il volume destinato alla carica della cesta, risulta incompleta. Anche in questo caso il ritardo è pare all'1% del tempo disponibile.
- Problemi nella distribuzione dei flussi nei bruciatori twin. E' noto che un doppio bruciatore ha due fiamme ma una sola regolazione del flusso di ossigeno e una per il gas. Durante la fusione può accadere che una delle due fiamme sia ostruita da un pezzo di scoria o di rottame. In questo

M. Rondi - Dalmine S.p.A.

F. Memoli - Techint Technologies

Memoria presentata al 29° Convegno Nazionale AIM, Modena, 13-15 Novembre 2002

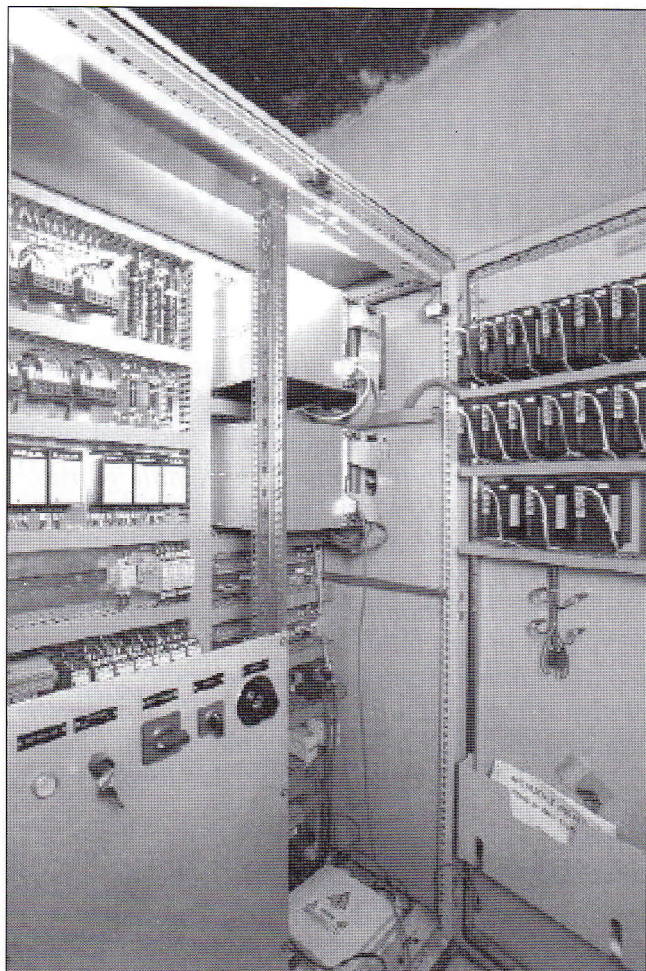


Fig.1 – La regolazione digitale Tagliaferri

Fig.1 – Tagliaferri digital Electronic Regulation



Fig.2 – Lancia ossigeno KT

Fig.2 – KT Oxygen Lances

caso viene a mancare l'equilibrio tra le due fiamme così come l'efficienza della fase bruciatore. Si rendeva spesso necessaria una manutenzione straordinaria.

- In considerazione del fatto che l'iniezione di carbone per la scoria schiumosa veniva fatta dalla porta di scorifica e visto il contenuto di ossigeno in quest'area in termini di O<sub>2</sub> ppm, nel momento in cui veniva aggiunto il carbone, la scoria cresceva e usciva dalla porta di scorifica aperta. In questo modo la zona dell'EBT era quasi completamente libera da scoria durante la fase di pre-affinazione e affinazione. A causa dell'alta potenza dell'arco, dell'elevata radiazione all'interno del forno e della grande quantità di ossigeno all'interno del forno, la vita del voltino era di circa 160 colate. Si rendevano così necessarie manutenzioni straordinarie per sostituirlo.

#### LA TECNOLOGIA INNOVATIVA SCELTA DA DALMINE

Per affrontare i problemi indicati sopra e dare una risposta al mercato in termini di elevata produttività, è stato possibile agire in due direzioni: ottimizzare la regolazione elettrodi ed introdurre un sistema di iniezione multipoint per l'ossigeno e il carbone, moderno ed efficiente.

Dalmine ha migliorato il proprio forno elettrico grazie alla tecnologia Köster (KT Injection System) e alla nuova regolazione digitale Tagliaferri con il controllo delle armoniche (TDR-H). I due prodotti, sviluppati da Techint Technologies, hanno portato all'ottimizzazione e alla perfetta sinergia delle operazioni del forno. Lo staff meccanico, elettrico e metallurgico di Techint ha utilizzato tutte le proprie capacità di processo per sviluppare queste due tecnologie in relazione ai bisogni del forno al fine di raggiungere i migliori risultati nel più breve tempo possibile.

#### La regolazione digitale Tagliaferri

La nuova regolazione digitale Tagliaferri per gli elettrodi del forno elettrico è progettata e sviluppata principalmente per rispondere alle seguenti esigenze:

1. Eliminare le schede analogiche che compongono il loop di regolazione. Il loop di regolazione è costituito da componenti digitali dotati di una velocità di campionamento molto elevata.
2. Eliminare i potenziometri di regolazione del set point; è noto che i potenziometri cambiano il valore della resistenza in base alla temperatura ambiente

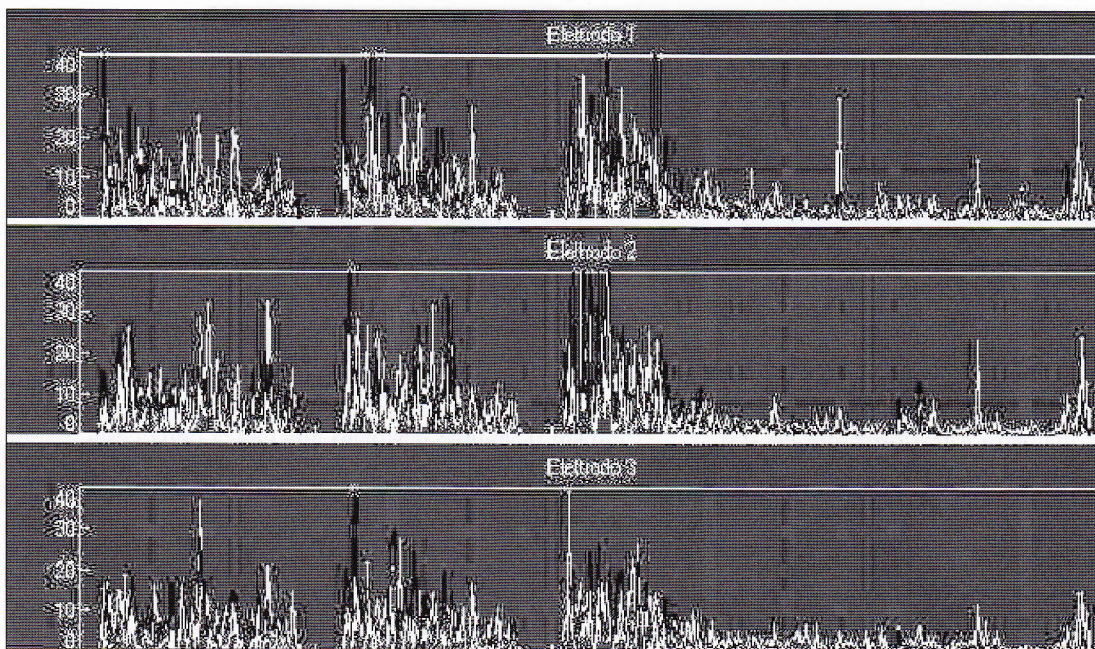


Fig.3 – Il sistema di analisi armoniche è indipendente per ogni elettrodo

Fig.3 – The Harmonic Analyses System is independent for each electrode

Fig.4 – Schema del blocco regolatore dell'elettrodo digitale

Fig.4 – Digital Electrode Regulator Block Diagram

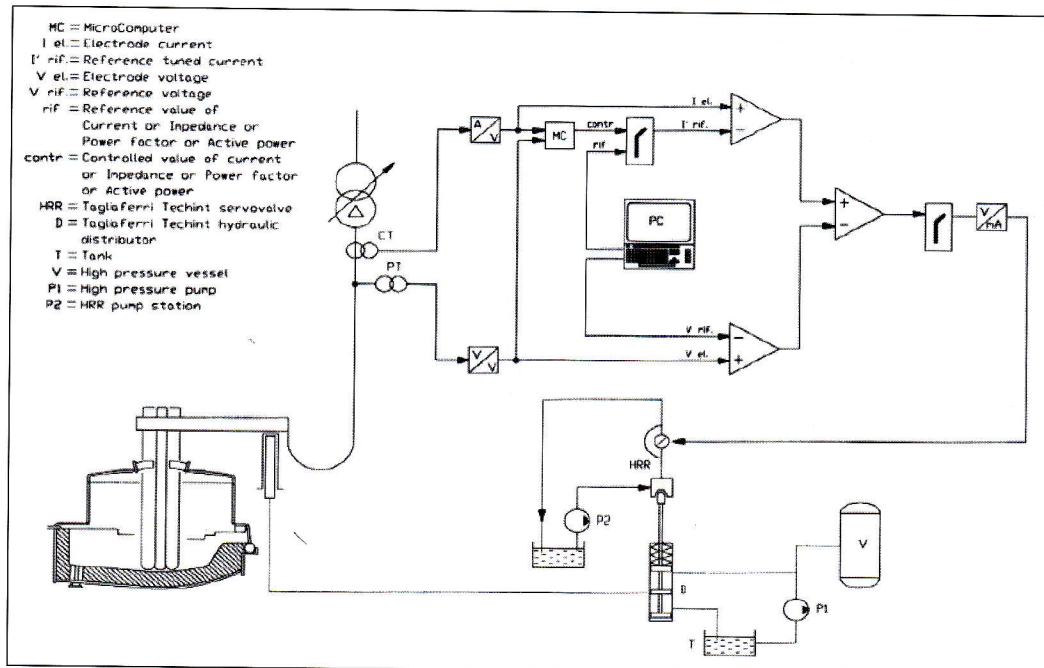
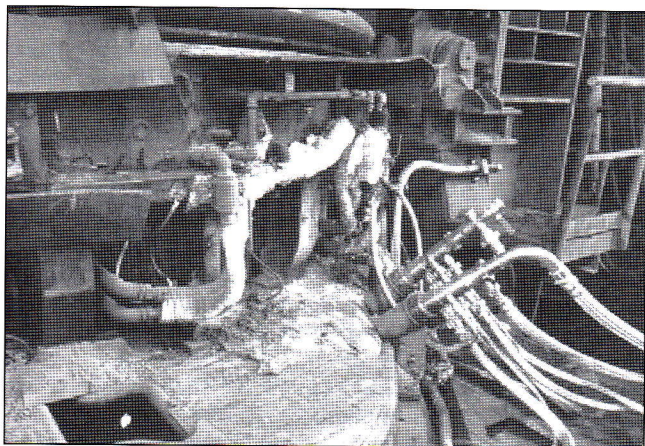


Fig. 5 – Installazione due lance ossigeno KT e due iniettori carbone KT montati a coppie, a destra e a sinistra dell'EBT

Fig. 5 – Installation of the KT couple (O<sub>2</sub> and C) in the EBT side



6. Controllo automatico del tap changer trasformatore
7. Controllo della scoria schiumosa attraverso il valore delle armoniche.

**La Tecnologia Köster – Il sistema di iniezione KT**

Il sistema KT è un dispositivo per l'iniezione multipoint di ossigeno e carbone che ha lo scopo di ottimizzare l'uso di energia chimica. La tecnologia Köster è basata sulle seguenti caratteristiche:

1. Lancia ossigeno KT installata nella zona del refrattario, sopra il livello del bagno dell'acciaio. La lancia ossigeno KT lavora come un bruciatore durante la fusione della ceta e come un iniettore supersonico durante la raffinazione. Le lance ossigeno KT lavorano durante il tempo di Power On producendo una distribuzione d'ossigeno e aggiungendo energia chimica ad alta efficienza nei cold spots del forno. La lancia ossigeno KT è in grado di mantenere la velocità supersonica fino a 2 metri dalla punta della lancia grazie all'effetto "scudo" del gas naturale.
2. Gli iniettori carbone KT sono installati sopra il livello del bagno al fine di proteggere i punti caldi (hot spots), dove sono più calde le radiazioni degli elettrodi. L'iniettore carbone è quindi realizzato per ridurre l'usura del refrattario, per migliorare la formazione della scoria schiumosa che aumenta il trasferimento dell'energia dell'arco e, infine, per ridurre l'ossidazione dell'elettrodo.
3. Sia le lance ossigeno sia gli iniettori carbone KT sono installati vicino al bagno, sulle pareti o su speciali KT Cooled Blocks. La minima distanza dal bagno consente alle lance di raggiungere una elevata efficienza e un basso consumo d'ossigeno e di carbone rispetto alle stesse lance installate sul pannello. Questa distanza minima tra la punta della lancia e il bagno può essere ottenuta grazie al sistema Ultra Safe Cooling che permette un elevato trasferimento di calore con meno di 1.5 m<sup>3</sup>/h d'acqua per lancia.

**Il Sistema di analisi delle Armoniche**

Il sistema di analisi delle armoniche è utilizzato per migliorare le operazioni del forno durante le fasi di lavoro. Il vantaggio più importante è ottenuto durante la fase di riscaldamento finale quando la presenza di scoria schiumosa sopra il bagno liquido permette di ottimizzare il trasferimento di energia nel forno.

L'obiettivo è informare immediatamente il sistema di inie-

3. Regolazione di tutti i set point tramite la Human Machine Interface gestita da un PC; la regolazione ed il controllo delle operazioni sono attuati tramite la HMI al fine di evitare l'utilizzo di cacciaviti o altri dispositivi manuali
4. Sviluppare la regolazione del circuito in modo digitale (non più in modo analogico)
5. Migliorare l'auto-diagnosi e la segnalazione allarmi in caso di guasto sia nei componenti hardware che software.

La regolazione digitale TDR può operare in 4 diversi modi: (a) modalità standard, con impedenza costante; (b) corrente costante, modalità scelta dall'acciaieria di Dalmine per il suo regolatore; (c) potenza attiva costante; (d) fattore di potenza costante.

Questa possibilità è ottenuta grazie all'aggiunta di ulteriori loop di regolazione al loop di regolazione in modalità standard (impedenza costante).

Oltre alle funzioni base, il regolatore digitale è in grado di gestire molte altre funzioni ausiliarie:

1. Rapida stabilizzazione della corrente dopo l'inizio dell'arco
2. Protezione contro i corto circuiti dovuti a franamento del rottame
3. Protezione contro la rottura accidentale dell'elettrodo in seguito all'appoggio su materiale non conduttore
4. Riduzione automatica della corrente durante il movimento del tap changer del trasformatore
5. Autoregolazione dei set point elettrici al primario e auto-diagnosi

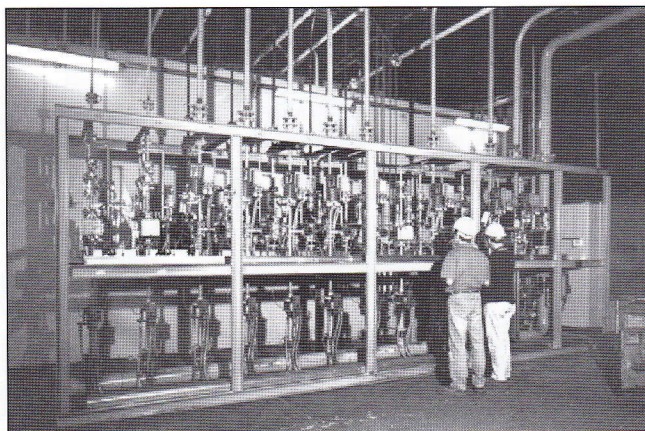


Fig.6 – Banco valvole KT per regolazione  $CH_4$  con valvole proporzionali

Fig.6 – KT Valves stand for  $CH_4$  regulation with proportional valves

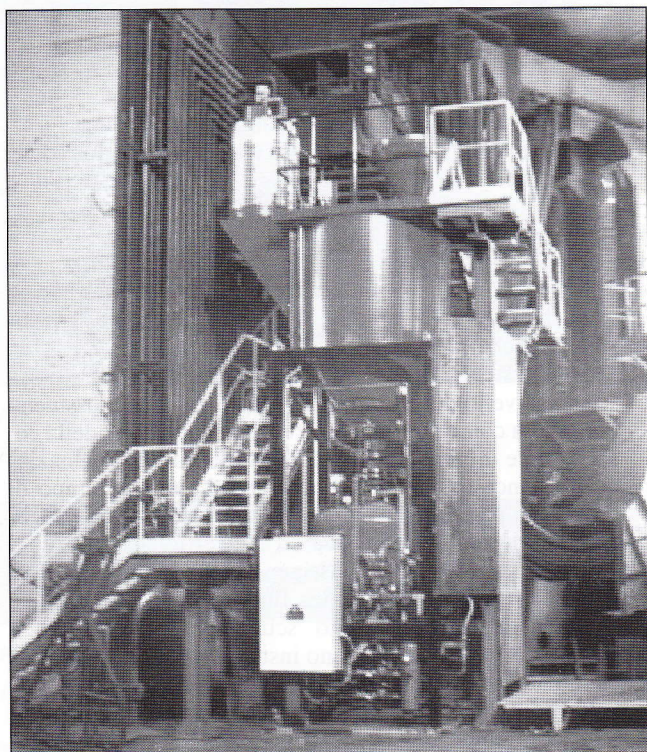


Fig.7 – Sistema di iniezione c/o l'EAF

Fig.7 – Injection System at EAF



Fig.8 – Cabina di controllo del forno di Dalmine

Fig.8 – Dalmine EAF Cabin Control

zione (o l'operatore del forno) quando la scoria schiumosa inizia a diminuire di volume (e di conseguenza inizia a scoprire l'arco elettrico) e ad aumentare il contenuto di armoniche delle correnti secondarie. Il campionamento delle armoniche è effettuato dal microcomputer Motorola della regolazione elettrodi TDRH.

L'analisi delle armoniche di Fourier (FFT) è condotta indipendentemente per ogni segnale di corrente sulle 3 fasi.

#### IL REVAMPING DELL'AGOSTO 2001

##### La regolazione digitale

L'acciaieria di Dalmine, già equipaggiata con la prima versione della regolazione digitale Tagliaferri, è stata migliorata per quanto riguarda la parte elettrica con il nuovo sistema di TDR, descritto sopra.

L'acciaieria di Dalmine ha deciso di installare un sistema a doppio rack: ciò significa che dal punto di vista elettrico ci sono due regolatori, uno a supporto dell'altro, nello stesso sistema idraulico. Grazie a questa configurazione la disponibilità del sistema è assicurata al 100%.

In connessione al sistema di iniezione carbone KT è stato installato anche il sistema di analisi delle armoniche per automatizzare le operazioni di iniezione del carbone.

##### La salita rapida incorporata nella servo-valvola HRR

E' stato migliorato anche il sistema idraulico (sistema HRR): servovalvole disegnate da Tagliaferri sulla base delle esigenze del cliente).

Con l'HRR l'operazione di salita rapida, che in altri sistemi idraulici è attuata con una valvola bypass, è stata incorporata nella stessa servo-valvola. Ciò significa che la velocità di salita rapida diventa parte della stessa regolazione. Tutto ciò migliora le capacità degli elettrodi di salire in caso di caduta del rottame, durante la regolazione, ma aumenta anche la velocità dell'elettrodo di raggiungere la posizione originale.

##### Nuova configurazione chimica: il primo passo del Revamping

Dalmine ha deciso di introdurre la nuova configurazione chimica in due fasi. La prima fase del revamping è stata fatta durante la fermata estiva dell'Agosto 2001.

Durante la prima fase, solo una metà dell'EAF ha cambiato la sua configurazione chimica: sul lato spillaggio sono state montate due lance ossigeno KT e due iniettori carbone KT. Questi dispositivi sono stati montati a coppie, una coppia a destra e una a sinistra dell'EBT. Questi nuovi dispositivi hanno sostituito una coppia di bruciatori rivelatisi inefficienti.

La coppia di sinistra è installata a livello della parete del forno, sul pannello in rame orizzontale (figura 5), quella di destra alla base di un quella di destra alla base di un pannello verticale, in linea scoria.

##### La nuova regolazione del flusso: un nuovo banco valvole per l'ossigeno e il gas naturale

Il bancale valvole per la regolazione dei flussi è stato ricostruito secondo i moderni standard di regolazione di gas. Per ogni lancia ossigeno KT è previsto un dispositivo per la regolazione del flusso dell'ossigeno, uno per la regolazione dello shrouding e uno per il gas naturale.

Per ogni bruciatore è ora prevista una regolazione per il flusso dell'ossigeno e una per il gas naturale.

In questo modo i bruciatori twin rimanenti sono stati separati in bruciatori indipendenti, ognuno provvisto di proprie regolazioni flussi.

Anche per la lancia raffreddata ad acqua dalla porta (che in questa prima fase di revamping non è stata sostituita) è stata modificata la regolazione dei flussi.

Riassumendo l'acciaiera di Dalmine ora è dotata di bancale valvole per l'ossigeno con 10 linee indipendenti per la regolazione con valvole proporzionali e flussometri Vortex. La stessa dotazione è stata prevista per il bancale valvole per il gas naturale.

**Nuovo sistema di iniezione pneumatica del carbone**

E' stato completamente rinnovato anche il sistema di iniezione pneumatico del carbone. In particolare è stato installato al lato del forno un nuovo sistema costituito da tre linee indipendenti di regolazione. Quest'ultimo è dotato di un silo di stoccaggio di 5 m<sup>3</sup> con un serbatoio di 2000 litri. Grazie a questo sistema non è necessario riempire il serbatoio durante la colata poiché la polvere di carbone è sempre disponibile. Una caratteristica interessante di questo sistema è la distanza estremamente ridotta tra l'EAF e il sistema stesso che significa un basso delta di pressione nelle linee di trasporto e minima manutenzione delle tubazioni.

Inoltre la possibilità di regolare indipendentemente le tre iniezioni ha molto migliorato le operazioni del forno e, allo stesso tempo, ha aiutato la formazione della corretta scoria schiumosa.

**Un sistema completamente automatico**

Tutti i parametri chimici di controllo e i set point sono controllati da un unico sistema dell'automazione. I flussi di ossigeno, gas naturale e carbone per tutte le lance KT, i bruciatori indipendenti e la lancia raffreddata ad acqua sono controllati dalla stessa HMI.

Il software è stato sviluppato sulla base dei nuovi standard di automazione di Dalmine.

**L'ATTUALE PROCESSO DI FUSIONE E AFFINAZIONE**

**Fusione del rottame con il sistema di iniezione KT**

Durante la prima fase del processo, le lance ossigeno KT lavorano automaticamente come un bruciatore ad elevata efficienza per scaldare velocemente il rottame di fronte alle lance. La stessa operazione avviene per i cinque bruciatori e la lancia che si trova dalla porta. Tutti parametri di funzionamento vengono stabiliti dal sistema di automazione, unico per l'intero pacchetto chimico.

Fornendo una determinata energia chimica al rottame caricato, la relazione di combustione delle lance ossigeno KT aumenta e migliora la funzione di taglio del rottame delle fiamme. Il rottame posto di fronte a ogni lancia sarà tagliato con l'ossigeno. In questo modo, il rottame posto sopra i punti di iniezione cade velocemente in verticale fino al piede caldo dove fonde per immersione con l'aiuto dell'effetto combinato dell'iniezione dell'ossigeno e della radiazione dell'arco.

La TDR guida la fase di fusione al massimo tap (1000 V) per ridurre al minimo il tempo di fusione.

Il dispositivo TDR stabilizza la potenza attiva grazie all'elevata velocità nel calcolo digitale e nella risposta idraulica.

In relazione alle condizioni all'interno del forno, in questa fase del processo di fusione, è anche possibile dare inizio alla scoria schiumosa tramite l'iniezione di carbone attraverso gli iniettori carbone KT.

**Affinazione: iniezione carbone KT in sinergia con la TDR-H**

Durante il bagno piano le lance ossigeno KT continuano l'iniezione supersonica dell'ossigeno fino a completare la decarburazione del bagno. La particolare installazione in linea scoria e l'angolo di iniezione favorisce il naturale movimento del bagno dovuto al campo elettromagnetico dell'arco.

In questa fase del processo di fusione, l'iniezione di carbone è usata per la formazione della scoria schiumosa stabilizzando l'arco e massimizzando l'efficienza di trasferimento dell'energia al bagno.

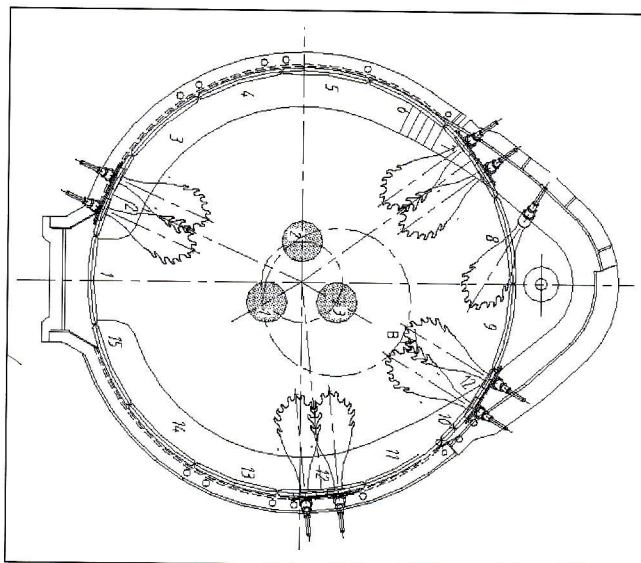


Fig.9 - Forno di Dalmine prima del revamping

Fig.9 - Dalmine Furnace before revamping

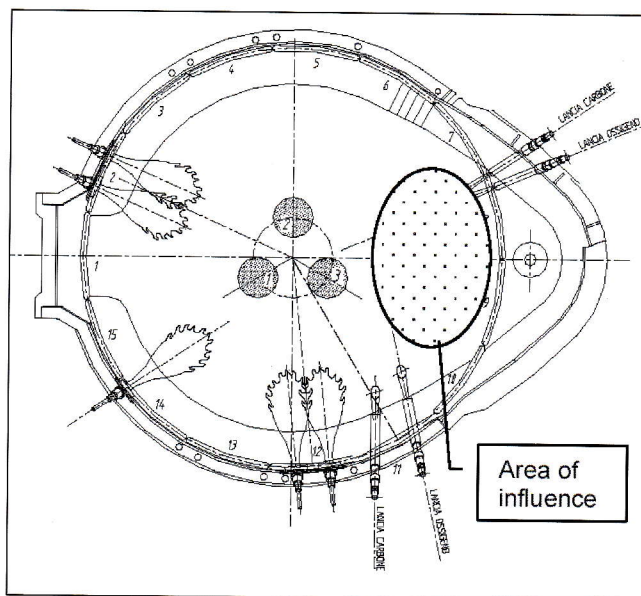


Fig.10 - Dopo il revamping

Fig.10 - After revamping

Il software della TDR-H è implementato con il sistema di analisi delle armoniche. L'automazione calcola la THD (Distorsione totale delle armoniche) e altre medie delle armoniche, che sono indicazione della copertura dell'arco con la scoria schiumosa. Se la THD e le altre medie sono elevate, l'arco rimarrà scoperto. In questo caso, l'automazione KT da ordine all'iniezione carbone KT di formare al scoria schiumosa.

Questa operazione non dipende più dall'abilità dell'operatore del forno, ma viene quindi effettuata automaticamente garantendo ripetitività alle operazioni.

**RISULTATI RAGGIUNTI CON L'EAF DI DALMINE DOPO IL REVAMPING**

Di seguito vengono indicati i risultati ottenuti nell'acciaiera di Dalmine con l'introduzione delle tecnologie innovative. Occorre considerare che i vantaggi derivano non solo dai bassi consumi di energia dell'EAF ma, soprattutto, dal sensibile miglioramento del processo in senso più generale.

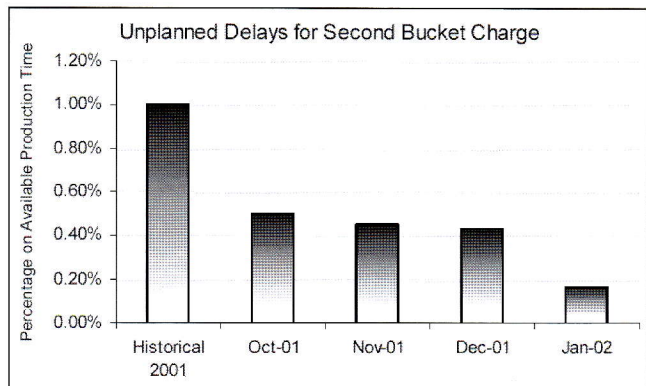


Fig.11 – Ritardi imprevisti durante la carica della seconda cesta  
Fig.11 – Unplanned delays for second bucket charge

**Minimo tempo di carica**

Le nuove tecnologie sono state implementate in accordo con la filosofia di Dalmine, ciò significa caricare appena possibile la seconda cesta e quindi fondere parzialmente la prima cesta solo per creare lo spazio adeguato per la seconda carica. I risultati dopo l'installazione della TDR e le lance KT hanno permesso la riduzione di ritardi imprevisti per la carica della seconda cesta dall'1% (storico) al 0.17% (gennaio 2002).

Oggi l'EAF di Dalmine è in grado di caricare la seconda cesta (45 ton) dopo 120 kWh/ton di consumo di energia chimica sulla prima cesta. Il tempo totale per la carica della seconda cesta è di circa 1.5 minuti.

Ritardi storici imprevisti durante la carica	Nuova media dei ritardi durante la carica	Differenza
1% sul tempo disponibile	0,38% sul tempo disponibile	- 0,62%

**Minimo ritardo apertura EBT**

Sulla base del nuovo power input nella zona EBT, grazie alle lance KT i ritardi dovuti a ostruizioni del foro di colata per rottame non fuso sono stati ridotti alla metà:

Ritardi storici apertura EBT	Nuovi ritardi imprevisti apertura EBT	Differenza
1% sul tempo disponibile	0,5% sul tempo disponibile	- 0,5%

**Assenza di restrizioni sulla dimensione della carica**

Grazie ad un input chimico più omogeneo ed a un trasferimento termico alla carica di rottame più elevato, oggi è possibile caricare grossi pezzi di rottame nel forno. Ciò era impossibile nel passato in quanto generava numerosi problemi al processo di fusione e molti ritardi dovuti al rottame non fuso. La possibilità di caricare pezzi di rottame fino a 2 metri ha anche ridotto i costi derivanti dalla preparazione della carica metallica.

Dimensione massima storica del rottame	Nuova dimensione massima della scoria	Differenza
500 mm	2000 mm	+ 1500 mm

**Maggiore distribuzione termica – Più elevate temperature dell'acciaio**

Grazie al revamping, il forno è dotato di tre punti per l'iniezione dell'ossigeno (due nuovi punti dal lato colata) e fino a 5 punti bruciatori. Questa configurazione permette una distribuzione omogenea della temperatura nel bagno che porta ad una più elevata temperatura di colata.

Temperatura di colata storica dell'EAF	Nuova temperature di colata dell'EAF	Differenza
1650°C	1668°C	+ 18°C

Occorre considerare che a partire da settembre 2001, l'acciaieria di Dalmine ha ottenuto un incremento nella richiesta di quantità sulla produzione richiedendo importanti addizionali di ferroleghie, in particolare ferro-cromo. Questa variazione obbliga l'EAF a colare temperature più elevate.

La stessa variazione ha aumentato anche il tempo di attesa dall'EAF all'LF. Sebbene questo tempo sia aumentato, la prima temperatura nel forno siviera è significativamente aumentata. La ragione di ciò è la nuova configurazione dell'input chimico ed il miglior trasferimento di energia grazie ad una migliore scoria schiumosa.

Prima temperatura storica dell'LF	Nuova media prima temperatura LF	Differenza
1570°C	1585°C	+ 15°C

**Maggiore vita del voltino**

Grazie ad una migliore formazione della scoria schiumosa, che ricopre completamente l'arco durante l'operazione finale del bagno piano, la radiazione sul voltino è minore rispetto a prima del revamping. Inoltre, grazie al fatto che la punta delle lance ossigeno KT è coperta di scoria schiumosa durante la fase dell'iniezione dell'ossigeno e grazie all'efficienza di penetrazione del flusso di Ossigeno nel bagno, non ci sono rischi di fuoriuscita della scoria o di riflessioni del flusso dell'ossigeno verso la volta. Ciò può essere misurato sulle basse temperature nei pannelli e in un importante aumento della vita del voltino.

Vista storica del voltino	Nuova media della vita del voltino	Differenza
160 colate	Più di 500 colate	+ 340 colate

**Risparmi nei costi variabili**

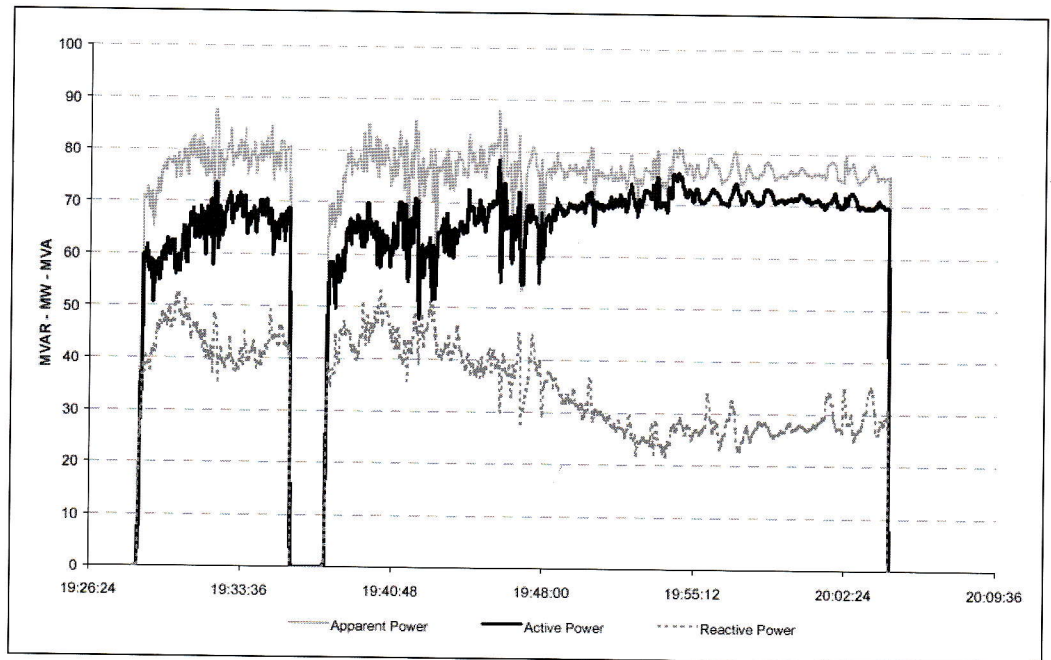
Di seguito sono elencati tutti i risparmi che la TDR-H e il sistema di iniezione KT hanno permesso di ottenere sui costi variabili, come consumo di energia elettrica e di elettrodi. Vengono inoltre indicate le diminuzioni del tempo di Power On, grazie a un maggiore input di potenza totale, elettrica e chimica.

Tempi storici di Power On	Nuova media tempi di Power On	Differenza
33.5 minuti	31.5 minuti	- 2 minuti

Consumi storici di elettrodi	Nuovi consumi medi di elettrodi	Differenza
1.5 kg/ton di acciaio liquido	1.4 kg/ton di acciaio liquido	- 0.1 kg/tls

Fig.12 – Tendenza dell'energia attiva, reattiva e apparente

Fig.12 – Trand of Active, Reactive and Apparent Power



Consumi storici di energia elettrica	Nuova media consumi di energia elettrica	Differenza
390 kWh/ton di acciaio liquido	380 kWh/ton di acciaio liquido	- 10 kWh/tls

Questi risultati sono stati raggiunti attraverso aumenti programmati di consumo di ossigeno da 30 a 36 Nm<sup>3</sup>/tls, di consumo di gas naturale da 7.5 a 9 Nm<sup>3</sup>/tls.

Per quanto riguarda il bilancio del carbone, occorre sottolineare che il consumo di polvere di carbone è aumentato da 2.5 a 3.0 kg/tls, ma il nuovo sistema KT ha consentito di utilizzare polveri meno costose. Dal valore storico pari al 90% di contenuto di carbone si passa ora ad un contenuto di carbone pari a solo l'82% e a più elevati valori di polveri e parte volatile.

Per quanto riguarda il resto della carica, la percentuale di ghisa è aumentata dal 10% al 11% e l'aggiunta di antracite è aumentata da 400 a 800 kg, caricata direttamente nella cesta.

#### Aumento della potenza attiva

Occorre tenere in considerazione che il trasformatore da 100 MVA deve essere utilizzato a potenza ridotta a causa del reattore con capacità massima di 85 MVA. Grazie alla nuova regolazione digitale Tagliaferri e alla corretta messa a punto dei parametri elettrici sviluppati in collaborazione con Dalmine, la media della potenza attiva è aumentata come indicato nelle tabelle sottostanti.

La principale ragione è una distribuzione più omogenea dell'input elettrico durante la fusione e l'affinazione della cesta come mostra il grafico della potenza attiva.

Media storica della potenza attiva	Nuova media potenza attiva	Differenza
68 MW	70 MW	+ 2 MW

#### Aumento della produttività e della disponibilità dell'impianto

Tutti i parametri illustrati in questo capitolo hanno due indicatori generali: produttività del forno e disponibilità del forno.

Per una valutazione completa dei risultati, occorre considerare che a partire da agosto 2001 il personale del forno è

cambiato gradualmente così come gli operatori del forno e lo staff addetto alla manutenzione. Questa difficoltà aggiuntiva aumenta il valore delle performance raggiunte mostrando come le nuove tecnologie sono interamente human friendly.

Produttività storica	Nuova produttività	Differenza
131 t/s/ora lavorata reale	137 t/s/ora lavorata reale	+ 6 t/s/h
116 t/s/ora lavorata disponibile	121 t/s/ora lavorata disponibile	+ 5 t/s/h

#### Analisi dei fumi

E' stato introdotto un altro dispositivo: l'analisi chimica dei fumi dell'EAF. Un analizzatore di fumi per O<sub>2</sub>%, CO% e CO<sub>2</sub>% è stato installato sull'EAF di Dalmine allo scopo di controllare i parametri di post combustione e permettere la giusta selezione dei set points chimici. L'obiettivo non è controllare in tempo reale il pacchetto chimico, in quanto l'EAF di Dalmine ha tempi di operazione talmente veloci che questo controllo sarebbe inutile. Piuttosto è molto più importante controllare l'analisi dei fumi almeno su base giornaliera per avere una più completa situazione delle prestazioni del forno.

#### LE FASI FUTURE DEL REVAMPING

In considerazione degli importanti risultati ottenuti grazie alle prime fasi di revamping descritte, l'acciaiera di Dalmine sarà nel breve periodo pronta per affrontare la seconda fase di revamping, che includerà:

- Nuove lance ossigeno KT lato porta al posto dei bruciatori esistenti
- Operazioni a porta chiusa, attraverso la lancia raffreddata ad acqua dalla porta

Per il futuro ci si aspetta un impianto ancora più performante e dall'accresciuta produttività.

**INCREASE OF PRODUCTIVITY IN DALMINE STEEL PLANT  
THROUGH THE APPLICATION OF INNOVATIVE ELECTRICAL  
AND CHEMICAL TECHNOLOGIES**

**KEYWORDS:**

steel, steelworks, plants and systems

*Dalmine Steel Plant is certainly one of the most advanced Plants in the World in terms of productivity, which is nowadays around 3000 metric tons of liquid steel per day with a 95 ton EAF. For this evaluation it has to be considered that 100% of the production is high quality steel for seamless pipe.*

*One of the aims of the Group is to achieve always the best results in terms of high productivity and low costs, using the equipment in operation in its Plants. The correct use of its resources is the key to achieve always the best standard of quality for the product. For these reasons Dalmine Steel Plant has decided, during the summer shutdown of 2001, to revamp its EAF with the introduction of the latest technology in terms of Electrode Regulation, Automatic Control of Foamy Slag and addition of chemical energy by a Multipoint Injection System.*

*The new Tagliaferri Digital Electronic Regulation (TDR-H) is designed and developed mainly according to replace the analogue cards of the regulation loop with digital components having a very high sampling speed, eliminate trimmers for setting of reference set point, make the settings of all set points by Human Machine Interface based on a PC, develop all the regulation loop in a digital way and improve the auto-diagnosis and alarm signalling in case of fault both in hardware and in software components.*

*The TDR digital regulation can perform 4 different ways of operation: at constant impedance, constant current, constant active power, constant power factor.*

*The KT Injection System is a Multipoint Injection System for Oxygen and Carbon to improve the efficiency of the Chemical Input.*

*KT Oxygen Lance works as a burner during the melting of the bucket and as a supersonic injector during refining. KT*

*Oxygen Lances are working during all Power On time, producing an homogeneous distribution of oxygen and adding chemical energy with an high efficiency in the cold spots of the furnace. KT Oxygen Lance can maintain supersonic speed up to 2 meters far from the tip of the lance, thanks to the shrouding effect of natural gas.*

*The aim of KT Carbon Injector is to protect the hot spots, where the electrode radiation is higher, reducing refractory wear, to improve the formation of the foamy slag, which enhances the electric arc energy transfer and, finally, to reduce electrode oxidation.*

*KT Oxygen Lances and KT Carbon Injectors are installed in the lower part of the panels, in the slag line, above the level of the steel bath, and can be placed inside the refractory wall or in special Cooling Blocks KT. By maintaining a reduce distance with the bath, they have a high efficiency and a low consumption of oxygen and carbon comparing to a lance installed in the panel. Such a short distance between the tip of the lance and the bath can be achieved thanks to the Ultra Safe Cooling System. That allows a very high thermal transfer with less than 1.5 m<sup>3</sup>/h of water for each lance. TDR-H software is implemented with the Harmonic Analysis System. The automation thus calculates the THD (Total Harmonic Distortion) and other means of harmonics, which are indication of the arc covering by foamy slag. If the THD and the other means are high, the arc is going to be uncovered. In this case, the KT Automation starts the KT Carbon Injection to foam the slag. This operation then is not anymore depending on the furnace operator skill, something useful to have repeatability on electrical furnace operation.*

*Thanks to the introduction of the innovative technologies listed before Dalmine Steel Plant have improved most of its performances. It has reduced the electrical consumption from 390 kWh/ton to 380 kWh/ton and the electrode consumption from 1.5 kg/tls to 1.4 kg/tls. The Power ON time has resulted in 2 minutes less and the Power OFF time in 1% less than before thanks to the more homogenous melting of the charge. The better formation of foamy slag has also increased the life of the Delta Roof and reduced the refractory wear.*