

IL "DIRECT CASTING & ROLLING" PLANT DI ABS "LUNA": SVILUPPI E RISULTATI, DALL' AVVIAMENTO FINO ALL' ANNO 2006.

F. Alzetta

Il processo "ECR®" Endless Casting Rolling è l'ultima significativa innovazione nei Minimills per prodotti lunghi, sia per acciai speciali che per qualità commerciali.

Il processo, basato sulla produzione ininterrotta da acciaio liquido a prodotto finito compresi i relativi trattamenti termici e i servizi di ispezione in linea, consente di ottenere notevoli risparmi sul costo di produzione, valutabili fino a 50 Euro/ton per acciai speciali (o fino a 20 Euro/ton per acciai commerciali). Il processo ECR® si basa sulla connessione diretta della colata continua ad alta velocità con l'impianto di laminazione, attraverso un forno a tunnel di equalizzazione in linea. Ciò consente la laminazione diretta "non-stop" del blumo proveniente dalla colata continua e di conseguenza la laminazione ininterrotta al laminatoio.

I maggiori benefici del processo sono:

- Maggiore capacità produttiva per linee di colata.

- Migliore efficienza dell'impianto.
- Migliore resa del materiale (messa al 1000).

- Minor consumo energetico.
- Alta qualità del prodotto finito con ottime caratteristiche di omogeneità, proprietà meccaniche/tecnologiche, tolleranza dimensionale e qualità superficiale.
- Produzione di prodotti di alta qualità, trattati termicamente ed ispezionati in linea, evitando così ulteriori trattamenti fuori linea.
- Riduzione della movimentazione dei semi-prodotti.
- Minori costi finanziari legati all'immobilizzazione dei prodotti semifiniti, da un ciclo all'altro.

ABS LUNA (Acciaierie Bertoli Safau, Udine-Italy) è il primo impianto ECR® per acciai speciali e non in funzione al mondo ed è in operazione in Italia dall'autunno 2000. La sua entrata in funzione ha segnato l'inizio di una nuova era nella produzione di prodotti lunghi. Dopo cinque anni, i risultati operativi dell'impianto ABS LUNA hanno confermato buona parte degli obiettivi prefissati e dei valori di parametri operativi stimati all'origine, nel caso di produzione di acciai speciali e quasi totalmente nel caso di acciai commerciali. Quest'articolo illustra in dettaglio le caratteristiche dell'impianto e presenta gli ultimi risultati ottenuti con i relativi aspetti.

PAROLE CHIAVE: acciaieria, produzione, impianti, processi

PRODUZIONE IMPIANTO

L'impianto è progettato per una capacità produttiva di 500,000-ton/anno di acciai speciali che potrebbe raggiungere gli 850,000-ton/anno circa nel caso di produzione di acciai commerciali, basata su una produzione nominale media di 90

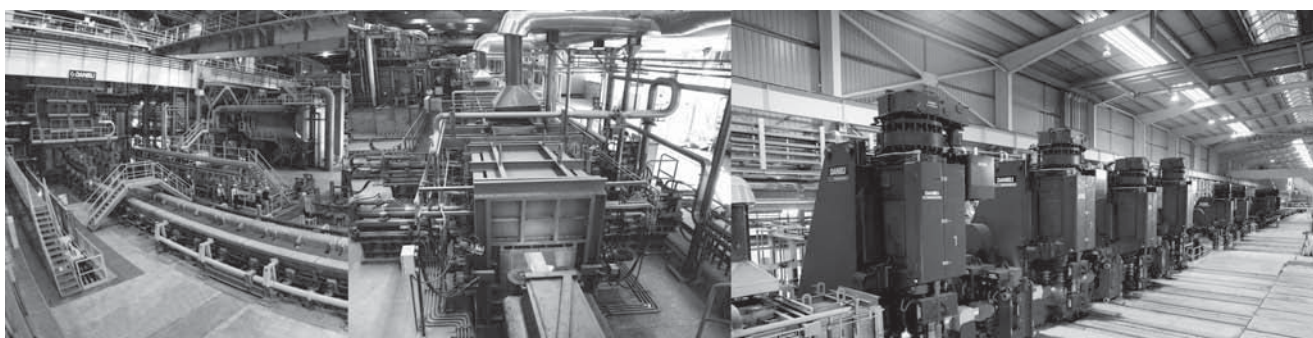
ton/ora. La gamma comprende barre tonde con diametro 20-100 mm, barre quadre 40-100 mm e barre tonde 15-50 mm in matasse (con peso "customizzato" su specifica richiesta del Cliente).

I tipi di acciai prodotti comprendono una varia gamma di qualità per l'industria meccanica e per automobilistica. L'impianto di laminazione è alimentato in diretta con blumi 200x160 mm e 240x200 mm prodotti alla colata continua ad alta velocità.

La colata continua ad alta velocità è stata progettata con particolare attenzione all'ottimizzazione del flusso di acciaio nella lingottiera e nella panieriera e ottimizzando l'efficienza del cir-

Franco Alzetta

Consigliere Delegato Danieli & C, Spa - Udine



▲
Fig. 1

Vista dell' impianto ECR® Luna di ABS.

View of the "Luna" ECR® plant.

cuito di raffreddamento primario. Altre caratteristiche importanti sono il banco oscillante a movimentazione idraulica (l'ampiezza delle oscillazioni dipende dalla velocità di colata) e l'alto grado di automazione che include dei sistemi avanzati di prevenzione, guasti e/o errori.

Assolutamente unico il sistema rivoluzionario brevettato "a cartuccia" per l'estrazione e il cambio automatico dei settori curvi delle linee di colata, per la manutenzione programmata e per quella straordinaria, senza l'ausilio delle gru di servizio (il tempo per il cambio è di 10 minuti, escluso il tempo di intervento per manutenzione).

Due cassoni di raffreddamento diretto (tempra superficiale) sono installati subito dopo la colata continua. Il loro scopo è quello di prevenire la precipitazione al bordo-grano dei Nitruri di Alluminio (AlN), principalmente negli acciai a basso/medio contenuto di carbonio "calmati" con l'alluminio. Questo sistema, patentato universalmente, quasi è l'unico che permetta una laminazione diretta di certi tipi di acciai.

Un forno a tunnel è posizionato tra la colata continua ed il laminatoio, che in combinazione con degli induttori posizionati alla fine di esso, provvede ad alimentare il laminatoio con un blumo dalla temperatura appropriata e costante sia nella sezione che nella lunghezza. Il forno ad induzione nella zona finale del forno a tunnel è usato oltre che per raggiungere l'ottima distribuzione della temperatura, anche per elevare la temperatura degli acciai inossidabili austenitici e per aumentare la flessibilità produttiva dell'impianto.

La laminazione diretta attraverso il forno a tunnel implica un sostanziale risparmio di tempo e di energia nelle operazioni di riscaldamento, una riduzione nella formazione di scaglia, nonché un miglioramento della qualità della superficie/sezione del blumo, eliminando la decarburazione sulla superficie dello stesso.

Il laminatoio si compone di 17 gabbie di laminazione del tipo

compatto "a cartuccia" in disposizione H e V, collegato con un dispositivo di cambio in automatico delle unità di laminazione, che permette un cambio di produzione in meno di cinque minuti. Due robot sono utilizzati per collegare automaticamente la zona del laminatoio e dell' officina, dove le nuove unità di laminazione, sono già pulite e pre-assiate pronte per essere inserite al posto di quelle usate.

Per ottenere i prodotti con alta qualità superficiale, il laminatoio è fornito di una serie di discagliatori rotanti ad acqua. I primi sono disposti all'entrata del laminatoio, i secondi lungo la linea di laminazione.

Le tolleranze finali per i tondi (fino a 1/8 DIN 1013) sono ottenute usando un blocco calibratore/finitore a cinque-passi Kocks-Danieli (RSB) con due unità automatiche di controllo dimensionale.

La linea di raffreddamento controllato prima del blocco calibratore/finitore RSB, è usata per garantire il controllo della temperatura prima dell'ultima laminazione sullo stesso (Laminazione a bassa temperatura LTR o normalizzazione). La linea di raffreddamento è in grado di controllare la temperatura di laminazione all'interno di una gamma di 700-1000°C per tutti i tondi finiti più piccoli di 40 millimetri, ed all'interno di una gamma di 800-900°C per i tondi più grossi, senza diminuzione della produttività.

Dopo il laminatoio, il sistema di raffreddamento diretto avente lunghezza totale di 90 m (DQS) è usato sia per raffreddare e controllare il materiale prima del forno di trattamento di ricottura in linea (ONA-Chamber), o appena raffreddato sulla placca di raffreddamento. L'ONA-Chamber così chiamata, posizionata in linea con la placca di raffreddamento, consiste in un forno a temperatura controllata in cui gli strati delle barre sono trasportati per completare i trattamenti già iniziati nel laminatoio (raffreddamento lento, trattamento di ricottura o tempra in linea).



◀
Fig. 2

Sistema di cambio settori curvi sulla CCM.

Automatic "cartridge" system to automatically remove and replace the curved sectors of the casting strand.



▲
Fig. 3

Vista del laminatoio ECR® Luna.

View of the "Luna" ECR® rolling mill.



▲
Fig. 4

Il blocco calibratore RSB.

RSB sizing/finishing block.

La linea di finitura e di ispezione/controllo sono l'ultimo punto significativo del processo di produzione in linea. La linea di finitura barre si compone di: un cassone di raffreddamento finale, una macchina di sabbiatura, quattro macchine troncatrici a disco abrasivo, due stazioni di controllo non-distruttivo (NDT), una stazione di impaccatura, di legatrici e di una stazione di raccolta finale. Le zone di controllo non-distruttivo NDT consistono di due linee di controllo ad alta velocità (fino a 2 m/s) con ultrasuoni e correnti parassite (EC) sia per le barre rotonde che quadrate. Tutti i componenti meccanici della stazione di finitura sono progettati e realizzati per evitare danni superficiali al prodotto finito.

La produzione di barre in rotoli e la linea di finitura si compone di due bobinatrici Garrett dotate speciali dispositivi per la manipolazione dei rotoli, di un tappeto di raffreddamento controllato con cappe di contenimento calore, di una pressa compattatrice e di legatrici con stazione di raccolta rotoli.

Un sistema di automazione per il controllo delle varie operazioni e per il controllo di processo assistito dall'elaboratore garantisce il controllo in automatico dell'intero impianto, con la simulazione di sviluppo del processo da acciaio liquido al prodotto finito. L'architettura di automazione usa estesamente dei pc per effettuare le funzioni di controllo (Livello 2) collegate via rete Ethernet ai vari Livelli 1 delle unità logiche di

processo (PLC).

La simulazione è costituita dal modello del sistema che genera automaticamente i valori ottimali di messa a punto per registrare ed effettuare le variabili trattate all'interno del sistema di controllo qualità (QCS).

PRINCIPALI TRATTAMENTI TERMICI IN LINEA

I benefici tecnologici principali dell'impianto ABS LUNA ECR® vengono

dalla possibilità effettuare sullo stesso, trattamenti termici in linea, sia per la produzione di barre dritte sia per le barre in rotolo. Adeguati sistemi di finitura (alcuni di loro assolutamente innovativi quali ONA Chamber), permettono di completare molti dei trattamenti termici in linea già iniziati nel laminatoio (ad esempio laminazione a bassa temperatura LTR e trattamento termico di tempra superficiale diretta DQS)

Linee LTR & DQS

Presupponendo la vasta gamma degli acciai da produrre nell'impianto ABS Luna sono installati tre cassoni di raffreddamento ad acqua prima della gabbia di laminazione finitrice, per il controllo della

temperatura, prima di entrare nel blocco calibratore/finitore RSB per permettere la laminazione a bassa temperatura.

Ogni cassone di raffreddamento ad acqua è controllato indipendentemente da una valvola di regolazione dedicata e può funzionare basato sul modello di controllo della temperatura o di flusso.

La linea di 90-m DQS, composta da un insieme di cassoni ad acqua, è installata dopo il blocco calibratore/finitore RSB e tratta la gamma di barre tonde dal 20 al 100 mm con una produttività fino a 130 t/ora. Il DQS (Sistema di tempra diretta) è usato per il raffreddamento delle barre o per il controllo della



▲
Fig. 5

ONA-Chamber.

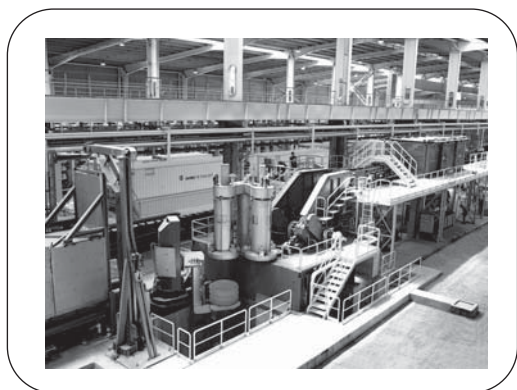
ONA-Chamber.



▲
Fig. 6

Sistema DQS.

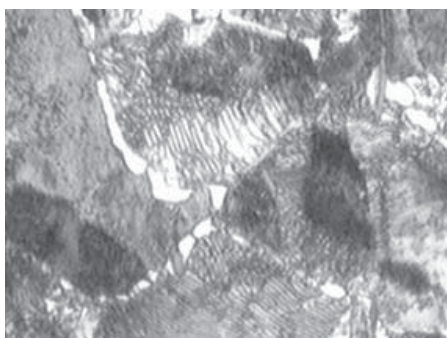
DQS system.



▲
Fig. 7

La linea di produzione barre in rotoli.

The Bar-in-coil production Line.



▲
Fig. 8

Prodotto ricotto in ONA-Chamber (42 CrMo 4, 500 x).
Product annealed in the ONA-Chamber (42 CrMo 4, 500 x).

temperatura prima di entrare nel forno di ricottura o rinvenimento (bonifica) in linea (ONA Chamber). I cassoni acqua del DQS (che alloggiavano 4 linee ciascuno) permettono il cambio rapido della linea, in combinazione all'ampia gamma di produzione e dei piccoli lotti prodotti dell'ABS.

ONA Chamber.

ONA-Chamber consiste in un forno del tipo a suola mobile in linea per il trattamento di ricottura o rinvenimento di barre quadrate con diametro da 35 a 105 mm e barre quadre da 40 - 100 mm, con lunghezze di 54 m.

ONA-Chamber viene caricato/scaricato lateralmente tramite via a rulli. Il combustibile usato è gas naturale dove sono installati dei bruciatori di nuova concezione ad elevato risparmio energetico e con sistemi di circolazione dell'aria all'interno del forno che ne garantiscono l'omogeneità di temperatura.

Un sistema avanzato di processo e controllo denominato QCS è controllato da un sistema di termocoppie che, per mezzo di software dedicato, permette di controllare la temperatura e verificare l'omogeneità termica del forno stesso. Questo sistema inoltre è dotato delle funzioni statistiche di controllo di processo.

La temperatura del materiale quando è caricata nel forno può variare fra 100°C e 750°C

Tempra e rinvenimento

Il trattamento di tempra e rinvenimento richiede che il materiale debba essere raffreddato uniformemente con il sistema DQS da 950÷900°C a 150°C e successivamente riscaldato in ONA-Chamber da 150 a 700°C. Le barre entrano nella zona di preriscaldamento a 150°C e gradualmente raggiungono la temperatura desiderata.

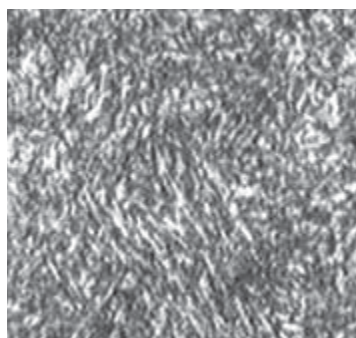
Ricottura di cesoiabilità

Tale ciclo di raffreddamento lento richiede che il materiale sia raffreddato continuamente ed omogeneamente ad una temperatura compresa tra 750 e 550°C.

Risparmi economici grazie ad ONA-Chamber

- Bassi costi di esercizio

Il concetto del laminatoio in linea permette la riduzione dei costi confrontata con i processi tradizionali di trattamento ter-



▲
Fig. 9

Prodotto Temprato e rinvenuto in ONA-Chamber (42 CrMo 4, 500 x).
Product quenched and tempered in the ONA-Chamber (42 CrMo 4, 500 x).

I trattamenti termici in linea associati con i controlli NDT assicurano un tempo sufficientemente breve tra la laminazione vera e propria e la consegna del prodotto sul mercato.

Linea barre-in-rotoli

La linea produzione di barre in rotoli è iniziata nel febbraio 2001.

Da allora, come primo al mondo, produce rotoli del peso fino a 4 t ciascuno dallo stesso blumo di partenza colato in continuo.

In questo modo si può fornire il mercato di rotoli con pesi dello stesso "su misura", secondo la richiesta specifica del cliente.

Le cappe di contenimento calore posizionate dopo le bobinatrici Garret, permettono di ottenere un trattamento termico in linea per acciai al Cr, Cr-V, Manganese-Cr, Acciai Manganese-Mo-b. Con la laminazione a bassa temperatura (LTR) e le cappe di contenimento calore, si riesce ad evitare la ricottura fuori linea delle bobine, realizzando le proprietà come quelli indicati nel capitolo seguente.

A valle delle bobinatrici sono installate anche delle vasche di tempra per la solubilizzazione in linea degli acciai inossidabili austenitici.

Risultati e prestazioni

Il seguente capitolo segnala i risultati ottenuti grazie alla linea di trattamento termico di ABS Luna.

È da notare che, oltre a quei trattamenti direttamente collegati alla produzione specifica dell'ABS sono stati sviluppati in ABS altri processi e qui presentati per evidenziare la potenzialità del trattamento termico di ABS Luna.

La Tab. 1 indica l'elenco dei trattamenti in linea nell'impianto LUNA ECR®.

Trattamento di ricottura isoterma per barre tonde

Con la ricottura isoterma, le barre trattate possono avere caratteristiche meccaniche che sono più adatte alle lavorazioni comuni, le quali devono essere lavorate con precisione, così come la cesoiabilità a freddo delle parti che devono allora essere forgiate. Questo processo coinvolge la laminazione a temperatura controllata per affinare il grano austenitico e per

mico (diminuzione di oltre il 60% dei costi rispetto ai trattamenti tradizionali fuori linea), per risparmi energetici, movimentazione prodotti, logistica, etc.

- Alta flessibilità

Il mix di prodotti garantito è elevato e non sono necessari cariche separate nel forno e stop produttivi dovuti alle diverse tipologie di carica.

- Alta produttività

ONA-Chamber è stata progettata per mantenere il rendimento del laminatoio a 60-100 tonnellate/ora, rispetto al prodotto trattato ed al tipo di produzione.

- Tempi di attesa ridotti al minimo

Trattamento Treatment	Tipo di acciaio Type of Steel	Grado Grade	Tipo di processo Type of Process
Linea barre Bar line			
Ricottura Annealing	C, Mn-Cr, Cr, Cr-Mo, Cr-V, Si-Cr, Ni-Cr-Mo	C45, 16MnCr5, 42CrMo4, 50CrV4, 60SiCr7, 18NiCrMo3	Laminazione Termo controllata o a bassa temperatura seguita da una ricottura isoterma in ONA-Chamber Heat-controlled or low temperature rolling followed by isothermal annealing in the ONA-Chamber.
Tempra e rinvenimento Quenching and tempering	Cr, Cr-Mo, Ni-Cr-Mo	Cr, Cr-Mo, Ni-Cr-Mo 40Cr4, 42CrMo4, 39NiCrMo3	Laminazione Termo-controllata seguita da trattamento di tempra diretta Direct Quenching sulla linea DQS e rinvenimento in ONA- Chamber. Heat-controlled or low temperature rolling followed by isothermal annealing in the ONA-Chamber.
Ricottura di solubilizzazione Solution heat-treatment	Cr-Ni	X5CrNi1810	Laminazione Termo-controllata seguita da trattamento di tempra diretta Direct Quenching sulla linea DQS. Heat-controlled rolling followed by Direct Quenching on the DQS line.
Raffreddamento accelerato Fast cooling	C, C-Cr, Microlegato Microalloyed	C70, 100Cr6	Laminazione Termo-controllata seguita da trattamento di raffreddamento veloce in Direct Quenching sulla linea DQS. Heat-controlled rolling followed by fast cooling on the DQS line.
Linea barre in rotoli Bar-in-coil line			
Lento raffreddamento Slow cooling	C, Cr, Cr-V, Mn-Cr, Mn-Mo-B	C40, 34Cr4, 50CrV4, 16MnCr5, 0MnMoB3	Laminazione Termo-controllata seguita da trattamento di lento raffreddamento sotto cappe di contenimento calore. Heat-controlled rolling followed by slow cooling under heat retaining hoods.

▲
Tab. 1

Elenco dei trattamenti in linea nell' impianto LUNA ECR®.

List of the on-line treatments done at the LUNA ECR® plant.

ridurre il tempo di soggiorno in ONA-Chamber. La temperatura ed il tempo di mantenimento nel forno, sono collegati con le caratteristiche finali richieste. La struttura finale ottenuta si compone di ferrite e di perlite. La linea di DQS permette di controllare la temperatura in entrata al forno "ONACHamber", il quale poi termina il trattamento.

Tempra e rinvenimento di barre tonde

Il trattamento termico di tempra e rinvenimento in linea, permette di ottenere all'uscita del laminatoio un prodotto indurito al nucleo con il DQS e rinvenuto in ONA-Chamber per ottenere le caratteristiche meccaniche che un cliente richiede per quel particolare tipo di acciaio. La flessibilità nel controllo della temperatura in ONA-Chamber permette di lavorare sul tempo e la temperatura in modo da potere regolare i cicli del forno secondo la produttività richiesta e particolare trattamento.

RICOTTURA DI CESOIABILITA' DUREZZA <240 HB SHEARABILITY ANNEALING - HARDNESS <240 HB
17CRNiMoS6
20MOCrS4
25CRMoS4
35CRMo4
38MnVS5+N2
39NiCRMo3
41CRS4
42CRMoS4
35CRMn5
18NiCRMo5
34NiCRMo6

▲
Tab. 2

Acciai tipici trattati in ONA-Chamber.

Typical steels treated in the ONA-Chamber.

TEMPRA E RICOTTURA QUENCHING AND ANNEALING				
	R (N/mm ²)	Rs (N/mm ²)	Allungamento% [Elongation %]	Strizione% [Necking %]
42CRMoS4	900÷1100	750÷950	15 ± 1.5	55 ± 5
C40-45	650÷850	450÷600	17 ± 1.5	55 ± 5
39NiCRMo3	850÷1000	700÷800	15 ± 1.5	65 ± 5
40NiCRMo7	900÷1100	750÷950	15 ± 1.5	55 ± 5
34NiCRMo6	1000÷1200	800÷900	15 ± 1.5	55 ± 5
58CRMoV4	900÷1100	800÷900	15 ± 1.5	52 ± 5

▲
Tab. 3

Tabella tipica di acciai trattati termicamente.

Table showing typical heat-treated steels.

Trattamento <i>Product mm</i>	Grado di Acciaio <i>Steel Grade</i>	Linea di Processo <i>Process Line</i>	ABS Luna Trattamento termico in linea <i>ABS Luna On-line Heat Treatment</i>	Trattamento <i>Treatment</i>	Durezza (media) <i>Hardness (Average)</i>	UTS Resistenza a trazione <i>UTS Ultimate Tensile Strength</i>	Tempo di trattamento fuori linea (riscaldamento e mantenimento per prodotti tradizionali laminati a caldo) <i>Off-line Treatment Time (reheating and equali- zation for traditional hot-rolled products)</i>
Barre - Bars							
Dia 40.0	25CrMoS4	DQS + ONA <i>Chamber</i>	≤ 60 min	Ricottura <i>Annealing</i>	< 170 HB	-	Da 8 a 12 ore <i>8 to 12 hours</i>
Dia 40.0	42CrMo4	DQS + ONA <i>Chamber</i>	≤ 60 min	Ricottura <i>Annealing</i>	< 240 HB	-	Da 8 a 12 ore <i>8 to 12 hours</i>
Dia 66.5	C55	DQS + ONA <i>Chamber</i>	≤ 60 min	Ricottura <i>Annealing</i>	< 210 HB	-	Da 8 a 12 ore <i>8 to 12 hours</i>
Dia 66.0	42CrMo4	DQS + ONA <i>Chamber</i>	(**)	Bonifica <i>Hardening & tempering</i>	-	980 MPa	-
Dia 36.0	39NiCrMo3	DQS + ONA <i>Chamber</i>	(**)	Bonifica <i>Hardening & tempering</i>	-	930 MPa	-
Dia 36.0	100Cr6	DQS + ONA <i>Chamber</i>	4 ore <i>4 hours</i>	Ricottura <i>Annealing</i>	< 195 HB	-	Da 18 a 22 ore <i>18 to 22 hours</i>
Dia 73.0	X5CrNi1810	DQS	(*)	Solubilizzazione <i>Solution heat-treatment</i>	190 HB	-	-
Bars in coils							
Dia 28.0	50CrV4	Cappe <i>Hoods</i>	40 min	Ricottura <i>Annealing</i>	< 260	-	Da 8 a 12 ore <i>8 to 12 hours</i>
Dia 28.0	16MnCr5	Cappe <i>Hoods</i>	40 min	Ricottura <i>Annealing</i>	< 160	-	Da 8 a 12 ore <i>8 to 12 hours</i>
Dia 20 to 26	30MnMoB3	Cappe <i>Hoods</i>	40 min	Ricottura <i>Annealing</i>	< 170	-	Da 8 a 12 ore <i>8 to 12 hours</i>
(*) Non trattato in ONA Chamber - Not treated in ONA Chamber							
(**) Tempo di permanenza in ONA Chamber come da UTS richiesta di mercato - Stay time in ONA Chamber as per UTS market requirement							

▲
Tab. 4

Comparazione dei risultati tra trattamenti termici in linea e trattamenti fuori linea tradizionali.

Comparison between On-line Heat Treatments and Traditional Off-line Treatments.

Ricottura di sferoidizzazione per barre tonde

Il trattamento di sferoidizzazione è fatto in maniera discontinua nel forno ONA-Chamber, considerando il tempo richiesto per trasformare la struttura precedentemente formata dopo il raffreddamento controllato sulla linea di DQS, minimizzando la fase di riscaldamento e di successivo raffreddamento.

Trattamento termico in linea di solubilizzazione per gli acciai inossidabili austenitici in barre tonde.

Il trattamento termico in-linea di solubilizzazione con DQS permette di ottenere un materiale esente da precipitazione intergranulare dei carburi, e quindi senza necessità di trattamento ulteriore fuori linea. Il processo include il corretto riscaldamento nel forno di riscaldamento, laminazione alla tempe-

ratura appropriata e raffreddamento in-linea con DQS per il controllo della temperatura all'entrata del forno ONA-Chamber.

Lento raffreddamento di un rotolo sotto cappe.

Il lento raffreddamento di un rotolo sotto cappe è di tipo isoteramico, che permette di ottenere una struttura forgia-bile a freddo, che per determinati tipi di acciaio può essere raddrizzato facilmente nelle barre senza un successivo trattamento termico intermedio. Il processo coinvolge la laminazione a temperatura controllata e successivo avvolgimento in rotolo. Il parametro obbligatorio di controllo è la temperatura minima all'entrata del tunnel di raffreddamento, oltre che la corretta temperatura di fine lamina-zione.

RIASSUNTO DI RISULTATI TECNOLOGICI E LIVELLI DI QUALITÀ/PRODOTTO RAGGIUNTI AD ABS LUNA.

Comparazione tra trattamenti termici in linea e trattamenti fuori linea tradizionali.

A partire dalle prime prove nel Luglio 2001, per la prima volta nel mondo, la ricottura in linea è stata realizzata sugli "engineering steel" presso l'ABS Luna.

Alcuni risultati e confronti significativi sono riportati nella Tab. 4.

Ispezione in linea e controllo qualità

L'ispezione e il controllo qualità in linea di Luna in ABS sono uno dei punti più significativi di un processo di produzione continuo che permette di fornire al mercato i prodotti di alta qualità che non richiedono qualunque altro trattamento fuori linea.

Le linee di NDT sono alimentate con le barre laminate che non richiedono raddrizzatura.

La rettilineità delle barre del laminatoio di Luna all'uscita

della placca di raffreddamento sono già in conformità con i requisiti delle unità di controllo (i.e.: inferiore a 2 mm/m).

CONCLUSIONI

Dopo diversi anni di funzionamento e con l'intera gamma di acciai colati e laminati con successo, i risultati dell'impianto di LUNA ECR® confermano completamente le valutazioni di partenza ed i benefici previsti, rendendo ABS uno degli impianti per acciai speciali a più alta produttività, efficienza ed economicità in Europa. Inoltre il processo di colata e laminazione in continuo, se ha dimostrato una certa criticità o limitazione di applicazione nel caso di acciai speciali, dove i lotti di produzione sono sempre meno limitati, ha confermato la piena validità nel caso di tipologie di acciai dove i lotti prodotti sono di svariate centinaia di tonnellate almeno, come appunto gli acciai commerciali. In questo caso la tecnologia di colaggio in continuo a velocità elevate è fondamentale sia per la produttività oraria elevata con una o due linee soltanto, sia la collegabilità con il laminatoio in relazione alla velocità minima di laminazione alla prima gabbia.

ABSTRACT

THE "LUNA" "DIRECT CASTING & ROLLING" PLANT AT ABS: DEVELOPMENTS AND RESULTS FROM STARTUP TO 2006

Keywords: steelmaking, production, processes, plants direct casting and rolling

The "ECR" Endless Casting Rolling process is the latest significant innovation in Minimills for long products in both special steels and quality commercial steels.

The process, based on uninterrupted production from liquid steel to finished product, including the corresponding heat treatments and on-line inspection facilities, allows producers to save up to an estimated 50 euros/ton on production costs for special steels (or up to 20 euros/ton for commercial steels).

The ECR process is based on a direct link between the high-speed

conticaster and the rolling mill through an in-line equalizing tunnel furnace. This means "non-stop" rolling of blooms coming from the caster and therefore uninterrupted rolling in the rolling mill as well. The main advantages of the process are:

- *Higher production capacity per casting strand.*
- *Higher plant efficiency.*
- *Higher material yield.*
- *Less energy consumption.*
- *High finished product quality with excellent homogeneity, mechanical/technological properties, dimensional tolerance and surface quality.*
- *Production of high-quality products that are heat treated and inspected in line, thereby eliminating the need for any further off-line treatments.*
- *Less handling of semifinished products.*
- *Reduction in costs related to immobility of semifinished products from one cycle to another.*

ABS LUNA (Acciaierie Bertoli Safau, Udine-Italy) is the first ECR plant in the world for special and other steels and has been in operation in Italy since the fall of 2000. Its coming-on-stream marked the beginning of a new era in the production of long products. After five years, the operating results of the ABS LUNA plant confirmed a large part of the goals and operating parameters that were defined at the start with respect to the production of special steels, and almost all of them in the case of commercial steels.

This article illustrates in detail the features of the plant and shows the latest results obtained.

The plant is designed to produce 500,000 ton/year of special steels, a figure that could reach approximately 850,000 ton/year for commercial steels, based on a nominal average production of 90 ton/hour. The range includes round bars in diameters from 20-100 mm, square bars from 40-100 mm and round bars in coil from 15-50 mm (in "customized" weights specifically requested by the Customer).

Production includes a wide range of steels for the mechanical and automotive industry. The rolling mill is directly fed with 200x160-mm and 240x200-mm blooms cast at high speed in the conticaster.

The high-speed caster was designed with particular emphasis placed on optimizing the steel flow in the mould and tundish as well as the efficiency of the primary cooling circuit. Other important features are the hydraulic oscillating tables (oscillation amplitude depends on casting speed) and the high level of automation that includes advanced failure and/or error prevention systems.

The revolutionary patented "cartridge" system is unique; it is used to automatically remove and replace the curved sectors of the casting strand during both scheduled and unscheduled maintenance, without the use of a service crane (changing time is 10 minutes, not including maintenance time).

Two direct cooling boxes (surface quenching) are installed right after the conticaster for the purpose of preventing grain boundary precipitation of aluminum nitrides (AlN), mainly in low/medium carbon aluminum "killed" steels. This universally patented system is almost the only one that can directly roll certain types of steel.

A tunnel furnace is placed between the conticaster and the rolling mill, which, together with the inductor coils placed at the end of it, feeds the rolling mill with blooms at the right constant temperature both in section and length. In addition to obtaining optimum temperature distribution, the induction furnace at the end of the tunnel furnace is also used to raise the temperature of austenitic stainless steels in order to make production more flexible.

Direct rolling through the tunnel furnace saves considerable time and energy in reheating operations, reduces scale formation and improves the surface/sectional quality of the bloom, eliminating the need for surface decarburation.

The rolling mill is made up of 17 compact "cartridge" type stands placed in H and V configuration and connected to an automatic roll unit changing device, meaning that production changes can take less than five minutes. Two robots are used to provide an automatic link between the rolling area and the shop, where the new roll units, already cleaned and pre-assembled, are ready to replace the used ones.

To obtain products with high surface quality, the rolling mill is equipped with a series of rotary water descalers. The first ones in the series are located at the entrance of the rolling mill while the others are placed along the rolling line.

Final tolerances for rounds (up to 1/8 DIN 1013) are obtained using a Kocks-Danieli (RSB) 5-pass sizing/finishing block with two automatic dimensional checking units.

The controlled cooling line before the RSB sizing/finishing block is

used to ensure temperature control before the finishing block (LTR low-temperature rolling or normalization). The cooling line can keep the rolling temperature within a range of 700-1000°C for all finished rounds smaller than 40 millimeters, and within a range of 800-900°C for larger rounds, without reducing output.

After the rolling mill, the direct quenching system (DQS) covering a total length of 90 m is used to both cool and on-line treat the material before it enters the on-line annealing furnace (ONA-Chamber), or before it enters the cooling bed. The so-called ONA-Chamber, installed in line with the cooling bed, consists of a controlled temperature furnace in which the bar layers are placed to complete the treatments that began in the rolling mill (slow cooling, annealing treatment or in-line quenching).

The finishing and inspection line is the last significant part of the in-line production process and is made up of:

a final cooling box, a shotblasting machine, four abrasive-disk saws, two non-destructive testing stations (NDT), one stacking station with tying machines and one final collection station. The non-destructive testing area consists of two high-speed ultrasound and eddy current (EC) testing lines (up to 2 m/s) for both round and square bars. All the mechanical components of the finishing station are designed and made in such a way to prevent damaging the surface of the finished product.

The bar-in-coil and finishing line is made up of two Garrett coilers equipped with special coil handling devices, a controlled cooling conveyor with heat retaining hoods, a coil compactor and tying machines with coil collection station.

An automation system to control the various operations and the computer-aided process for the entire plant, with a simulation of process evolution from liquid steel to finished product. The automation system uses PCs to carry out the control functions (Level 2) connected via Ethernet to the various Level 1s of the programmable logic control units (PLC).

Simulation is carried out using a system model that automatically generates the optimum setup values to record and run the variables treated in the quality control system (QCS).

The main technological advantages of the ABS LUNA ECR® plant derive from the possibility of carrying out in-line heat treatments on both straight bars and bars in coil. The finishing systems (some of them totally innovative such as the ONA-Chamber), complete many of the on-line heat treatments that began in the rolling mill (such as for example LTR low-temperature rolling and the DQS direct surface quenching system).

In addition to the treatments directly related to ABS' specific production, the company has developed other on-line processes. Table 1 lists the on-line treatments done at the LUNA ECR? plant.

Conclusions

After several years of operation and with the entire range of steels cast and rolled successfully, the results of the LUNA ECR® plant fully confirm the initial assessments and the expected advantages, making ABS one of the most productive, efficient and economic special steel plants in Europe. Moreover, even if the casting rolling process has shown some critical points or limitations in special steel applications, it has fully confirmed its validity in steels where lots start at several hundreds of tons, as in the case of commercial steels. In this case high-speed continuous casting technology is fundamental for high hourly output on only one or two strands, as well as providing a connection to the rolling mill according to the minimum rolling speed at the first stand.