

# Miglioramento della qualità della billetta con attività di ricerca congiunte sulla colata continua per billette di alta qualità presso Valbruna - Bolzano

L. Gaspari, L. Angelini, R. Karan, F. Milani

Nel Febbraio 1992, le Acciaierie di Bolzano S.p.A. commissionarono alla VOEST - ALPINE Industrie anlagenbau GmbH e alla SIMAC S.p.A. una macchina di colata continua per billette a 2 linee con predisposizione per una terza linea. 11 mesi dopo l'assegnazione del contratto, la macchina ad alta prestazione venne avviata nel Dicembre 1992.

Parole chiave: colata continua, acciaio, impianti

Le Acciaierie di Bolzano erano specializzate nella produzione di acciai per cuscinetti e ferritici. Dopo l'acquisizione delle Acciaierie di Bolzano da parte del produttore italiano di acciaio inossidabile Acciaierie Valbruna nel 1995, il mix di prodotto venne esteso con gli acciai austenitici.

La nuova strategia commerciale è stata realizzata con la ristrutturazione dell'intera acciaieria cosicché la linea di produzione già esistente (EAF, LF, VOD) è stata estesa dalla nuova linea (EAF, KOBM-S, LF).

In più la capacità della colata billette è stata incrementata mediante l'installazione di una terza linea. Questo ordine venne commissionato al consorzio VAI-BURIMEC-ISE e la partenza della colata avvenne nell'Agosto 1996.

Per ulteriori miglioramenti della qualità della billetta, un oscillatore idraulico DYNAFLEX con la guida mediante molle a foglia è stato installato da VAI nel 1998 su una linea. Il tempo di realizzazione di questo progetto fu di soli 4 mesi e il montaggio, l'installazione e la partenza furono eseguiti durante un solo turno di fermata.

La memoria descrive l'equipaggiamento tecnologico e l'esecuzione pratica della colata billette con particolare riferimento alle nuove attrezzature e ai nuovi risultati di qualità.

## ESAME GENERALE DELLA LINEA PRODUTTIVA

Quando venne presa la decisione di introdurre la produzione di acciai inossidabili austenitici, fu avanzata la considerazione riguardante il fatto che la produzione a valle era molto efficiente e che in accordo a ciò le nuove installazioni furono concentrate nell'area dell'acciaieria.

Questo è dimostrato attraverso lo schema di flusso produttivo (situazione presente e precedente) con principalmente il nuovo KOBM-S e il miglioramento della colata (figura 1). La tabella 1 illustra il mix della produzione presente e la tabella 2 riflette i processi di produzione riferito ai rispettivi gruppi di acciaio.

## COLATA BILLETTE

Come già detto, la colata billette venne installata nel 1992 e migliorata con una terza linea nel 1996. (Figura 2)

In aggiunta, venne installato un oscillatore idraulico DYNAFLEX nel 1998 per ulteriori miglioramenti di qualità. I principali dati del progetto sono mostrati nella tabella 3.

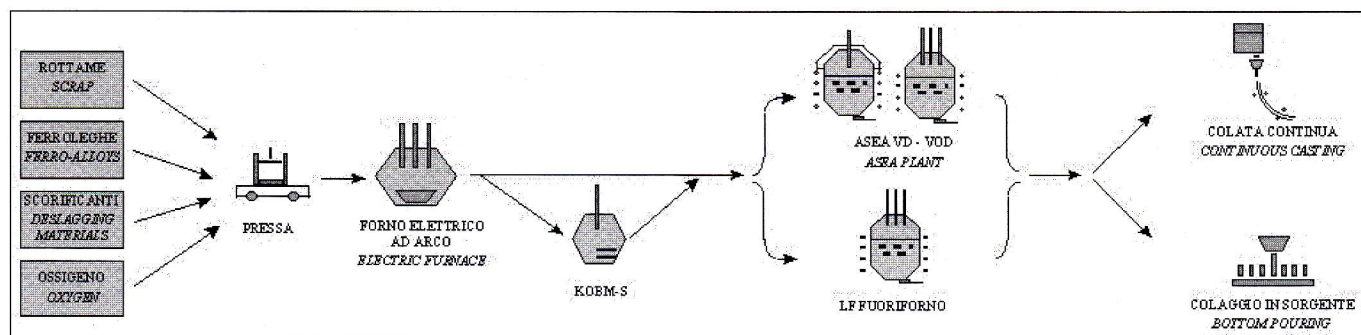


Fig. 1: Schizzo schematico del flusso di produzione.

Fig. 1: Production flow chart.

## ACCIAI INOSSIDABILI

	Martensitici	Ferritici	Austenitici	Basso legati Cuscinetti Utensili
--	--------------	-----------	-------------	--

Produzione Attuale	15 %	15 %	60 %	10 %
--------------------	------	------	------	------

Tab. 1: Mix produttivo.

Table 1: Production mix.

L. Gaspari, L. Angelini, Acciaierie di Bolzano Spa  
R. Karan, F. Milani, VOEST-ALPINE Impianti Srl

Memoria presentata al 28° Convegno Nazionale AIM  
Milano, 8-10 novembre 2000

ACCAI INOSSIDABILI

Produz. Attuale	Martensitici	Ferritici	Austenitici	Basso legati Cuscinetti Utensili
	EAF KOBM-S CC (Lingotti)	EAF KOBM-S CC (Lingotti)	EAF KOBM-S CC (Lingotti)	EAF KOBM-S CC (Lingotti)

Tab. 2: Ciclo di produzione.

Table 2: Production cycle.

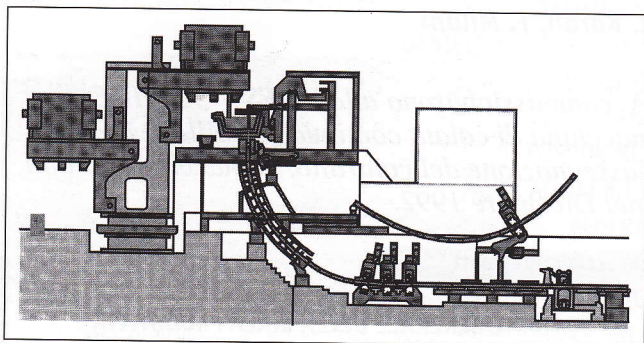


Fig. 2: Layout della macchina.

Fig. 2: Caster layout

Caratteristiche tecniche

Torretta siviera con sollevamento (4 m)  
Carro paniera a sbalzo con pesatura  
Cassetto paniera con SEN  
Lingottiera curva con EMS  
Raffreddamento Aria/Acqua  
Raddrizzatura continua  
Soft reduction in raddrizzatura  
Falsa barra rigida  
Cesoia idraulica diagonale

Numero di linee

3

Dimensioni siviera

50 t

Raggio

7 m

Lungh. metallurgica

19 m

Formato billetta e velocità di colata

quadro 145 - 2.2 m/min  
quadro 160 - 2.0 m/min

Tab. 3: Dati principali di progetto.

Table3: Project main data.

PIATTAFORMA DI COLATA E AREA PANIERA

Per migliorare la sicurezza delle operazioni, è stato introdotto un carro paniera a sbalzo. Le macchine a sbalzo non hanno alcuna rotaia sulla piattaforma di colata. Nessuno spruzzo di acciaio ferma il carro paniera cosicchè essa puo' sempre essere rimossa dalle lingottiere anche in caso di emergenza.

A causa della attuale pratica di colaggio il tundish-fly non è applicato anche se la macchina è attrezzata con questa possibilità. La geometria della paniera è ottimizzata in accordo alle necessità delle rispettive qualità dell'acciaio inossidabile e la velocità di colaggio è ottimizzata in modo tale da evitare inclusioni non metalliche. Questo richiede un'ottima posizione delle barriere e delle dighe in combinazione con la geometria della paniera per tenere sotto controllo la turbolenza dell'acciaio. In piu', il colaggio a basso surriscaldamento è la pratica standard per i tipi di acciaio che hanno tendenza alla segregazione centrale. Per gli acciai inossidabili ferritici il

colaggio con alto surriscaldamento promuove la crescita di grandi cristalli simili a colonne, che hanno effetto sulle proprietà del materiale. Per evitare perdite di calore nella paniera è stato inizialmente installato un coperchio della paniera ma in accordo con l'esperienza pratica la copertura con polvere è insufficiente, dal momento in cui la perdita di temperatura è solo approssimativamente 5 o 10 gradi per ora.

In aggiunta, questo effetto sarà considerato regolando la velocità di colaggio come una funzione del surriscaldamento (Figure 3)

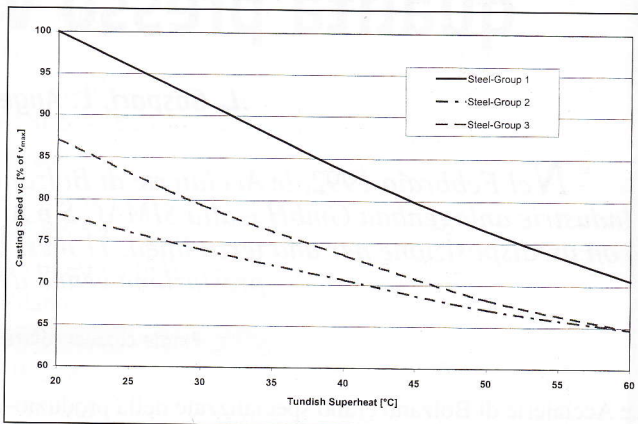


Fig. 3: Velocità di colata in funzione del surriscaldamento paniera.

Fig. 3: Casting speed vs. overheating in tundish.

L'agitazione elettromagnetica è un altro mezzo per migliorare struttura e proprietà del materiale. Gli stirrers furono scelti in funzione di un uso economico ed efficiente della lingottiera.

TESTATA-MACCHINA: OSCILLATORE IDRAULICO DYNAFLEX CON GUIDA SENZA USURA

Il miglioramento della qualità metallurgica del prodotto in combinazione con la riduzione dell'usura e della manutenzione del sistema richiede un sistema di guida con alta precisione per un lungo tempo.

A causa di questo, l'oscillatore DYNAFLEX con la guida di molle a foglia in cascata è un essenziale strumento per migliorare la superficie della billetta e per incrementare la disponibilità del prodotto e della macchina (figura 4).

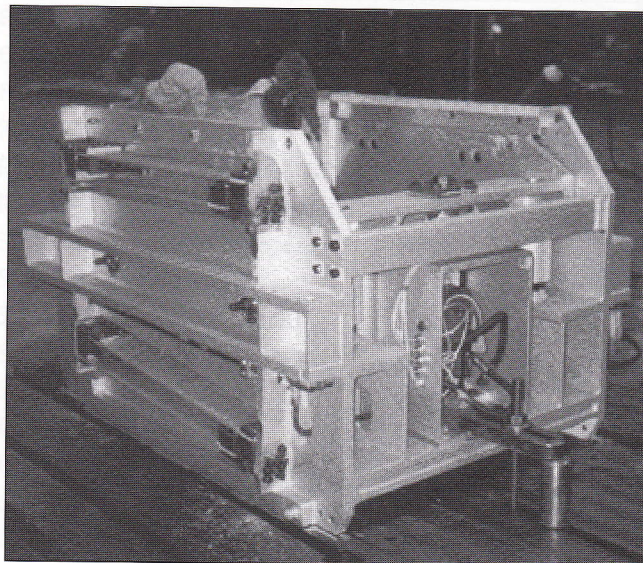


Fig. 4: Oscillatore DYNAFLEX.

Fig. 4: DYNAFLEX oscillator.

Gli oscillatori a leve soddisfano solo in parte i requisiti per una guida eccellente della lingottiera. Pertanto, un sistema di guida con molle a foglia in cascata, proveniente dalle macchine per bramme, è stato installato da VAI su una linea nel 1998. Una comparazione del comportamento dinamico tra l'oscillatore idraulico con guida con molle foglia e l'oscillatore a leve installato originariamente è mostrato nella figura 5. I vantaggi del sistema DYNAFLEX possono essere chiaramente visti.

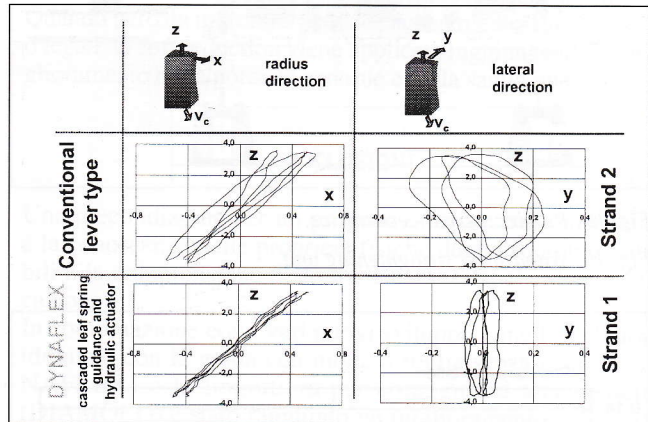


Fig. 5: Confronto della precisione di guida (60 cicli/min, 7 mm).

Fig. 5: Comparison of guidance accuracy (60 c/m, 7 mm).

L'oscillatore DYNAFLEX combina la guida con molle a foglia con un comando idraulico. I principali vantaggi di un comando idraulico sono la regolazione dei parametri di frequenza, oscillazione e corsa pienamente dinamica durante il colaggio per mezzo di un sistema on-line. (figura 6)

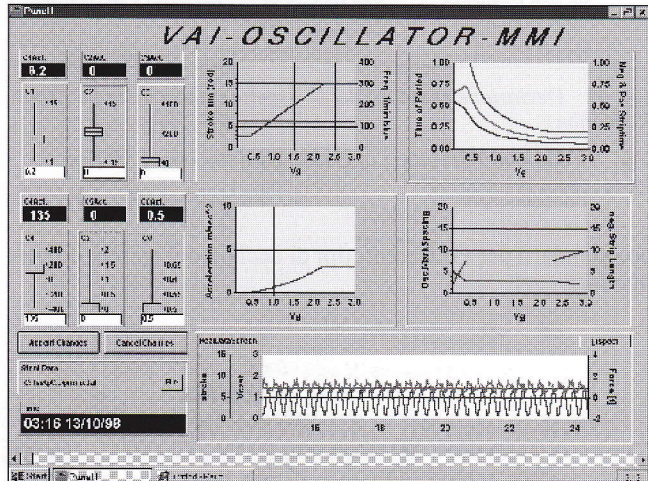


Fig. 6: DYNAFLEX - Visualizzazione on-line.

Fig. 6: DYNAFLEX - On-line visualisation.

Questo dispositivo ha anche la possibilità di cambiare la forma dell'onda in una non sinusoidale e di applicare la cosiddetta pratica di controllo con frequenza inversa.

**Benefici operativi e metallurgici:**

- Miglioramento della qualità superficiale attraverso una riduzione della profondità delle marche di oscillazione. (figura 7a/b/c)
- Manutenzione ridotta (di base nessuna manutenzione)
- Regolazione on line dei parametri di corsa, oscillazione e frequenza.
- Misurazione on-line della forza del cilindro e, come previsto per il prossimo passo, anche la forza dell'attrito della

Fig. 7a: Superficie di una billetta quadro 160 mm a 1.2m/min (AISI 304).

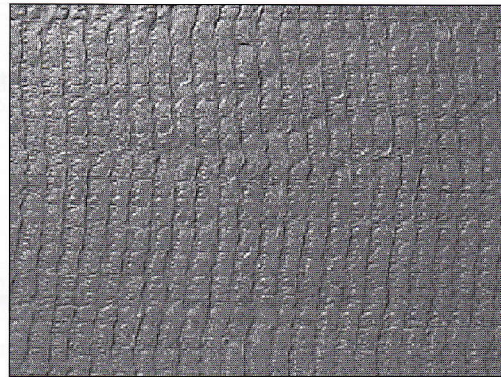


Fig. 7a: Surface of a 160 mm square billet at 1.2 m/min (AISI 304).

Fig. 7b: Macroetching of a 160mm sq 160mm a 1.2m/min (AISI 304).

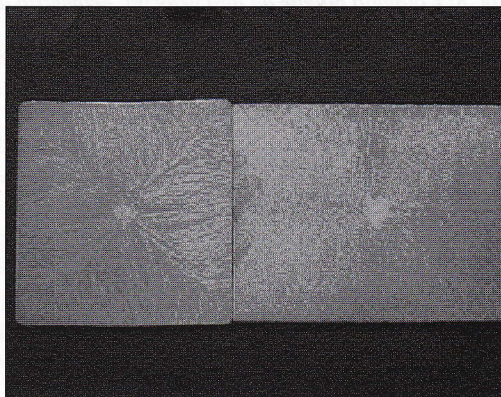


Fig. 7b: Macroetching of a 160 mm square billet at 1.2 m/min (AISI 304).

Fig. 7c: Superficie di una billetta quadro 160 mm a 1.15m/min (ferritico AISI 430L).

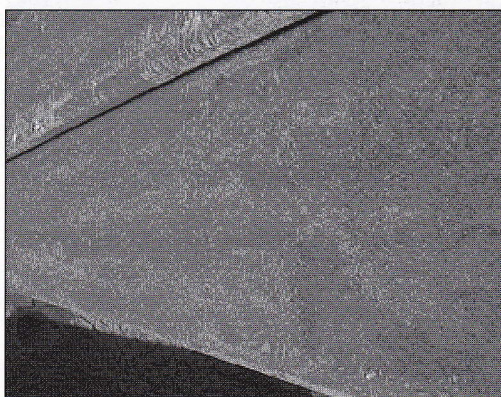


Fig. 7c: Surface of a 160 mm square billet at 1.15 m/min (ferritic AISI 430L).

linea (Rilevazione Attrito Lingottiera) in correlazione con altri parametri.

Usando tutti i vantaggi di questo sistema attraverso una messa a punto ottimizzata dei parametri, è stata raggiunta una buona qualità della superficie, che non è necessario molare. (figura 7c)

**PROVE DI COLAGGIO AD ALTA VELOCITÀ**

Il miglioramento della produttività, con risultati qualitativi almeno pari, è il principale obiettivo per il futuro. Questo è possibile solo incrementando sostanzialmente la velocità di colata.

Per raggiungere ciò, è necessaria una lingottiera con conicità ottimizzata che consenta operazioni sicure per differenti acciai e livelli di velocità.

Perciò, una campagna di prova con la lingottiera ad alta velocità della VAI, la cosiddetta DIAMOLD, è stata eseguita per vari tipi di acciaio.

La forma della lingottiera è caratterizzata da un'elevata conicità nel centro faccia (figura 8) che provvede alla crescita omogenea della pelle e a una ridotta conicità nell'area di spigolo nella parte più bassa della lingottiera da cui consegue

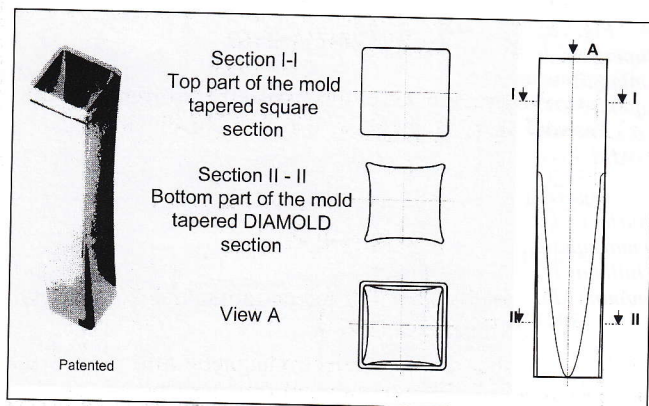


Fig. 8: Colaggio billette ad alta velocità, geometria della lingottiera DIAMOLD.

Fig. 8: High speed billet casting, mould geometry of DIAMOLD.

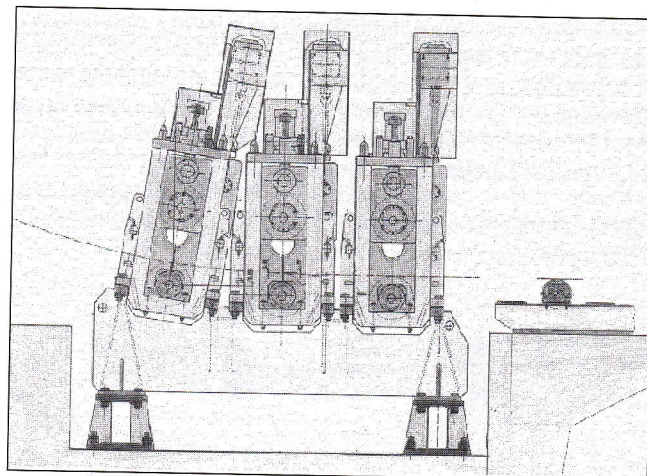


Fig. 10: Raddrizzatrice - estrattrice.

Fig. 10: Withdrawal straightening unit.

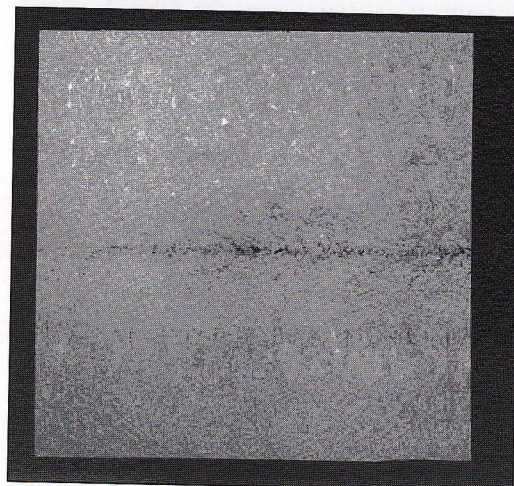


Fig. 9a: Macro di una billette quadro 160 mm a 1.2 m/min (AISI 410).

Fig. 9a: Macro-etching of a 160 mm square billet at 1.2 m/min (AISI 410).

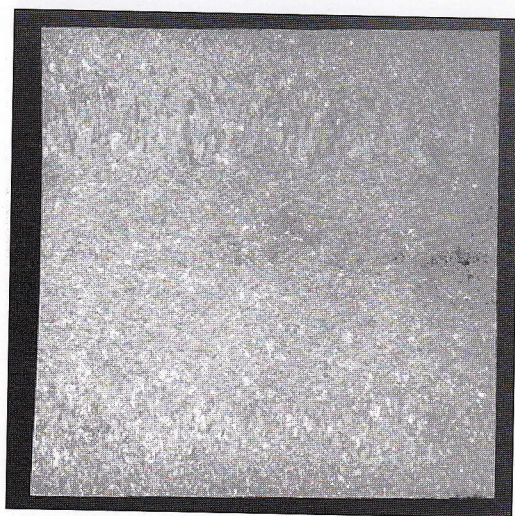


Fig. 9b: Macro di una billette quadro 160 mm a 1.6 m/min (AISI 410).

Fig. 9b: Macro-etching of a 160 mm square billet at 1.6 m/min (AISI 410).

una limitazione degli sforzi di attrito. Generalmente i risultati di qualità e l'affidabilità di queste prove sono state sorprendentemente buone ottenendo circa il 30% di aumento della velocità di colata. Occorre dire che non ci sono stati problemi di aumento dell'indice di brakout, segno di una buona indicazione di una omogenea solidificazione nella lingottiera. Un confronto tra i risultati di colaggio di un tipo di acciaio AISI 410 con due differenti velocità è mostrata nella figura 9a/b. Il prossimo passo di questo programma di sviluppo è introdurre la possibilità di un colaggio ad alta velocità nelle prati-

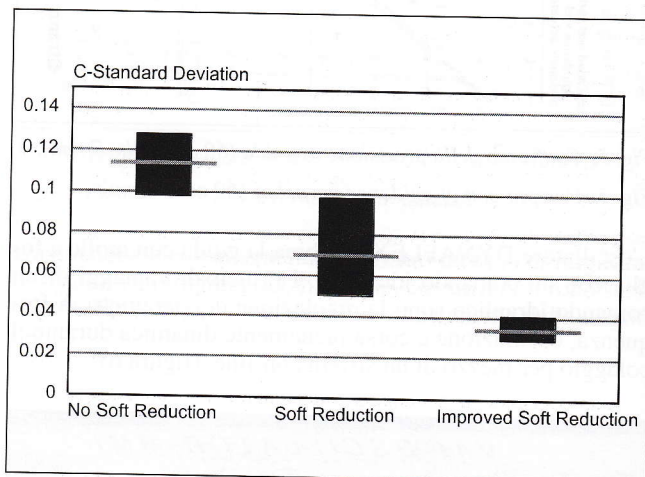


Fig. 11: Deviazione standard del C rispetto all'uso della SR (Soft-Reduction).

Fig. 11: Standard deviation of C as regard the use of SR (soft Reduction).

che standard per i differenti tipi di acciaio del campo di produzione.

### RADDRIZZATRICE / ESTRATRICE

L'unità di estrazione installata è del tipo cosiddetto "frame type" con tre gabbie indipendenti per linea, con vantaggio per una facile manutenzione, cambio di attrezzature e la possibilità di applicare la soft-reduction (figura 10). Durante la fase di partenza molte campagne di prova con acciai al carbonio (tipicamente 100Cr6) sono state fatte per determinare l'influenza della soft-reduction sulla qualità interna principalmente rispetto alla segregazione del C e alla porosità centrale.

Come mostrato, le tre posizioni sono disegnate per una certa capacità di laminazione, esse sono capaci ciascuna di schiacciare la billette di 2-mm in spessore (totale 6 mm). La messa a punto è facile da eseguire prima della partenza della colata.

La velocità di colata e il raggio sono stati progettati per avere, in corrispondenza della raddrizzatrice, una adatta frazione solida in modo da ottenere nel centro della billette la deformazione ottimale della zona bifasica.

I risultati della tecnologia applicata a Bolzano sono riportati

nella figura 11, dove viene mostrato il fattore della segregazione del C (misurazione fatta mediante trapanatura e analisi chimica).

Partendo dal valore medio di 0.11 come indice di segregazione, è stato facile raggiungere un valore di 0.07 come pratica industriale standard. Un miglior valore di circa 0.03 è stata raggiunta con una geometria della lingottiera modificata.

Bolzano ha poi cambiato proprietà e da allora la macchina è stata dedicata interamente al colaggio degli acciai inossidabili dove non ci sono problemi di segregazione del carbonio.

Quando però la macchina produce acciai medio/alto carbonio o legati, la soft reduction viene applicata raggiungendo un miglioramento della porosità centrale e della sanità interna.

### CONCLUSIONI

Una preconditione per un progetto ottimale della macchina è la conoscenza delle proprietà fisiche degli acciai inossidabili e la comprensione delle varie caratteristiche di solidificazione.

In combinazione con i vari nuovi sviluppi come l'oscillatore idraulico con la guida con molle a foglia senza usura (DYNAFLEX) o la lingottiera per colaggio ad alta velocità (DIAMOLD) è stato raggiunto un miglioramento della qualità e della produttività.

è programmata l'installazione di questi particolari pacchetti di tecnologia sulle altre linee.

In conclusione, questi strumenti, grazie alla loro flessibilità, consentono di realizzare futuri miglioramenti, in modo da poter fronteggiare le crescenti richieste di qualità del mercato.

### RINGRAZIAMENTI

Per la collaborazione e l'ampia assistenza, vorremmo ringraziare Mr.Puhls, Mr.Alghisi, e i colleghi di Valbruna e di VAI.

### RIFERIMENTI

- [1] Di Caprio, Milani: "Gli Acciai Inossidabili", Hoepli Milano, 3<sup>rd</sup> Edizione (1997)
- [2] Fuchshuber, Spiess: "Electromagnetic Stirring and Soft Reduction", 7<sup>th</sup> International Casting Conference, Linz (1996)
- [3] Hoedl, Frauenhuber: "VAINOX", Shanghai Stainless Steel Expo '99, (1999)
- [4] Milani, et al.: "Continuous Casting of Billets in the Works of Acciaierie di Bolzano", 25<sup>th</sup> national convention of Associazione Italiana di Metallurgia, Milan (1994)
- [5] Moerwald, Schoenhuber, Kohl: "Modern High Speed Casting Technology for Billet Casting", The institute of Materials, London, 4, (1998)
- [6] Moerwald, Frauenhuber, Spiess, Jintur: "Upgrading Billet Casters for High Speed Casting", 37<sup>th</sup> Annual conference of Metallurgists, CIM, Calgary (1998)
- [7] Moerwald, Schoenhuber, Kohl: "Modern High Speed Casting Technology for Billet Casting", The institute of Materials, London, 4, (1998)

## ABSTRACT

### "THE WAY TO BEST SURFACE QUALITY: JOINT RESEARCH ACTIVITIES AT THE HIGH QUALITY BILLET CASTER AT VALBRUNA - BOLZANO

In February 1992, Acciaierie di Bolzano S.p.A., placed an order with VOEST-ALPINE Industrieanlagenbau GmbH and SIMAC S.p.A. for a 2-strand continuous billet caster with provision for a 3rd strand for the production of ball-bearing steel and ferritic steel grades.

After the acquisition of Acciaierie di Bolzano by the Italian stainless steel producer Acciaierie Valbruna in 1995, the product mix was extended with austenitic grades. This new commercial strategy has been realized through the revamping of the whole steel-plant so that the already existing production line (EAF, LF, VOD) was extended by the new line (EAF, KOBM-S, LF).

In addition the capacity of the billet caster was increased by installing a 3rd strand in August 1996. For further improvement of the billet quality a hydraulic DYNAFLEX oscillator with leaf spring guidance was installed by VAI in 1998 at one strand. Existing electromagnetic stirring was used for ferritic

grades to improve the material structure and properties.

Improving metallurgical product quality in combination with reducing wear and maintenance of the system calls for a mold guiding system featuring high accuracy over a long operation time. Because of this the DYNAFLEX oscillator with cascaded leaf spring guidance and with a hydraulic drive is an essential tool for improving billet surface quality and to increase yield and caster availability.

Metallurgical and operational benefits were achieved such as improvement in surface quality, no maintenance, on-line adjustment of stroke, frequency and oscillation pattern

Nowadays the improvement of the productivity under consideration of at least equal quality results is only possible by substantially increasing the casting speed. A mold with optimized taper is necessary to allow safe operation for different steel grades and speed ranges. A test campaign with the special design mold DIAMOLD, has been done for several steel grades.

In the paper the results of the tests are described as well as other features of the continuous casting machine properly set up for a high quality level production.