

Recenti progressi e aspetti futuri nell'automazione in colata continua

H. Preissl, W. Obermann, N. Hübner, P. Juza, P. Schrack

I sistemi di automazione disponibili per il colaggio continuo sono ora altamente sviluppati e stanno diventando sempre più integrati. La qualità del prodotto è il più importante aspetto e lo sviluppo delle funzioni avanzate di controllo qualità ora rende in grado il produttore dell'acciaio di ottenere il massimo potenziale dall'impianto e dagli equipaggiamenti installati.

VAI ha lavorato nel settore dell'automazione di colata dall'inizio degli anni '80. Il notevole progresso raggiunto nello sviluppo dei sistemi tecnologici di controllo, come l'implementazione di modelli di processo e di sofisticati metodi di manipolazione e l'informazione di qualità del prodotto, ha progressivamente migliorato la qualità del prodotto colato. Questo rappresenta il maggiore passo per una produzione più efficiente e competitiva.

Parole chiave: colata continua, impianti e attrezzature

INTRODUZIONE

La qualità del prodotto è il più importante aspetto del colaggio in continuo – e l'automazione è l'elemento chiave nel raggiungimento dei più alti standards della qualità del prodotto. La disponibilità delle funzioni avanzate di controllo qualità ora rende in grado l'utente di ottenere il massimo potenziale dall'equipaggiamento installato.

La Divisione di Automazione della VAI ha lavorato sulle soluzioni di controllo-qualità automatico per il colaggio continuo dagli inizi degli anni '80. Il continuo sviluppo dei sistemi tecnologici di controllo, come i modelli di processo e i cosiddetti archivi di dati qualità, ha progressivamente migliorato la qualità del prodotto colato.

Ci sono stati altri importanti sviluppi nell'automazione. Per esempio, diventano disponibili sistemi di automazione modulari pronti all'uso i quali accelerano l'esecuzione del progetto, migliorano l'affidabilità del sistema e forniscono al cliente una grande flessibilità nel miglioramento di impianti esistenti. Un altro fattore è lo sviluppo che sta prendendo piede nella messa in rete e la comunicazione globale, che offre nuove possibilità per il supporto e i servizi del cliente.

Le crescenti richieste sulla qualità del colato e del prodotto finito richiedono l'uso del supporto del computer on-line per l'ottimizzazione del processo per fornire sistemi automatici per il controllo qualità. Certamente, i nuovi sviluppi nei sistemi tecnologici di controllo, nell'ottimizzazione del processo e nelle funzioni di controllo-qualità, come l'integrazione di questi sistemi con la registrazione della produzione, promettono passi verso la meta della produzione senza-difetti. A questo proposito, l'essenziale sviluppo di comprensione o 'know how' del processo è accelerato dall'uso di archivi e di più sofisticati strumenti di valutazione dei dati.

I componenti chiave per il controllo automatico della qualità del prodotto sono mostrati nella Figura 1.

In questo articolo verranno discussi sei aspetti dell'automazione del colaggio: nuovi sistemi tecnologici di controllo, modelli matematici, archivi dati di qualità, il concetto di 'connect & cast', un nuovo approccio all'esecuzione del progetto e servizi on line per il cliente.

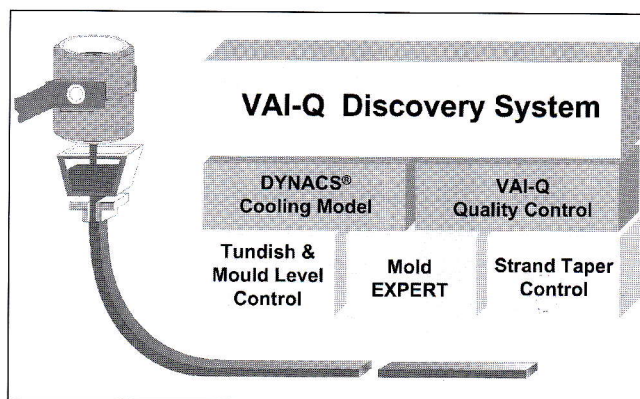


Figura 1: Componenti chiave per il controllo automatico di qualità.

Figure 1: Key components for automatic quality control.

NUOVI SISTEMI DI CONTROLLO TECNOLOGICO

I sistemi di controllo tecnologico, così come il controllo del livello in lingottiera, costituiscono lo strato di base del controllo automatico di qualità per il colaggio continuo, e permettono al produttore di raggiungere alte performance e colaggio di alta qualità. Due esempi dei più recenti sviluppi dai dipartimenti di tecnologia, ingegneria e automazione della VAI sono il sistema MoldEXPERT e l'ASTC (automatic strand taper control system = sistema automatico di controllo della conicità della linea).

Il MoldEXPERT

Lo scopo del MoldEXPERT della VAI è fornire una visione approfondita nel processo di colaggio nell'area della lingottiera. Le nuove pratiche di colaggio e le soglie di allarme possono essere ottenute dalle informazioni fornite, che si risolvono in un aumento della stabilità del processo e nel miglioramento nella qualità del prodotto. Le principali funzioni del MoldEXPERT sono il monitoraggio della temperatura, la prevenzione del break-out, il calcolo del flusso di calore, e il calcolo dell'attrito [1], [2]. Il monitor principale di processo mostra le più importanti informazioni delle differenti funzioni e dà una visione delle condizioni del processo di colaggio dentro la lingottiera. Ciò è esemplificato nella Figura 2 che mostra la condizione termica delle piastre della lingottiera.

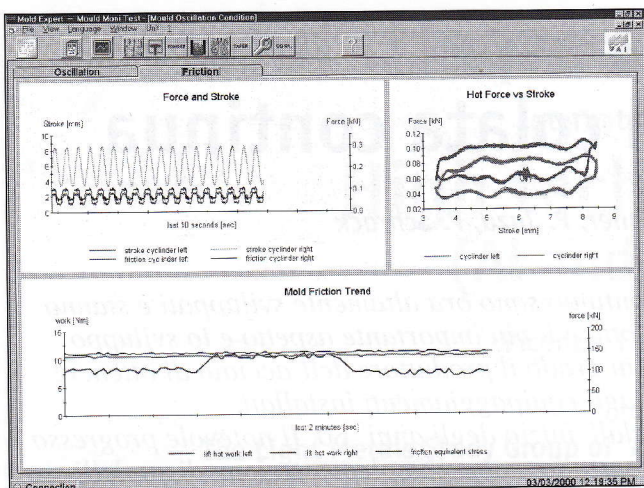


Figura 2: Il monitor di processo del MoldEXPERT.

Figure 2: The MoldEXPERT process monitor.

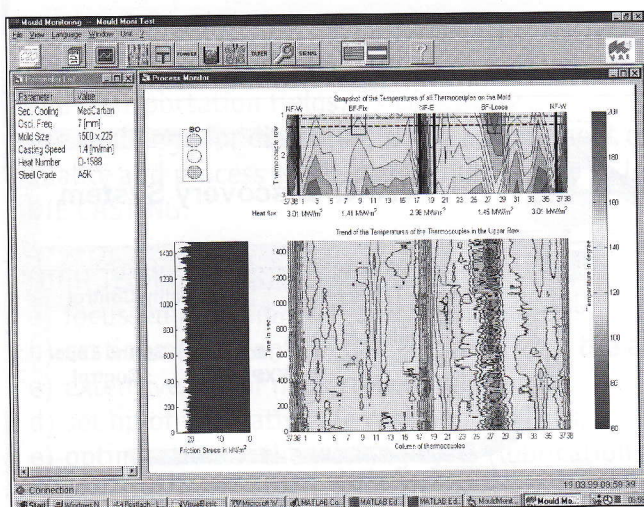


Figura 3: Monitor da attrito della lingottiera.

Figure 3: Mould-friction monitor.

Nella Figura 3 è mostrato il monitor dell' attrito della lingottiera con un'esposizione tipica dell'andamento nel tempo della corsa e delle forze del cilindro caldo come pure il così chiamato ciclo di forza.

L' uso efficace della polvere di colaggio sia al menisco che nel gap tra la bramma e lingottiera è un requisito essenziale del successo del processo di colaggio. L'interazione tra la superficie della pelle della bramma e le piastre di rame della lingottiera può essere espressa come attrito della lingottiera. La forza di attrito descrive quantitativamente il comportamento della polvere durante l'operazione di colaggio.

ASTC - Controllo Automatico Della Conicità Della Linea

Il sistema di controllo della VAI per la conicità della linea è progettato per ridurre la segregazione centrale nel prodotto colato. Il metodo compensa la contrazione termica nella regione bifase pastosa della bramma usando segmenti SMART® regolabili idraulicamente. L'uso di questi segmenti fornisce la base per un sistema completamente dinamico di guida della bramma. [3]

Oltre ad un provato progetto meccanico dei segmenti e all'uso di un'idraulica semplice e a prova di guasti, un requisito essenziale è la necessità di un sistema di automazione robusto e affidabile con la più alta disponibilità operativa. I set points per il profilo del gap sono perciò ottenuti dal campo di temperatura della bramma, calcolato usando un modello ter-

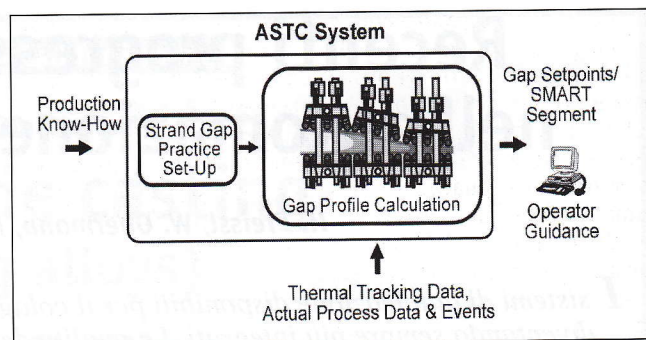


Figura 4: Riduzione della segregazione centrale per mezzo dei segmenti SMART® e controllo automatico della conicità della linea.

Figure 4: Reduction of centre segregation by SMART® segments and automatic strand taper control.

mico, e una pratica operativa per soft reduction. Il calcolo della pratica operativa del gap deve tener conto della locazione e della lunghezza della regione della zona bifase dove l'acciaio non è né completamente liquido e né completamente solido. Il concetto di sistema ASTC è mostrato nella Figura 4.

MODELLI MATEMATICI

La colata continua è uno dei processi più complessi nella produzione dell'acciaio. In anni recenti ci sono stati ovunque considerevoli sforzi per descrivere il processo usando modelli matematici e per simularne numericamente i diversi aspetti. Risultati promettenti sono stati riportati in molti campi con modelli verificati da modelli fisici e da dati attuali di misurazione.

Il rapido incremento della potenza di calcolo durante gli ultimi anni ha permesso ai costruttori di impianti e ai produttori di sviluppare modelli matematici sempre più complessi. I risultati di questi modelli avanzati possono essere usati per il controllo e l'ottimizzazione on-line del processo. Con la disponibilità di misurazioni dai sensori di recente sviluppati nella lingottiera, stanno diventando disponibili informazioni aggiuntive on-line sulla solidificazione del processo. Queste, a turno, agiranno per stimolare nuovi approcci ai modelli matematici.

Il lavoro alla Divisione di Automazione della VAI è concentrato sullo sfruttamento degli ultimi risultati di ricerca da modelli matematici mirati al miglioramento dell'efficienza della produzione dell'acciaio. Nell'area della colata continua, sono attivi i modelli matematici per la temperatura della bramma (usati nel modello di raffreddamento DY-NACS®), la precipitazione dei nitruri,[4] e i calcoli di miscelazione durante i cambiamenti di tipo di acciaio. Ulteriori sviluppi in quest'area riguarderanno principalmente i modelli di inclusioni e di formazione di cricche durante il colaggio. I modelli saranno usati per migliorare l'esattezza dell'esistente sistema di predizione dei difetti su base statistica. La conoscenza conseguita attraverso modelli migliorerà conseguentemente la pratica di colaggio per evitare l'emergere di difetti.

IL SISTEMA DI ARCHIVIO DATI DI QUALITÀ

Nel 1997 è stato sviluppato ed implementato dalla VAI a ERDEMIR in Turchia un archivio di dati-qualità per la produzione di acciaio e le operazioni di colata continua. Questo sistema, chiamato VAI-Q Discovery, è già stato installato in tre impianti di produzione di acciaio ed è correntemente (Luglio 2000) messo in programma per l'installazione nelle

acciaierie di altri quattro clienti. Il sistema combina i dati di qualità e i dati del processo dalle operazioni di produzione dell'acciaio e di colaggio in supporto al lavoro di ricerca metallurgica e allo sviluppo del processo nell'impianto.[5] Nel 1998 le compagnie austriache VOEST-ALPINE Stahl Linz (VASL) e VAI cominciarono uno sviluppo congiunto di un archivio dati-qualità VAI-Q dell'impianto completo. Il sistema fu messo in esercizio nella primavera 2000 su una linea di controllo e una linea di stagnatura presso la VASL. Successivamente a questa installazione pilota, è stato pianificato di implementare una soluzione integrata per l'intero ciclo di produzione a partire dalla fine del 2001.

Le funzioni dell'archivio dati dell'impianto completo supporteranno le seguenti aree di controllo della qualità:

- Documentazione del processo e dati di prova della qualità
- Tracciatura della storia del prodotto in caso di reclami dai clienti
- Sviluppo del processo
- Certificazione di qualità.

La base per un'attività di successo del sistema è il tracking ininterrotto del flusso del materiale attraverso tutte le attrezzature di produzione, dal colaggio attraverso le linee di processo. Il sistema colleziona e archivia i risultati di prova della qualità e combina i dati con la documentazione di processo.

Gli algoritmi dedicati sono richiesti come una parte dello sviluppo del sistema, ad esempio per mettere in relazione i difetti trovati in una sezione di nastro laminato a freddo a una parte della bramma originale. Per questo scopo, gli algoritmi di proiezione devono considerare l'allungamento, il riavvolgimento e il taglio o il riciclo dei prodotti.

Chiaramente, la disponibilità dell'archivio dati contenente i dati del processo di ogni passo nel ciclo di produzione faciliterà grandemente lo sviluppo e l'ottimizzazione dei processi sulla base di un impianto completo. Il sistema, sviluppato usando la tecnologia di internet, aprirà nuove dimensioni per i miglioramenti nella qualità del prodotto. Allo stesso tempo, migliorerà significativamente l'efficacia degli obiettivi collegati all'assicurazione di qualità. La Figura 5 mostra il concetto di controllo qualità VAI-Q di un impianto completo e la soluzione dell'archivio dati.

Lo sviluppo congiunto VAI/VASL del sistema di qualità VAI-Q Strip per il laminatoio a caldo nel 1996-1999 rappresenta la più grande pietra miliare nell'implementazione della soluzione VAI-Q.

IL CONCETTO DI 'CONNECT & CAST' (Collega e cola)

Durante lo scorso anno la VAI ha introdotto una nuova configurazione di sistema per il controllo del processo nella colata continua - il Distributed Component System (Sistema a componenti distribuiti). Questa configurazione è basata su sistemi di PC o PLC individuali autonomi per le varie aree di controllo come mostrato nella Figura 6. Ogni componente è legato ad un'unità di acquisizione dati, che integra le unità individuali in un sistema superiore e fornisce dati per l'interfaccia Uomo-Machina così come per la comunicazione con il sistema di automazione di Livello 2. I componenti hanno un'intelligenza dedicata e un sistema operativo e pertanto possono funzionare come unità autonome per prove, per manutenzione, ecc. I componenti sono standardizzati e possono essere usati in combinazione in una varietà di applicazioni per fornire hardware e software provato per l'automazione degli equipaggiamenti.

Il risultato di questo approccio è un semplice e breve periodo di messa in servizio che conduce al rapido avviamento del colaggio. E' questo che definisce il concetto di 'connect & cast'. Esempi di componenti individuali per 'connect & cast' sono gli oscillatori DYNAFLEX, il sistema di regolazione idraulica della larghezza lingottiera e l'automazione livello 2.

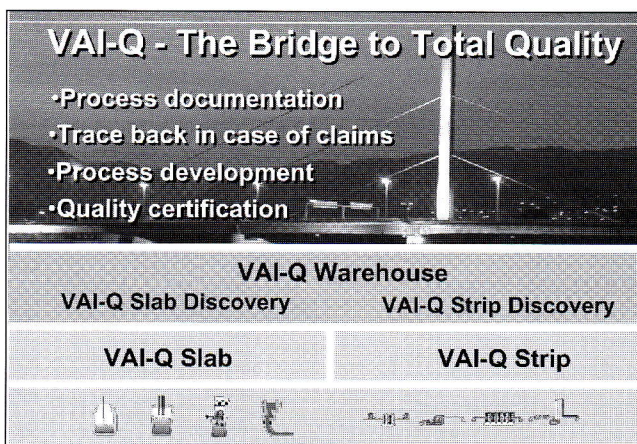


Figura 5: VAI-Q - Il ponte verso la qualità totale.

Figure 5: VAI-Q - The bridge to total quality.

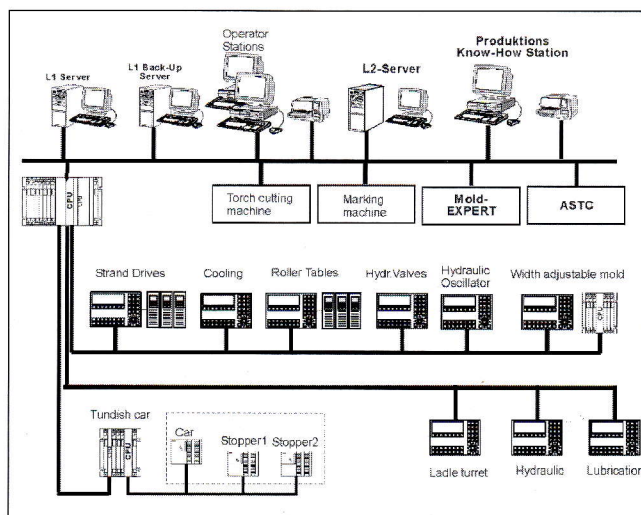


Figura 6: Sistema di componenti distribuiti per 'connect & cast'.

Figure 6: Distributed component system for 'connect & cast'.

OSCILLATORI DYNAFLEX

Gli oscillatori DYNAFLEX possono servire come un'unità autonoma (per revamping) o integrati nel Distributed Component System. Il set up è eseguito direttamente dal display integrato che consente la predisposizione e le prove dell'unità completa in officina, minimizzando perciò le prove sul posto. Le caratteristiche principali del sistema di controllo dell'oscillatore sono il calcolo del setpoint, la generazione di funzioni per movimenti sinusoidali e non sinusoidali, la regolazione in linea e fuori linea della corsa, il controllo dell'oscillazione e il calcolo dell'attrito.

Per l'acquisizione dei dati e per la ricerca guasti, l'unità ha un connettore di servizio che offre un sommario dei segnali di processo per analisi successive. In futuro, sarà previsto l'accesso remoto.

REGOLAZIONE IDRAULICA LARGHEZZA LINGOTTIERA

L'unità di controllo della regolazione della larghezza è un componente compatto adatto sia per le nuove colate che per il revamping delle esistenti lingottiere con unità di comando idrauliche o elettriche. Tutti i set up e le regolazioni operative sono eseguite direttamente da display grafico.(Figura 7). In caso di situazioni anomale, il sistema di controllo incorpora un Sistema Esperto che cerca di correggere la larghez-

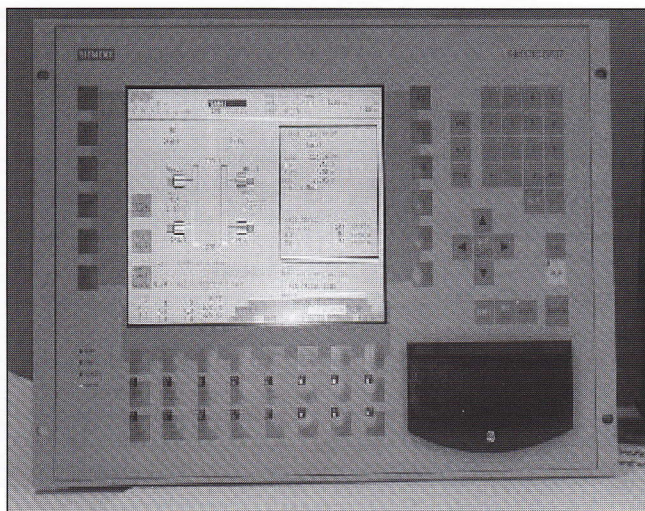


Figura 7: Display per Set up e esercizio per regolazione larghezza lingottiera.

Figure 7: Set up and operations display for mould-width adjustment.

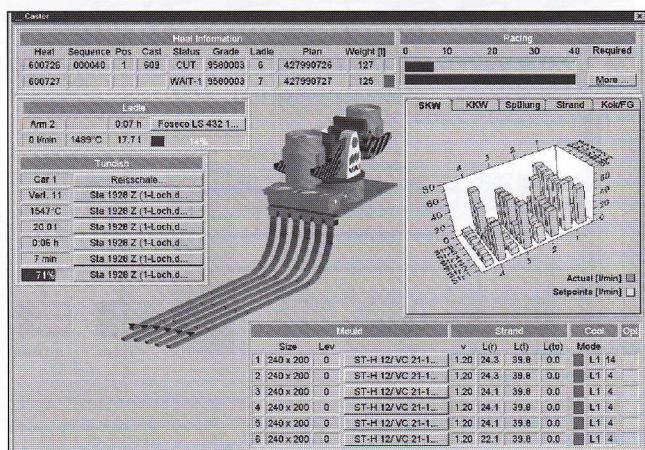


Figura 8: Display tipico di livello 2.

Figure 8: Typical Level 2 display.

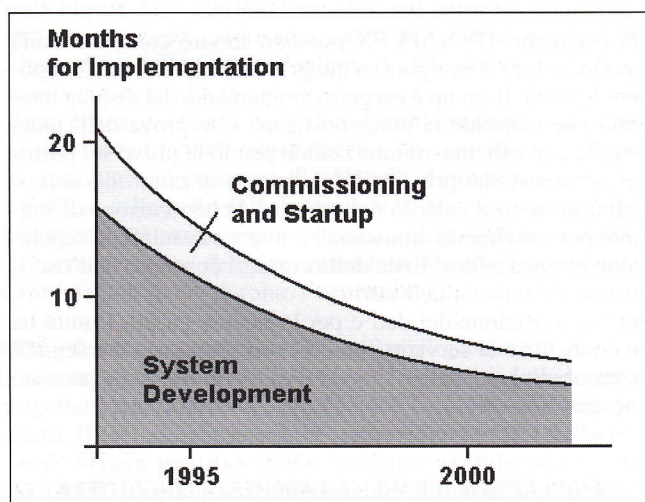


Figura 9: Riduzione di tempo per implementare un progetto di automazione di media grandezza.

Figure 9: Reduction of the time to implement a medium-size automation project.

za della lingottiera e riporta la macchina in condizioni operative sicure.

AUTOMAZIONE LIVELLO 2

Il sistema VAI di livello 2 è modulare e progettato per l'ottimizzazione del processo con dispositivi per l'acquisizione dei dati e per l'informazione dell'operatore. Esso incorpora modelli di processo per il raffreddamento secondario dinamico e altri controlli tecnologici come pure per l'ottimizzazione della resa e per il controllo della qualità. Ciascun modello e funzione è implementato come componente software individuale, pronto all'uso e configurabile.

L'implementazione e l'avviamento del sistema è possibile entro un periodo minore di sei mesi (dal contratto alla consegna). La Figura 8 è un tipico display di livello 2 che mostra la panoramica della colata, compresi i più importanti dati come colata, siviera, paniera, lingottiera e linea in una forma combinata di testo e grafica.

NUOVO APPROCCIO ALL'ESECUZIONE DEL PROGETTO

La disponibilità di componenti pronti all'uso ('plug in') cambia il modo in cui sono eseguiti i progetti di automazione di macchina.

Un beneficio iniziale è che i vari componenti possono essere dimostrati e simulati, cosa che facilita la definizione dello scopo del progetto per il cliente. L'uso di componenti hardware e software standardizzati ovviamente accelera lo sviluppo e l'assemblaggio del sistema. La Figura 9 mostra come il tempo richiesto per l'implementazione del progetto, come sviluppo, messa in servizio e avviamento, è stato ridotto sensibilmente.

I periodi di messa in servizio e di fermata dell'impianto sono stati ridotti al minimo e la finalizzazione dei programmi di gestione del progetto è più efficiente poiché il personale del cliente può essere addestrato e può familiarizzare col sistema di automazione in uno stadio iniziale del progetto. I miglioramenti e le espansioni del sistema in uno stadio successivo è più economico e relativamente facile da realizzare.

SERVIZIO CLIENTI ON-LINE

La disponibilità di internet e di altri mezzi di comunicazione globale permettono al costruttore dell'impianto di sviluppare nuovi metodi di supporto al cliente e di presentazione dati. I concetti di base del sistema di comunicazione VAI sono mostrati nella Figura 10 e considerati nei seguenti paragrafi.

Supporto remoto

Gli specialisti VAI possono essere connessi ai loro clienti durante il periodo di messa in servizio e garanzia di nuovi impianti ed equipaggiamenti a scopo di diagnostica e supporto tecnico. Perciò, la conoscenza degli specialisti software può essere resa disponibile in modo molto flessibile ed economico. Le connessioni dati installate possono essere usate successivamente per forme addizionali di servizio e assistenza, così come per miglioramenti software. Esiste anche la possibilità di accesso alla rete mondiale VAI di specialisti software.

Visualizzazione internet

Rapporti e dati di qualità saranno presto disponibili non solo a mezzo di display dedicati, ma anche attraverso tecnologie internet o WAP. I metallurgisti e i direttori di produzione potranno accedere ai dati di processo da ogni terminale nella rete di stabilimento, da casa o da ogni altro posto nel mondo. Queste tecnologie di comunicazione permetterebbero un

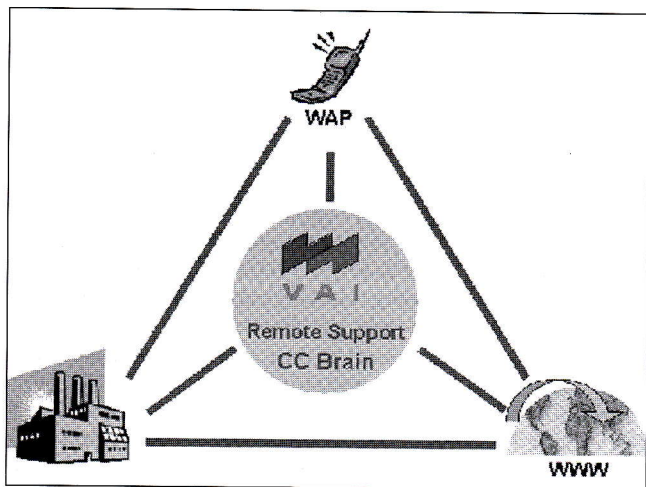


Figura 10: Comunicazione globale VAI.

Figure 10: VAI global communication.

maggior e più efficace uso della grande quantità di informazioni disponibile.

CC Brain

Il CC Brain di VAI è un forum di discussione metallurgica on line che collega via internet metallurgisti di tutto il mondo. I membri del forum possono porre domande ai metallurgisti VAI o entrare in discussione con altri membri. Queste procedure di comunicazione sono, naturalmente, protette dall'accesso pubblico.

CONCLUSIONE

I continui miglioramenti nell'automazione di colata possono essere attese per soddisfare le sempre crescenti richieste

dei clienti per la qualità del prodotto. Oltre allo sviluppo focalizzato su sistemi di automazione modulari, pronti all'uso e facili da mantenere, la sfida per i prossimi anni sarà attuare ulteriori progressi nello sviluppo di modelli che descrivano le parti critiche del processo di colaggio per un controllo ancor più efficace della qualità del colato.

Un fattore aggiuntivo è il bisogno di guadagnare i massimi vantaggi dai rapidi sviluppi che hanno luogo nelle comunicazioni globali e di rete, le quali offrono nuove possibilità di accesso a dati di processo e qualità in aggiunta alla fornitura al cliente di supporti e servizi.

BIBLIOGRAFIA

The MoldEXPERT of VAI – A Mould Monitoring System for Best Casting Performance; O Lang (VATRON, Austria), C Federspiel, M Thalhammer and J Watzinger (VAI, Austria), CCC 2000 Proceedings (VAI).

VAI's On-line Mould Friction Monitoring System in Continuous Casting; J Watzinger, A Flick (VAI, Austria), CCC 2000 Proceedings (VAI).

ASTC – VAI's Automatic Strand Taper/Thickness Control System; C Federspiel, K Mörwald, M Thalhammer (VAI, Austria), A Angerer (VATRON, Austria), CCC 2000 Proceedings (VAI).

Precipitation Modelling – A Tool for Predicting Cracks and Quality; H Resch, C M Chimani, J Lanschützer (VAI, Austria), CCC 2000 Proceedings (VAI).

New Application Fields and Benefits of CAQC; N Hübner, L Pöcksteiner, D Auzinger (VAI, Austria), CCC 96 Proceedings (VAI).

A B S T R A C T

RECENT ADVANCES AND FUTURE ASPECTS IN CONTINUOUS CASTING AUTOMATION

Product quality is the most important aspect of continuous casting – and automation is a key element in achieving the highest standards of product quality. The availability of advanced quality control functions now enables the user to extract the full potential from the installed equipment.

VAI's Automation Division has been working on automatic quality-control solutions for continuous casting since the early 1980s. The continual development of technological control systems as well as process models and so-called quality data warehouses has progressively improved the quality of the cast product.

There have been other important developments in automation. For example, modular, ready-to-use automation solutions are becoming available which speed up project execution, improve system reliability and provide the customer with greater flexibility for upgrading existing casters. Another factor is the developments that are taking place in networking and global communication, which offer new possibilities for customer support and services.

Increasing demands on the quality of the cast and finished product require the use of on-line computer support for process optimisation to provide automatic systems for quality control. Certainly, the new developments in technological

control systems, process optimisation and quality control functions as well as the integration of these systems with production scheduling are promising steps toward the goal of defect-free production. In this respect, the essential development of process understanding or 'know how' is accelerated by the use of data warehouses and more sophisticated data evaluation tools.

Key components for the automatic control of product quality are shown in Figure 1.

Six aspects of caster automation will be discussed in this article: new technological control systems, mathematical modelling, the quality data warehouse, the 'connect & cast' concept, a new approach to project execution, and on-line customer services.

New technological control systems

Technological control systems, such as mould level control, constitute the basic layer of automatic quality control for continuous casting, enabling the producer to achieve high performance and high-quality casting. Two examples of latest developments from VAI's automation, engineering and technology departments are the MoldEXPERT system and ASTC (automatic strand taper control system).

The MoldEXPERT

The goal of VAI's MoldEXPERT is to provide deeper insight

into the casting process in the mould area. New casting practices and alarm thresholds can be derived from the information provided, resulting in an increase in process stability and an improvement in product quality. The main functions of the MoldEXPERT are temperature monitoring, breakout prevention, heat flux calculation, oscillator monitoring, and friction calculation.[1], [2] The main process monitor presents the most important information of the different functions and gives an overview of the conditions of the casting process inside the mould. This is exemplified in Figure 2 which shows the thermal condition of the mould plates.

In Figure 3 the mould friction monitor is shown with a typical display of the time history of the stroke and the hot cylinder forces as well as the so-called force cycle.

Effective use of the casting powder both at the meniscus and in the gap between strand and mould is a vital feature of the success of the casting process. The interaction between the strand shell surface and the mould copper plates can be expressed as mould friction. The frictional force quantitatively describes the behaviour of the powder during the casting operation.

ASTC – Automatic Strand Taper Control

VAI's control system for strand taper is designed to reduce centre segregations in the cast product. The method compensates for thermal shrinkage in the mushy region of the strand by using hydraulically adjustable SMART® strand segments. The use of these segments provides the basis for a fully dynamic system of strand guidance. [3]

Apart from the proven mechanical design of the segments and the use of simple and fail-safe hydraulics, an essential requirement is the need for a reliable and robust automation system with the highest operational availability. The set points for the gap profile are therefore derived from the temperature field of the strand, calculated using a thermal-tracking model, and a gap practice for soft reduction. The calculation of gap practice must take account of the location and length of the mushy region where the steel is neither completely liquid nor completely solid. The concept of the ASTC system is shown in Figure 4.

Mathematical modelling

Continuous casting is one of the most complex processes in steel production. In recent years there have been considerable efforts world-wide to describe the process using mathematical models and to simulate different aspects numerically. Promising results have been reported in many fields with models verified by physical modelling and actual measurement data.

The rapid increase in computing power over the last few years has enabled plant manufacturers and producers to develop more and more complex mathematical models. The results of these advanced models can then be used for on-line process control and optimisation.

With the availability of measurements from newly developed sensors in the mould, additional on-line information on the solidification process is becoming available. This, in turn, will act to stimulate new approaches to mathematical modelling.

Work at VAI's Automation Division is focussed on the exploitation of the latest research results from mathematical modelling aimed at improving the efficiency of steel production. In the continuous casting area, mathematical models for strand temperature (used in the DYNACS® cooling model), precipitation of nitrides,[4] and intermix calculations during steel grade changes are in operation.

Further development work in this area will deal mainly with the modelling of inclusions and crack formation during casting. The models will be used to improve the accuracy of

the existing statistics-based system of defect prediction. The knowledge gained through modelling will consequently improve the casting practice to avoid the occurrence of defects.

The quality-data warehouse system

In 1997 a dedicated quality-data warehouse for steelmaking and continuous casting operations was developed and implemented by VAI at ERDEMIR in Turkey. This system, named VAI-Q Discovery, has already been installed in three steelmaking plants and is currently (July 2000) scheduled for installation in the steel works of four other customers. The system combines quality data and process data from steelmaking and casting operations in support of metallurgical research work and process development in the plant.[5] In 1998 the Austrian companies VOEST-ALPINE Stahl Linz (VASL) and VAI started a joint development of a plant-wide VAI-Q quality data warehouse. The system was put into operation in the spring of 2000 at an inspection line and a tinning line at VASL. Following this pilot installation, it is planned to implement an integrated solution for the entire production route beginning at the end of 2001.

The comprehensive data warehouse functions of the plant-wide system will support the following areas of quality control:

- Documentation of process and quality testing data
- Tracing product history in case of claims from customers
- Process development
- Quality certification.

The basis for successful operation of the system is the seamless tracking of the material flow throughout all production facilities, from casting through to the processing lines. The system collects and archives the quality test results and combines the data with the process documentation.

Dedicated algorithms are required as part of the development of the system in order, for example, to trace defects found in a section of cold-rolled strip to a part of the original slab. For this purpose, the projection algorithms must consider elongation, re-coiling, and the cutting or the turning around of the products.

Clearly, the availability of a data warehouse containing the process data of each step in the production route will greatly facilitate the development and optimisation of processes on a plant-wide basis. The system, developed using internet technology, will open up new dimensions for improvements in product quality. At the same time, it will significantly improve the effectiveness of all quality-assurance-related tasks. Figure 5 shows the concept of a plant-wide VAI-Q quality control and data warehouse solution.

The joint VAI/VASL development of the VAI-Q Strip quality system for the hot rolling mill in 1996–1999 represented a major milestone in the implementation of the VAI-Q solution.

The 'Connect & Cast' concept

During the past year VAI has introduced a new system configuration for process control in continuous casting – the Distributed Component System. This configuration is based on individual stand-alone PLCs or PC systems for the various control areas as shown in Figure 6. Each component is linked to a data acquisition unit, which integrates the individual units into a superimposed system and provides data for the Human Machine Interface as well as communication with the Level 2 automation system. Components have dedicated intelligence and operational systems and thus can run as stand-alone units for testing or maintenance purposes, etc.. The components are standardised and can be used in combination in a variety of applications to provide proven hardware and software for equipment automation.

The net result of this approach is a short and easy commis-

sioning period leading to the rapid start-up of a caster. It is this that defines the concept of 'connect & cast'.

Examples of individual components for 'connect & cast' are the DYNAFLEX oscillator, hydraulic mould-width adjustment systems and Level 2 automation.

Dynaflex oscillator

The DYNAFLEX oscillator can serve as a stand-alone unit (for revamping) or integrated into the Distributed Component System. Set-up is performed directly from the integrated display that allows preadjustment and testing of the complete unit in the workshop, thus minimising on-site testing.

The main features of the oscillator control system are set-point calculation, function generation for sinusoidal and non-sinusoidal movements, off-line and on-line adjustment of stroke, oscillation control and friction calculation.

For data acquisition and troubleshooting purposes, the unit has a service connector that offers a summary of process signals for subsequent analysis. Remote access is foreseen in the future.

Hydraulic mould-width adjustment

The width-adjustment control unit is a compact component suitable both for new casters and the revamping of existing moulds with hydraulic or electrical drive units. All set up and operational adjustments are made direct from the graphical display (Figure 7).

In case of abnormal situations, the control system incorporates an Expert System that seeks to correct the mould width and return the caster to safe operation conditions.

Level 2 automation

The VAI Level 2 system is modular and is designed for process optimisation with facilities for comprehensive data acquisition and provision of operator information. It incorporates process models for dynamic secondary cooling and other technological controls as well as for yield optimisation and quality control. Each of the models and functions are implemented as individual, ready-to-use and configurable software components.

System implementation and start-up is possible within a period of less than six months (from contract to takeover). Figure 8 is a typical Level 2 display which shows the caster overview, including the most important heat, ladle, tundish, mould and strand data in a combined text and graphical form.

New approach to project execution

The availability of ready-to-use, 'plug in' system components changes the way in which caster automation projects are executed.

An initial benefit is that various components can be demonstrated and simulated which facilitates defining the project scope for the customer. The use of standardised hardware and software components obviously accelerates system development and assembly. Figure 9 show how the time required for project implementation, i.e. development, commissioning

and start up, has been reduced within a few short years.

Commissioning time and plant shut-down periods are reduced to a minimum and the fine-tuning of project management schedules is more efficient since customer personnel can be trained and made familiar with automation systems at an earlier stage in the project. The upgrading and expansion of the system at some later stage is more cost efficient and relatively easy to accomplish.

On-line customer services

The availability of internet and other global communication facilities enables the plant manufacturer to develop new methods of customer support and data presentation. The basic concepts of the VAI communications system are shown in Figure 10 and considered in the following paragraphs.

Remote support

VAI specialists can be connected to their customers during the commissioning and warranty periods of new plant and equipment, for diagnostic and technical support purposes. Thus, the knowledge of software experts can be made available in a very flexible and cost-efficient way. Installed data connections can be used later for additional forms of service and assistance, as well as for software upgrades. There is also the possibility of accessing the world-wide network of VAI software specialists.

Internet visualisation

Quality data and reports will soon be available not only via dedicated displays, but also by internet or WAP technology. Metallurgists and production managers will be able to access process data at any workstation on a plant network, at home, or from any place in the world. These communication technologies should enable much greater and more effective use of the vast amount of information that is available.

CC Brain

The VAI CC Brain is an on-line metallurgical discussion forum linking metallurgists around the world via the internet. Members of the forum can post questions asking for feedback from VAI metallurgists or enter into open discussion with other members. These communication procedures are, of course, protected from public access.

Outlook

Continued improvements in caster automation can be expected for satisfying ever-increasing customer demands of product quality. Apart from developments focusing on component-based, ready-to-use and easy to maintain automation systems, the challenge for the next few years will be to make further progress in the development of models for describing the critical parts of the casting process for yet more effective control of cast quality.

An additional factor is the need to gain maximum advantages from the rapid developments taking place in networking and global communications, which offer new possibilities for accessing process and quality data in addition to the provision of customer support and service.