



Foseco s.r.l.
Via Ravello, 5/7
20080 VERMEZZO (MI)
Tel. 02 949819.1
Telefax 02 94943020
www.foseco.it

**L'applicazione della tecnologia
colata diretta KALPUR* per la
produzione di getti in acciaio
da costruzione, critici ai fini
della sicurezza**

L'applicazione della tecnologia colata diretta KALPUR* per la produzione di getti in acciaio da costruzione, critici ai fini della sicurezza

Introduzione

Lo Stadio Olimpico di Berlino è in corso di rinnovamento in vista dei Campionati Mondiali di Calcio 2006. Il progetto prevede la conservazione delle sue caratteristiche di monumento culturale, rispondendo nel contempo a tutte le tipiche esigenze di un moderno stadio. Una volta completato, lo stadio disporrà di 76.000 posti coperti. Fino ad oggi, la capacità era di 75.000 posti, di cui soltanto 27.000 erano però coperti (figura 1).



Figura 1 : Plastico dello Stadio Olimpico di Berlino dopo il rifacimento

La nuova copertura è stata volutamente progettata in contrasto con l'architettura originaria dello storico stadio. Sarà costituita da una struttura filigranata in acciaio, sormontata da un tetto a membrana.

Solo la copertura al di sopra dell'Ingresso Maratona rimarrà aperta, per non nascondere la torre dell'orologio.

I principali supporti di questa struttura sono costituiti da grappoli di getti in acciaio, saldati tra loro con l'ausilio di tubi o materiale pieno.

I principali vantaggi dei nodi fusi in acciaio sui componenti saldati e avvitati sono i seguenti:

- La produzione di precisione anche delle forme geometriche dei nodi più complesse.
- I componenti realizzati con getti di acciaio possono essere ottimizzati sul piano della forma e dello spessore delle pareti, a seconda dei requisiti di carico.

- Possibilità di eliminare pressoché totalmente gli spigoli e i bordi affilati, nonché le variazioni di spessore delle pareti, riducendo così la concentrazione delle sollecitazioni sui livelli inferiori. Si tratta di un vantaggio determinante per i componenti da costruzione soggetti alla fatica del materiale.

Per tali ragioni, i componenti da costruzione costituiti da getti in acciaio sono normalmente impiegati per le tensiostrutture, i supporti delle coperture, i ponti pedonali, i ponti stradali e ferroviari o gli impianti sportivi come lo Stadio Olimpico di Berlino.

I getti in acciaio furono già utilizzati per la copertura di questo stadio in occasione dei Giochi Olimpici del 1972. I getti della nuova copertura sono prodotti dalla fonderia Friedrich Wilhelms-Hütte (FWH) di Mülheim (Germania), che fabbrica da molti anni getti per la costruzione di ponti, capannoni e tetti.

FWH ha prodotto i primi nodi fusi per ponti ferroviari negli anni 1998/99, per il ponte Humbold di Berlino. Tra gli altri prestigiosi progetti, figurano la stazione ferroviaria Lerther di Berlino, il ponte Nesenbachtal a Stoccarda, il ponte Traunstein e gli hangar degli aeroporti di Stoccarda e Lipsia..

Costruzione della copertura

Il progetto dello Stadio di Berlino prevede la fornitura di 254 diverse configurazioni di getti, con un massimo di nove diverse uscite e fino a tre chiavistelli di collegamento aggiuntivi. Le leghe utilizzate per i getti sono G20Mn5V e G18NiMoCr3.6V (figura 2). La lega G18NiMoCr3.6V con uno spessore delle pareti di 290 o 350 mm è stata scelta per i getti dei montanti e delle uscite di collegamento dei grappoli 1 e 2. Tutte le altre uscite prevedono uno spessore delle pareti compreso tra 14 e 45 mm (figura 3).



Figura 11

Il getto finito è stato sottoposto ai consueti test di controllo agli ultrasuoni.

Conclusione

L'esempio sopra illustrato evidenzia una sensibile riduzione dei costi di produzione, soprattutto nel reparto sbavatura.

Inoltre, è stata ottenuta una migliore qualità superficiale del getto rispetto ai metodi di colata tradizionali, soprattutto nei casi in cui si è utilizzato il nuovo filtro a schiuma ceramica STELEX Pro.

A seconda della geometria del getto e della disposizione dei modelli nello stampo, non tutti i getti possono essere realizzati mediante la tecnica della colata diretta KALPUR. Ecco perché occorre prima procedere ad uno studio di fattibilità.

La capacità di produrre getti di elevata qualità, pur badando agli aspetti economici e ambientali, è un prerequisito ai fini della competitività di molti produttori. Soprattutto in Europa, il settore deve soddisfare crescenti richieste di miglioramento della produttività e di sviluppo di processi produttivi innovativi.

La tecnica della colata diretta KALPUR costituisce un processo produttivo innovativo, in grado di offrire i seguenti vantaggi alle fonderie:

- colata diretta del getto
- eliminazione completa dei sistemi di colata tradizionali
- possibilità di ottenere o migliorare la solidificazione direzionale
- incremento dei rendimenti
- riduzione dei costi di sbavatura e molatura
- riduzione delle temperature di colata
- eliminazione delle inclusioni fini.

Bibliografia:

Herion Mang Stahlbaukalender, Guß im Bauwesen S. 641 / Ausgabe 2001

Karl-Josef Müller, The stadium roof for the football World Cup consists of 254 cast nodes.

Glück auf - Pubblicazione interna del Gruppo Georgsmarienhütte; Edizione: Aprile 2002, pag. 20

Catalogo STELEX Pro, Giugno 2003

Catalogo colata diretta KALPUR, Maggio 1999

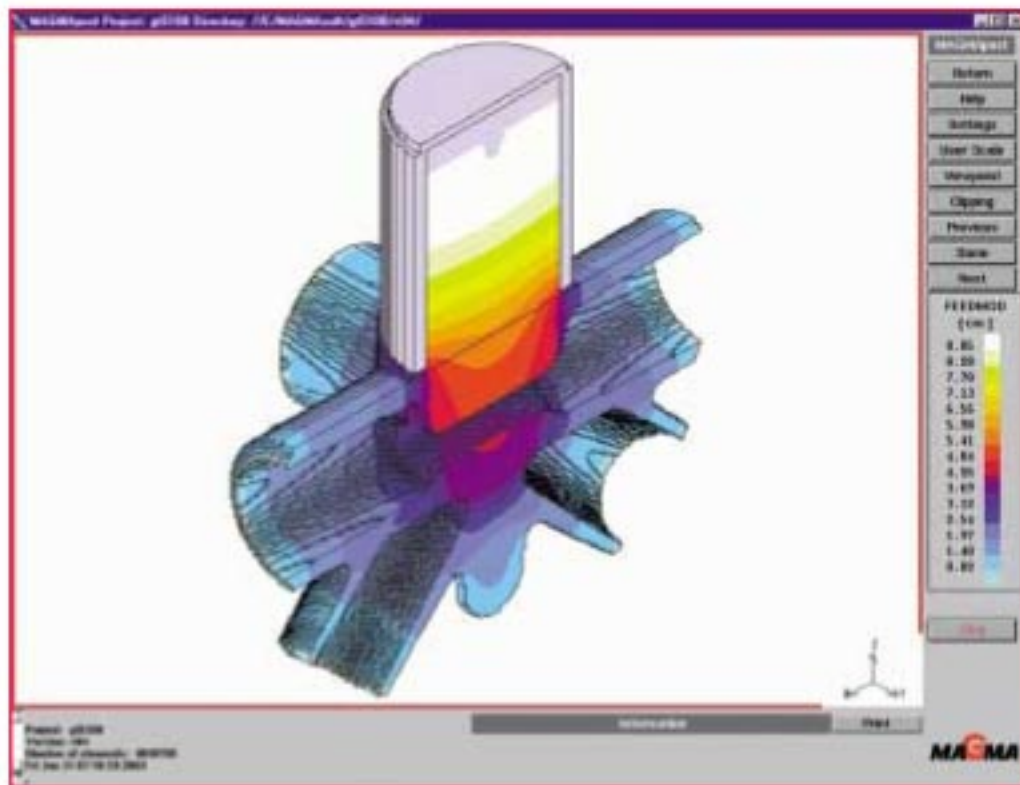


Figura 4: Simulazione computerizzata della solidificazione

Prima di avviare la produzione, è stata condotta una simulazione computerizzata della solidificazione, dando luogo al metodo di alimentazione descritto qui di seguito (figura 4).

Alternative rispetto al sistema di colata tradizionale: la tecnologia di colata diretta KALPUR*

È stato suggerito di realizzare il suddetto nodo mediante la tecnica di colata diretta KALPUR, brevettata da FOSECO. Seguono le caratteristiche tecniche del getto ottenuto mediante colata diretta KALPUR con filtro STELEX* PrO integrato.

Applicazione della colata diretta KALPUR:

Il prodotto KALPUR di FOSECO associa l'impiego di alimentatori e filtri e può sostituire l'intero sistema di colata tradizionale, in quanto lo stampo viene direttamente riempito tramite l'alimentatore. Poiché i canali di ingresso non sono necessari e il riempimento avviene in una sezione appropriata del getto, è possibile ottenere o migliorare la solidificazione direzionale o controllata del getto.

Le unità di colata diretta KALPUR possono essere posizionate sulla sommità del getto oppure utilizzate come materozza laterale.

1. Formatura manuale e macchine formatrici semplici

Le unità di colata diretta KALPUR aperte e strozzate sono utilizzate a tale scopo e sono dotate di una superficie di supporto sulla quale è posto il filtro. Sono posizionate sul modello oppure inserite all'interno della cavità creata da un'impronta. Gli alimentatori isolanti esotermici KALMINEX 2000 sono impiegati per i getti in ghisa e

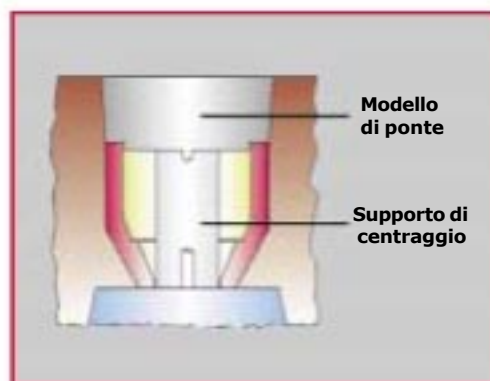


Figura 5: Sistema compatto con spina di centraggio fissa e impronta libera che raggiunge la staffa superiore.

acciaio con un modulo massimo di 4,3 cm. La gamma di alimentatori strozzati KALMINEX TA è indicata per i getti di maggiori dimensioni, prodotti mediante le unità di colata diretta KALPUR (figura 5).

2. Linea di formatura automatica con divisione orizzontale e verticale

L'impiego del metodo con manicotto inseribile consente alle fonderie altamente automatizzate, specializzate nelle produzioni di serie, di trarre vantaggio dalla tecnologia di colata diretta KALPUR. Tale impiego non sarà però descritto in questa sede.

Filtro per acciaio STELEX PrO

STELEX PrO è una nuova generazione di filtri a schiuma ceramica per fonderia, espressamente sviluppati per la filtrazione degli acciai al carbonio e bassoalegati. Anche materiali quali l'acciaio al manganese possono essere colati senza problemi. Tuttavia, l'impiego di questi filtri è sconsigliato con gli acciai il cui tenore di carbonio è inferiore a 0,15% o con gli acciai inossidabili altoalegati (figura 6).

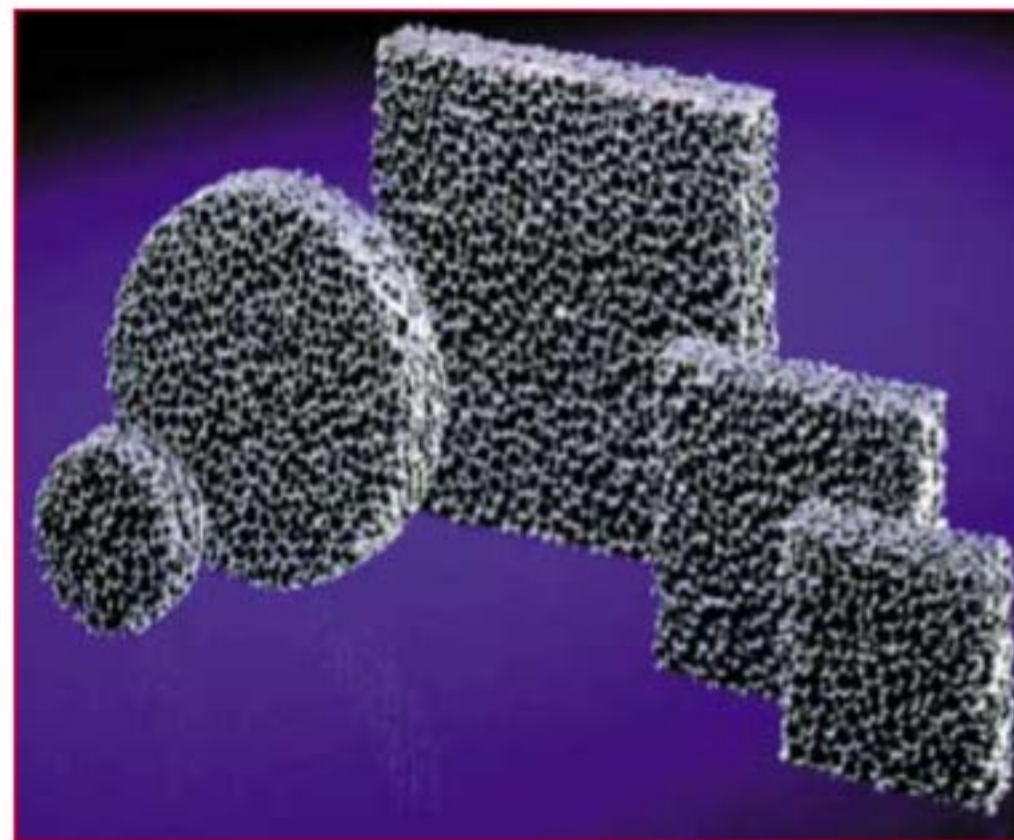


Figura 6: Il filtro STELEX PrO

Tra i vantaggi dei filtri STELEX PrO, figurano:

- Innesco omogeneo anche in presenza di basse temperature di colata, il che consente di utilizzare i normali valori di temperatura previsti per i sistemi di colata tradizionali.
- Riduzione delle inclusioni legate alla temperatura.
- Maggiore capacità di filtrazione.
- Ottime caratteristiche di portata rispetto ai filtri ceramici a base di ossido di zirconio.
- Flessibilità di posizionamento del filtro, il quale può essere collocato in posizione orizzontale o verticale, idealmente inserito in corrispondenza del canale di ingresso.
- Possibilità di impiego dei filtri a porosità più fine.
- Se utilizzato nel sistema di colata diretta KALPUR, il filtro galleggia sulla superficie dell'alimentatore dopo la colata, riducendo i rischi di ritiro secondario e migliorando l'efficienza di alimentazione.
- Nessuna difficoltà durante la rifusione di materiali di riciclo contenenti residui del filtro STELEX PrO.
- Riduzione dei costi energetici.
- Riduzione dei costi dei materiali refrattari.

Nodi fusi con il metodo della colata diretta KALPUR

In seguito all'esperienza positiva acquisita con la colata diretta KALPUR, il suggerimento di sperimentare questo metodo per produrre il nodo venne accolto. La prima operazione è consistita nella simulazione computerizzata del riempimento dello stampo e della solidificazione, per verificarne la fattibilità. I risultati della simulazione sono stati favorevoli ed è stata programmata la prova di colata (figura 7).

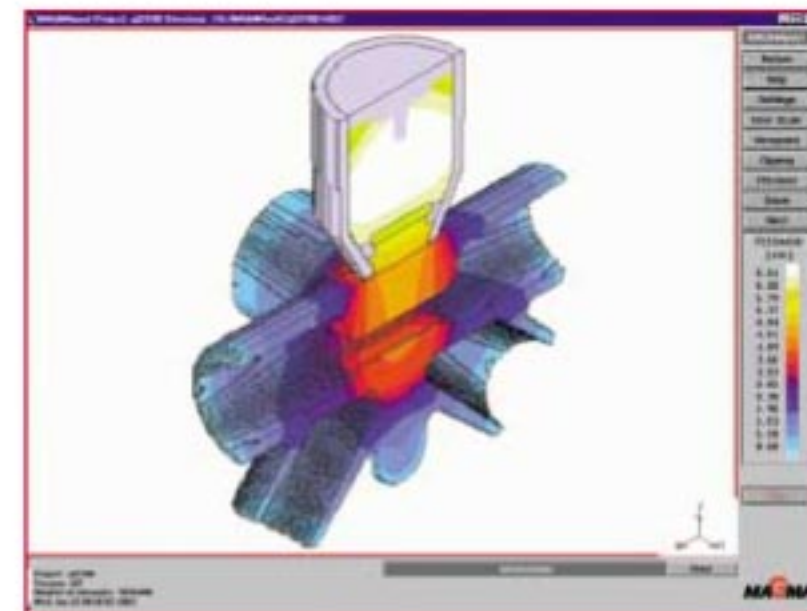


Figura 7: Simulazione computerizzata della solidificazione

I manicotti alimentatori KALMINEX TA 11 sono stati scelti come materozza; tuttavia, l'altezza di quest'ultima essendo insufficiente, è stato collocato un manicotto alimentatore KALMINEX X 12 sulla sua sommità. È stato impiegato un filtro STELEX PrO 200 diam x 40mm/10ppi.

La dimensione del collo del manicotto alimentatore rischiava di provocare il trascinamento del filtro all'interno dello stampo, ad opera dell'elevata pressione ferrostatica. Per evitare tale inconveniente, è stata utilizzata un'anima in sabbia, in maniera tale da garantire una base definita per il filtro.

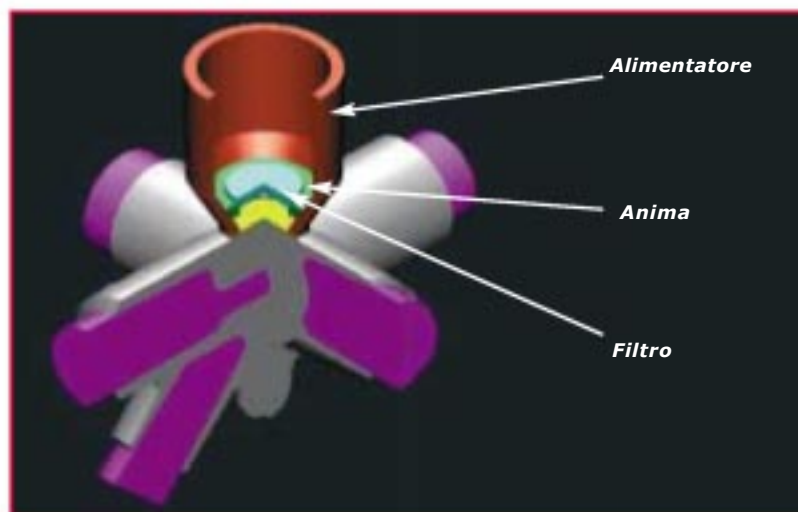


Figura 8: Immagine CAD del metodo di colata

Il modello è stato appositamente progettato per l'impiego con il manicotto alimentatore KALMINEX TA 11. Questo manicotto ha il vantaggio di offrire una superficie di base quattro volte minore rispetto al manicotto alimentatore KALMINEX X 12, a vantaggio anche di una netta riduzione dei costi di lavorazione e sbavatura (figura 8).

Caratteristiche di colata con il metodo diretto KALPUR

Temperatura di colata: 1612°C
 Tempo di colata: 23-24 secondi
 Siviera: siviera di colata a tampone da 6 t, diametro sedia 70 mm
 Metodo di formatura/anima invariato

Il filtro ha preso a galleggiare immediatamente dopo la colata e ha potuto essere rimosso. La figura 9 illustra il lato superiore del filtro dopo la colata.



Figura 9: Il filtro dopo la colata

L'alimentatore riempito, aperto sulla sommità, è stato ricoperto di FERRUX* 707G, una polvere di copertura esotermica. La copertura dell'alimentatore con un materiale adeguato è di primaria importanza per il sistema di colata diretta KALPUR. Grazie all'impiego della polvere di copertura esotermica FERRUX, il duplice effetto di riscaldamento e isolamento della superficie dell'alimentatore favorisce una prolungata azione della pressione atmosferica sul metallo fuso dell'alimentatore. Questo garantisce un utilizzo ottimale dell'alimentatore, migliora la successiva alimentazione inter-dendritica e, di conseguenza, riduce i fenomeni di ritiro secondario.

Dopo il distacco, la granigliatura e la sbavatura del nodo, si è proceduto al confronto dei costi tra il metodo tradizionale e il metodo della colata diretta.

Costi	Metodo tradizionale	Metodo KALPUR
Materiale fuso	100,0%	87,4%
Reparto anime	100,0%	100,0%
Formatura	100,0%	97,3%
Pre-sbavatura/granigliatura	100,0%	80,1%
Lavorazione manuale	100,0%	65,1%
Arco/Aria	100,0%	88,1%
Molatura iniziale	100,0%	81,1%
Sbavatura finale	100,0%	94,7%
Molatura di tolleranza	100,0%	100,0%
Trattamento termico	100,0%	100,0%
Finitura	100,0%	29,6%
Costi di produzione getto grezzo	100,0%	82,9%

Le figure 10 e 11 illustrano il nodo dopo la granigliatura, la sbavatura e il trattamento termico.



Figura 10



Figura 2: Fasi iniziali di costruzione della copertura. Architetti: von Gerken, Mang and Partner. Fotografia: Heiner Leiska

Il caso preso in esame qui di seguito riguarda un nodo con 6 uscite, 3 chiavistelli e uno spessore delle pareti di 14 - 45 mm.

Caratteristiche del modello e del getto - Sistema di colata tradizionale

Numerosi elementi sono già stati prodotti con l'ausilio di un sistema di alimentazione/colata tradizionale.

Caratteristiche generali:

Descrizione elemento: Nodo
 Lega: G 20Mn5V
 Dimensioni (mm): 1100 x 800 x 685
 Peso netto (kg): 792
 Peso colato (kg): 1298
 Sistema di alimentazione/colata (kg): 506
 Sistema di formatura: Resina furanica (sabbia di quarzo/cromite)
 Vernice: MOLCO* 246FA4 - CERAMOL* 58
 Resina fenolica alcalina (sabbia di quarzo/cromite)
 Vernice: MOLCO 246FA4 - CERAMOL 58

Caratteristiche dei canali di colata e di alimentazione:

Discesa: 1x diam. 80mm
 Canale di colata: 1x diam. 80mm
 Canali di ingresso: 2x diam. 60mm
 Filtri: Nessuno
 Alimentatori: KALMINEX* X 12 - 500mm di altezza (Modulo = 9,4) manicotti

Caratteristiche dei getti

Temperatura di colata: 1610°C
 Tempo di colata: 24-25 secondi
 Recipiente di colata: siviera di colata dal basso 4t e 6t - diametro bocchello 70mm
 Forno fusorio: Forno ad arco, seguito da convertitore VARP



Figura 3: Nodo fuso con puntoni trasversali