

## **Il nuovo metodo dell'ermetizzazione di accoppiamento dei dettagli refrattari dei dispositivi di difesa contro l'ossidazione secondaria negli impianti di colata dell'acciaio in continuo**

Il Direttore generale della Jsc "Rosmetallkomplekt" I. Mikhailov, il Vice Direttore dell'Istituto di Chimica dei Silicati dell'Accademia delle Scienze della Russia, il Membro Corrispondente dell'Accademia delle Scienze della Russia, il Professore V.Zhabrev, il Vice Direttore tecnico dell' Spa "Severstal" V.Ordin

- 1. Il nuovo metodo dell'ermetizzazione del dispositivo di accoppiamento dei dettagli refrattari negli impianti di colata dell'acciaio in continuo è studiato e con successo applicato nelle aziende di siderurgia della Russia, Ucraina, Bielorussia e testato con successo in Finlandia e in Germania (Applicazione 1).*
- 2. L'uso degli inserti FERM-P (Flessibile Refrattaria Elastico con Programmabile Proprietà) previene l'aspirazione dell'aria nel posto di giunzione del tubo di protezione con il bicchiere-collettore che permette di rifiutare al metodo di soffiaggio del predetto gruppo con l'argo.*
- 3. L'uso degli inserti FERM-P permette di assicurare subito nel processo di colata lo specchio piatto di metallo nella siviera industriale e cristallizzatori ed aumentare l'efficienza della miscela scorificante e riscaldante di protezione.*
- 4. L'uso degli inserti FERM-P esclude la penetrazione del metallo nel gioco fra i dettagli di accoppiamento, esclude la loro saldatura e permette di assicurare la libera sostituzione del bicchiere immerso, lasciando la superficie di accoppiamento del bicchiere del dosatore assolutamente pulita.*
- 5. È svelata la migliore proporzione dei valori di montaggio del bicchiere-collettore, i diametri del tubo di protezione e lo spruzzo che costituiscono  $\Delta d = 70 \text{ mm}$  ( $d_{\text{tub.}} = 120$ ,  $d_{\text{noz.}} = 50 \text{ mm}$ ),  $l = 60-65 \text{ mm}$ .*

L'acciaio sempre contiene una certa quantità degli elementi che nelle condizioni ordinarie rappresentano gas (azoto, idrogeno, ossigeno). La loro comparsa è legata soprattutto al fatto che il metallo liquido negli impianti per fusione dell'acciaio e di colata dell'acciaio entra in contatto con l'aria atmosferica.

I gas contenuti nell'acciaio in forma di bolle di gas, inclusioni inorganiche

in forma dei composti (ossidi, nitruri, idruri) e soluzioni solide, cioè in forma degli atomi o ioni, incastonati nel reticolo cristallino del metallo. Queste impurità peggiorano la qualità dell'acciaio. L'ossigeno presenta nel metallo in forma di inclusioni di ossido e solo la sua insignificante quota (la concentrazione  $[O]$  nell'acciaio solido  $< 0,002\%$ ) si trova nello stato disciolto (soluzioni solide), mentre l'azoto e l'idrogeno nell'acciaio a certe condizioni sono capaci ad emanarsi dalla soluzione, precisamente, in forma gassosa e creare con ciò alcuni sostanziali difetti. Perciò i metallurgici utilizzano diversi metodi da ridurre la saturazione di gas nel metallo.

Il processo di soluzione dei gas nel ferro è endotermico, visto che al riscaldamento si consuma l'energia per la rottura dei legami fra atomi nella molecola del gas, quindi con l'aumento della temperatura cresce la solubilità dei gas.

Com'è noto la soluzione dell'azoto nel metallo è subordinata alla legge:  $[N] = K \sqrt{P_{N_2GAS}}$ , dove  $[N]$  – la concentrazione dell'azoto,  $P_{N_2GAS}$  – la pressione parziale  $N_2$  nella fase gassosa,  $K$  – il coefficiente di proporzionalità (costante di soluzione), che è uguale alla solubilità del gas nel ferro alla  $P_{N_2} = 0,1 \text{ MPa}$  (1 atm) e dipende dalla temperatura e composizione del metallo. Secondo i dati [1] la dipendenza della costante di soluzione dell'azoto nel ferro liquido dalla temperatura viene descritta dall'equazione:  $\lg [K_{N_2, \%}] = - 770^\circ T - 0,95$  (1), dove  $K_{N_2}$  - è il coefficiente della solubilità dell'azoto nel ferro puro. Secondo la predetta dipendenza, a  $1600^\circ C$   $K_{N_2} = 0,044\%$ . Quindi, per questa temperatura l'equazione (1) può essere presentato in seguente modo:  $[N] = 0,044 \sqrt{P_{N_2}}$ , cioè a  $1600^\circ C$  e la pressione normale parziale (0,1 MPa) si scioglie 0,044% dell'azoto (fig.1).

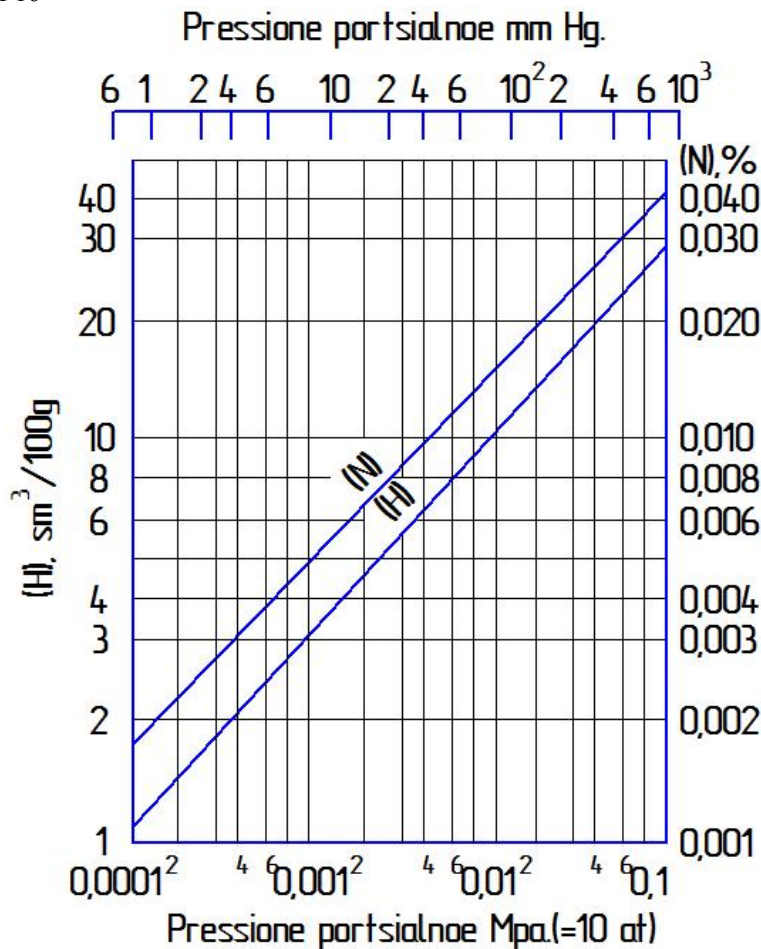


Fig. 1 La dipendenza del contenuto equilibrato H<sub>2</sub> e N<sub>2</sub> nel ferro liquido dalla loro pressione parziale nella fase gassosa a 1600°C secondo i dati [1].

La solubilità dell'azoto in diverse modifiche poliformi del Fe è diversa e dipende fortemente dalla temperatura. La modifica ad alta temperatura  $\delta$ -Fe scioglie meno dell'azoto rispetto a quella a bassa temperatura  $\gamma$ -Fe. La proprietà più spiacevole dell'azoto è la sua scarsa solubilità nel  $\alpha$ -Fe, particolarmente nel campo di basse temperature (fig. 2, 3). Alla concentrazione 44 ppm N alla temperatura meno di 600°C avviene la decomposizione della soluzione solida  $\alpha$ -Fe con formazione del composto Fe<sub>4</sub>N ( $\gamma^1$ -fase), che si emana a confini dei grani e aumenta la durezza, però incrementa la sua fragilità, diminuisce la plasticità, quindi causa l'invecchiamento del metallo. Con ciò scaturisce anche il pericolo di emanazione dei gas dall'acciaio solido. In tal modo, la saturazione dell'acciaio con l'azoto è particolarmente dannosa, se il metallo funziona alle condizioni di basse temperature. Il contenuto effettivo dei gas nell'acciaio non supera la loro solubilità nel  $\delta$ -Fe, ma sempre più alta di loro solubilità nel  $\alpha$ -Fe nel campo di normali temperature.

Per l'eliminazione completa del predetto pericolo è necessario che il contenuto dell'azoto nell'acciaio non superi 10-15ppm. Tale basso contenuto dell'azoto si può assicurare nel caso se il metallo alla colata si trova in equilibrio con la fase gassosa in quale la pressione parziale di ogni gas non oltre a 133,3 Pa (1 mm Hg) - fig.1. Di solito queste condizioni non vengono realizzate, perciò bisogna neutralizzare l'effetto dannoso dei gas tenendo conto le loro proprietà individuali e il contenuto effettivo nel metallo.

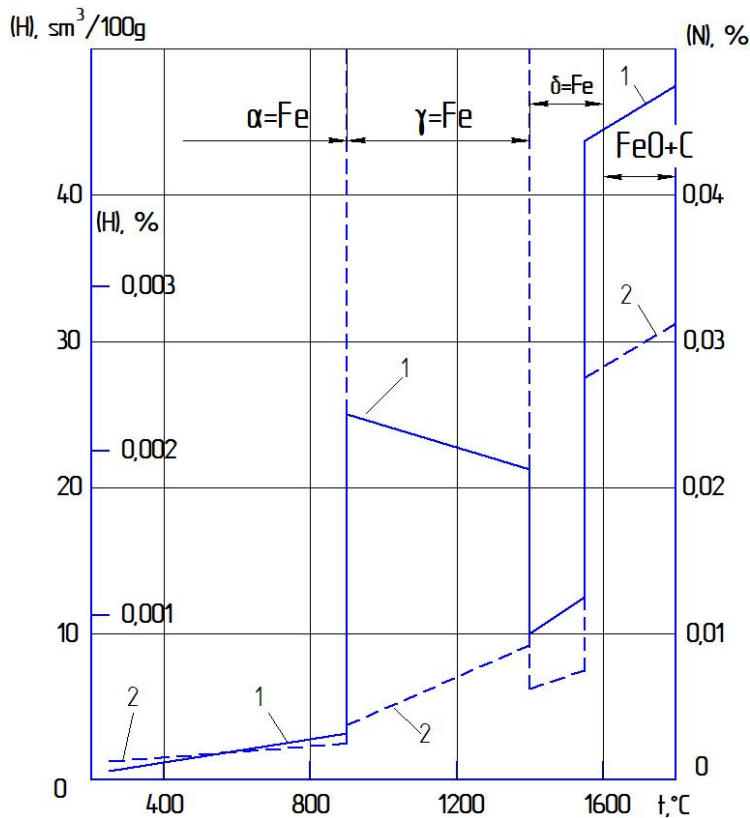


Fig.2 Dipendenza di solubilità dell'azoto (1) e l'idrogeno (2) dalla temperatura alla pressione parziale 1 atm secondo i dati [1]

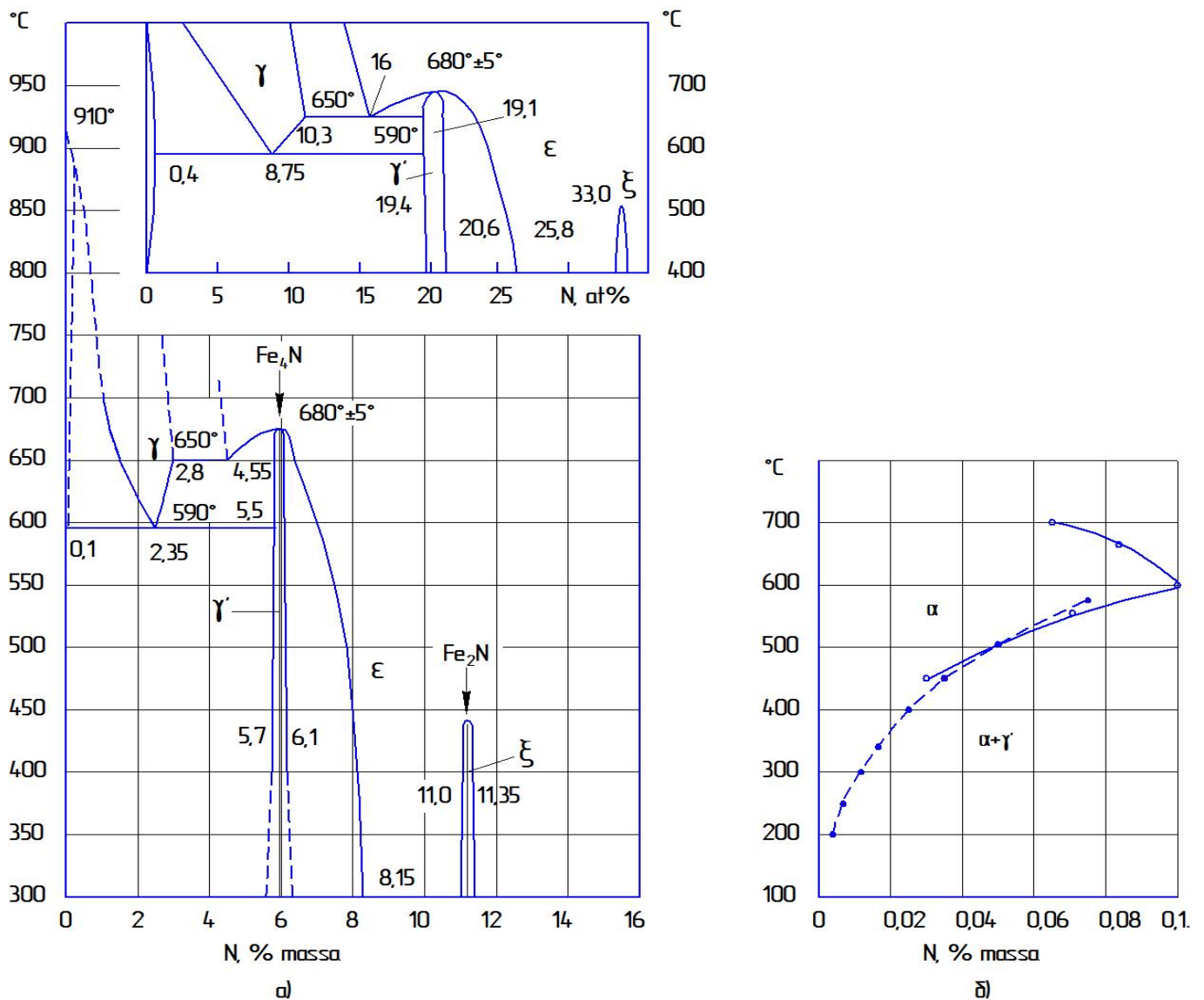


Fig. 3 Il diagramma dello stato Fe-N (a) e il campo di solubilit  dell'azoto nel  $\alpha$ -Fe (b) secondo i dati [2].

A seconda delle esigenze verso l'acciaio sono consentiti diversi gradi di contenuto dell'azoto: 0.0- 10 ppm, 10 – 30 ppm, 30 –70 ppm.

In relazione al fatto la protezione del metallo liquido contro i contatti con l'aria atmosferica nella zona ad alte temperature   un compito importantissimo.

Alla colata dell'acciaio in continuo, il metallo fuso si manda dalla siviera di acciaio alla siviera intermedia attraverso il sistema: il bicchiere - il collettore - il tubo di protezione. Con ci  uno spruzzo di metallo nel tubo di protezione in seguito alla eiezione crea una significativa depressione. Se il gruppo non mantiene l'ermetizzazione, succede l'iniezione dell'aria nella cavit  del tubo, in seguito a ci  l'aria contenente l'azoto penetra nel metallo.

C'  da notare che presente una piccola quantit  d'aria riempiente la cavit  del tubo di protezione prima di scarico del metallo che al momento di scarico in primo luogo penetra nel metallo. Secondo i nostri calcoli questo valore pu 

costituire ~10 ppm al 1 MT di metallo, però, quanto a regola questa parte del lingotto alla colata di acciaio si stacca e non si usa, per tale motivo noi possiamo trascurare questo valore d'incremento dell'azoto.

Il grado d'ermetizzazione del gruppo si apprezza in base ad'incremento della concentrazione dell'azoto nel metallo fra la siviera di acciaio e quella intermediaria. In principio, l'incremento non deve andare oltre a 10 ppm al 1 MT di metallo. Di solito questo si raggiunge per mezzo di soffiaggio della giunzione il bicchiere - il collettore - il tubo di protezione con l'argo. Ma con tutta la sua efficienza il metodo ha difetti essenziali:

- L'argo viene iniettato con uno spruzzo d'acciaio ed entrando nella siviera intermediaria causa il ribollimento del metallo che trasgredisce la continuità dello strato di miscela scorificante e termoisolante, in seguito a ciò si rafforza l'interazione della superficie dell'acciaio liquido con l'aria e la sua saturazione supplementare con l'azoto. Oltre a ciò, questa miscela comincia a mescolarsi con l'acciaio, inquinarlo e diminuire le proprietà termoisolanti e protettive della miscela;
- Non si raccomanda per gli acciai di basso tenore in carbonio l'uso delle miscele contenenti il carbonio in qualità dello strato termoisolante nella siviera intermediaria nel predetto caso, perchè in seguito al ribollimento dell'acciaio rompe lo strato formato siliceo di protezione e può succedere la carburazione dell'acciaio;
- L'argo più pesante dell'aria, lo sposta negli strati inferiori dei locali di produzione che implica il peggioramento della situazione ecologica, e con l'accumulazione di grande concentrazione dell'argo dentro lo spazio chiuso può cagionare anche la morte del personale.

Nella figura 4a Applicazione 2 è presentato il peggiore variante di soffiaggio del tubo di protezione con l'argo. Il gas argo soffia forzatamente nel foro della parete del tubo al posto di accoppiamento con il bicchiere del collettore, sul perimetro della sede di montaggio del tubo di protezione è previsto un canalino per distribuzione regolare dell'argo. Per la tenuta della giunzione si applica l'inserito di feltro. Ecco sono imperfezioni di tale metodo:

1. L'argo soffia nel tubo forzatamente, indipendentemente dalla forza di iniezione creata dallo spruzzo di metallo, con ciò l'aria penetra liberamente nel gioco fra il collettore e il tubo e semplicemente si diluisce con l'argo.

2. Alla minima trasgressione dell'ermeticità dell'impianto di alimentazione dell'argio al tubo, l'argio stesso inizia a iniettare suppletivamente l'aria e peggiora ancora la situazione.
3. Con ciò il ribollimento del metallo nella siviera industriale è molto forte e il metallo suppletivamente prende l'aria attraverso la superficie aperta.

Nella figura 5a Applicazione 3 è presentato il metodo di soffiaggio con l'argio nella cavità fra la camicia d'acciaio e la superficie esterna del tubo di protezione. Questo metodo all'alta disciplina tecnologica del personale permette ad ottenere in realtà il basso incremento dell'azoto (0-8ppm) e l'ossidazione. Con ciò l'argio stesso arriva al luogo di accoppiamento del bicchiere-collettore e il tubo di protezione dal di fuori, riempisce completamente la cavità risultante, formando un certo di paratoia idrica, sposta e spinge l'aria dalla giunzione. Ecco sono imperfezioni di tale metodo:

1. Con ciò il ribollimento del metallo nella siviera industriale è abbastanza forte.
2. Nel caso se la forza d'iniezione è abbastanza grande, nella paratoia d'argio si forma un imbuto, per mezzo di quale l'aria entra nel tubo.

Nella figura 4b Applicazione 2 è presentato il metodo di soffiaggio con l'argio del gruppo di dosatore della siviera industriale (tundish ladle) nel tappo (ladle stopper). Questo metodo permette a escludere completamente l'iniezione dell'aria nella giunzione nozzle del dosatore – immersion nozzle, perché alla presenza del gioco l'argio entra dentro e spinge l'aria. In relazione al fatto che la forza dell'iniezione nel predetto gruppo quasi 10 volte di meno, che nel tubo di protezione (ladle shroud), è sufficiente. Di regola, tale metodo si applica allo scopo di escludere la copertura del canale del bicchiere immerso con l'ossido di alluminio, per evitare la sosta della colata e la sostituzione del bicchiere immerso. La durata del servizio del bicchiere in realtà si aumenta 2-5 volte. Ecco sono imperfezioni di tale metodo:

1. Alla minima trasgressione dell'ermeticità dell'impianto di alimentazione dell'argio nel bloccaggio, l'aria viene iniettata con l'argio ed entra nel metallo.

2. A causa del fatto ed anche in forza della penetrazione dell'aria nel gruppo il bicchiere collettore - il tubo di protezione, l'ossido di alluminio lo stesso si forma sulle pareti del bicchiere immerso, ma soffia in forma di inserti non metallici nel cristallizzatore, aumentando il contenuto delle inclusioni non metalliche nell'acciaio.
  
3. Con ciò diventa molto forte il ribollimento del metallo nel cristallizzatore e il metallo entra in reazione con l'aria e viene insaturato dall'ossigeno.

Nella figura 5b Applicazione 3 è presentato il metodo di soffiaggio con l'argo del dato gruppo, che è analogo al metodo di soffiaggio del gruppo il bicchiere - il collettore - il tubo di protezione della figura 5a Applicazione 3. Il questo caso il metodo ripete gli stessi vantaggi e svantaggi. Il ribollimento del metallo è significativamente più basso che al soffiaggio con l'argo nel bloccaggio, ma il bicchiere immerso alla colata di marchi dell'acciaio che contengono l'alluminio si copre con l'ossido molto più veloce.

In tutti i casi di cui sopra nella giunzione viene installato l'inserto di feltro che, invece, non può completamente ermetizzare la giunzione per motivo della sua struttura fibrosa e alla forte iniezione l'argo e l'aria entrano nel metallo.

Noi abbiamo offerto il nuovo metodo di ermetizzazione dell'impianto di accoppiamento dei dettagli refrattari negli impianti di colata dell'acciaio in continuo che non chiedente l'alta precisione delle misure di montaggio ed escludente l'iniezione dell'aria nella giunzione, permettente completamente rifiutare al soffiaggio del gruppo con l'argo, escludere il ribollimento del metallo nella siviera industriale e tutte le conseguenze che ne risultano.

Il compito impostato è risolto tramite l'installazione dell'inserto refrattario elastico in plastica fra il tubo di protezione e il bicchiere-collettore che grazie alla sua plasticità dispone della proprietà di ripetere completamente la configurazione delle superficie dei dettagli di accoppiamento.



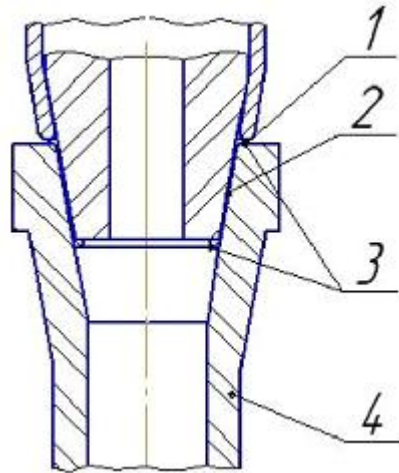


Fig. 6 1- collettore ugello (collector nozzle), 2 – inserti (seal) FER-M-P, 3 – flangia di inserti FER-M-P, 4 - tubo di protezione (ladle shroud)

Per miglioramento dell'ermetizzazione abbiamo applicato l'inserto eseguito nel nuovo materiale refrattario elastico in plastica (FER-M-P), studiato e descritto da noi nel [5]. FER-M-P consiste di un riempitivo refrattario, legante inorganico a basso punto di fusione, conveniente caucciù e additivi tecnologici. Il caucciù in questi materiali fa un duplice ruolo: fornisce le proprietà elastiche di plastica e rappresenta la matrice legante in continuo a basse temperature.

Come riempitivo per soluzione dei compiti impostati di tutti i possibili materiali refrattari è selezionata l'anidride silicica in forma del polvere di quarzo di varie frazioni con dimensioni dei grani 1mkm- 0,2mm nella proporzione rigorosamente equilibrata. L'applicazione dell'anidride silicica è dovuta alla presenza nella stessa di una serie di passaggi poliformi accompagnati da un cambiamento considerevole del volume (fig. 7).

$\alpha$ - il quarzo in presenza del legante a più componenti in base al materiale composito di ossidi di metalli a basso punto di fusione a condizione di veloce salita della temperatura fino a  $\sim 1430^{\circ}\text{C}$  ed esposizione oltre a 15 minuti passa nel  $\alpha$ -cristobalite con aumento del volume senza formazione di porosita. Secondo i dati [7,8] il predetto aumento fa  $\sim 15\%$ . L'aumento del volume senza formazione di porosita al riscaldamento è favorevole, perchè contribuisce al riempimento del gioco con il materiale e al miglioramento dell'ermeticità. Dopo la colata terminata il gruppo cede facilmente allo smontaggio, perchè il materiale dell'inserto si screpola al raffreddamento quindi la sua fragilità aumenta. Da noi è stabilito che in questo caso è legato al fatto che al raffreddamento del gruppo fino alle temperature  $\sim 1400-1200^{\circ}\text{C}$  in presenza della liquida fase e il materiale composito di ossidi di metalli a basso punto di fusione si fa il passaggio di una certa parte del  $\alpha$ -cristobalite al  $\alpha$ - tridimite con diminuzione del volume. La presenza di tale

passaggio lo confermano i dati RFA, di cui certifica l'apparizione d'un debole riflesso nel diffrattogramma del materiale lavorato con  $d/n = 4,14 \text{ E}$ . Nel caso di raffreddamento fino alle più basse temperature ( $\sim 200^\circ \text{ C}$ ) il passaggio polimorfo del  $\alpha$ - cristobalite  $\rightarrow \beta$ - cristobalite con diminuzione del volume (3,7%) causa l'aumento di screpolatura del materiale e facilita lo smontaggio del gruppo.

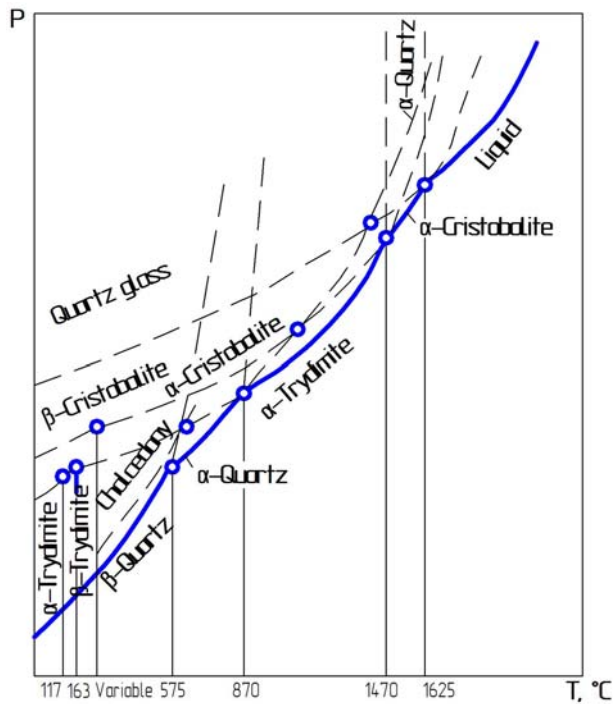


Fig. 7

Transizioni polimorfiche di silice nel corso della temperatura

Di questo materiale è stato fabbricato l'inserto che venivo installato fra il tubo di protezione e il bicchiere-collettore. La costruzione del gruppo, descritta da noi nel [6], rappresentata nel fig. 8.

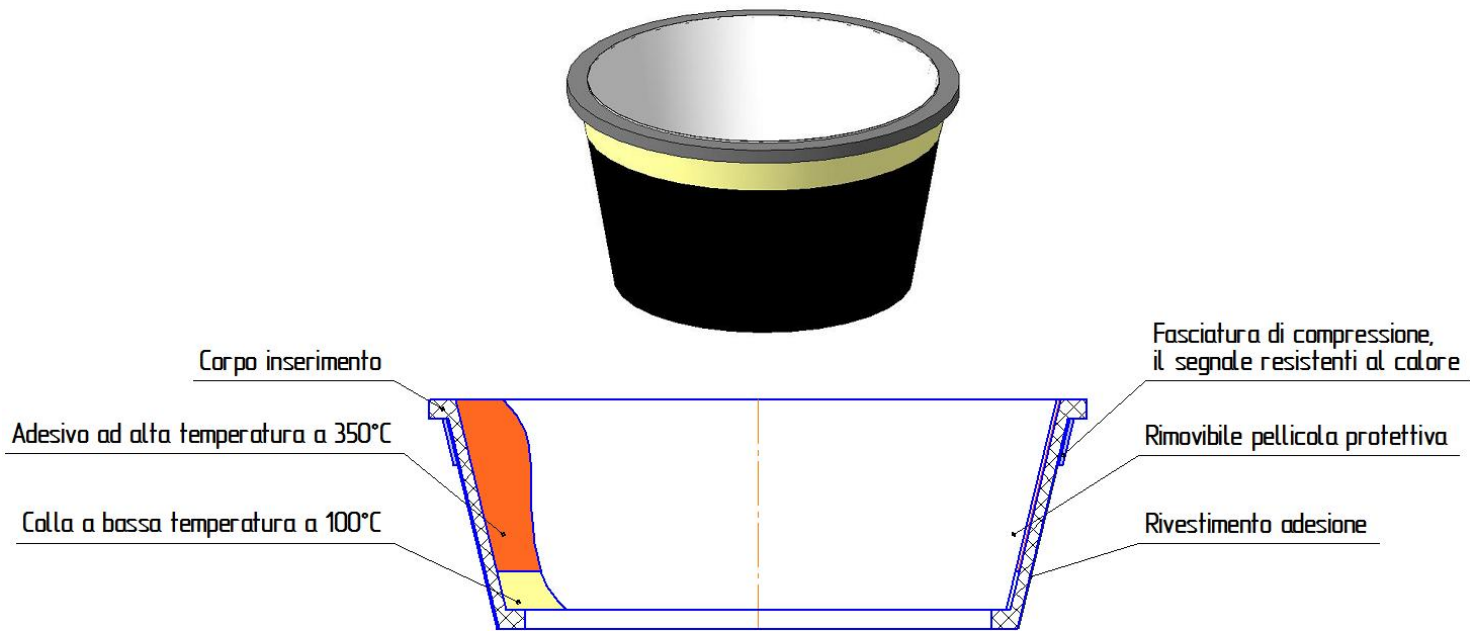


Fig. 8 Sigillatura Inserisci per tubo di protezione

Bisogna installare l'inserto di tenuta al bicchiere-collettore per facilitare ed accelerare il montaggio, smontaggio e lavaggio del canale del tubo di protezione con l'ossigeno. Con ciò, a differenza del modo d'installazione dell'inserto di tenuta nel tubo, praticamente sono assenti i resti del materiale dell'inserto.

All'applicazione del tubo di protezione multiuso d'installazione dell'inserto di tenuta deve essere eseguita al bicchiere-collettore per facilitare ed accelerare il montaggio, smontaggio e lavaggio del canale del tubo di protezione con l'ossigeno.

Il nuovo inserto di tenuta autoadesivo FERM-P senza difficoltà si mette con leggero movimento della mano, sia al bicchiere-collettore freddo sia al bicchiere-collettore riscaldato fino a 400°C, l'inserto s'incolla da sola al bicchiere-collettore e si mantiene sicuramente sul posto fino a 10 ore. 2 specie di colla (colla ad alte temperature ed a basse temperature) si applica sulla parte interna dell'inserto e si chiudono con un film di protezione che si rimuove prima di montaggio del prodotto con leggero movimento della mano. Sulla superficie esterna e inferiore dell'inserto si mette la copertura autoadesiva per escludere la saldatura al tubo di protezione. L'anello elastico ad alta temperatura si mette fuori sull'inserto di tenuta con tirante suppletivo per aumentare la sicurezza di ritenzione dell'inserto di tenuta al bicchiere-collettore nel campo delle temperature da -20°C a +400°C.

Questo anello è fabbricato in materiale bianco per un eventuale osservazione visuale di presenza dell'inserto sul bicchiere-collettore da una grande distanza. Gli inserti possono essere coperti di una copertura polimerica bianca ad alta temperatura dall'esterno per il sistema a guida laser allo scopo d'installazione del tubo di protezione nelle fonderie moderne di acciaio. Lo smontaggio del tubo di protezione durante la sostituzione della siviera può essere eseguito con un leggero movimento radiale del manipolatore e poi con ordinari procedimenti ammissibile. Come di regola, la sede del tubo di protezione rimane pulito. Nel caso dell'inizio di colata fuori regola, quando all'apertura della paratoia a ghigliottina l'acciaio non scorre, il tubo di protezione si smonta e il bicchiere-collettore si lava con l'ossigeno. Dopo di che l'inserto non si accende per lungo tempo, ma anche se l'inserto si accende, quest'ultimo non perde le proprietà entro 3 minuti.

L'efficienza dell'uso dell'inserto di tenuta FERM-P viene definita in base alla misurazione del contenuto dell'azoto nell'acciaio dopo la colata per mezzo di Macchina di colata continua. L'aumento, di regola, è pari a 0- 5 ppm. Lo specchio del metallo nella siviera intermedia dopo l'entrata nel regime lavorativo è liscio, la miscela isolante è regolarmente distribuita sulla superficie di metallo.

Lo stesso metodo d'ermetizzazione viene usato per il gruppo il bicchiere-il dosatore-il bicchiere immerso fra la siviera intermedia e il cristallizzatore.

Però, questa giunzione ha una particolarità. Il bicchiere immerso durante la sostituzione deve essere smontato assolutamente libero, la superficie del bicchiere del dosatore deve rimanere assolutamente pulito e, oltre a ciò, il tempo di sostituzione non deve superare 20-30 secondi. L'iniezione d'aria in questa giunzione è approssimativamente 10 volte di meno che nel tubo di protezione, e l'inserto non deve agglomerarsi per ermetizzazione, perciò per FERM-P può essere usato MgO senza legamenti a basso punto di fusione (fig. 9).

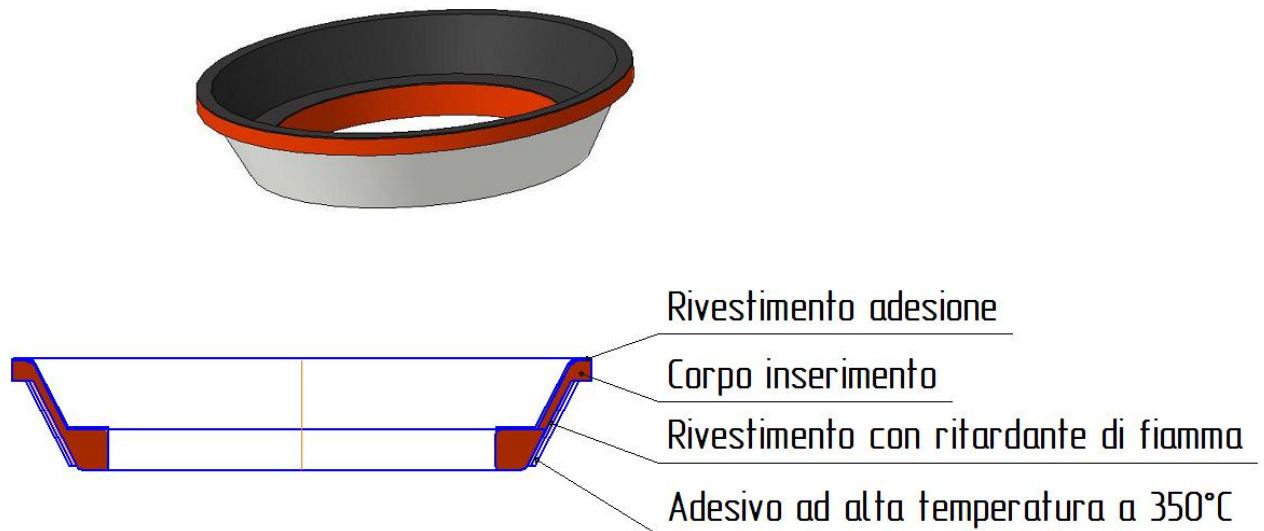


Fig. 9 Sigillatura inserire per un nel ugello immersione (immersion nozzle)

L'applicazione della predetta tecnologia permetterà totalmente escludere il soffiaggio dei gruppi con l'argo, assicurare lo specchio uguale di metallo nella siviera industriale e il cristallizzatore, diminuire l'intasamento del canale del bicchiere immerso col  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

L'efficienza del lavoro dell'inserito in FERM-P venne definita in base alla definizione dell'incremento dell'azoto nell'acciaio dopo il passaggio dello spruzzo di metallo attraverso il gruppo di colata. In tal modo, definivano la concentrazione dell'azoto prima e dopo il passaggio attraverso il gruppo di colata dell'acciaio, cioè nella siviera dell'acciaio e nella siviera intermedia. L'incremento, di regola, non supera 8.0 ppm al 1 tonnellata dell'acciaio, nei casi esclusivi fino a 10.0 ppm massa %. Lo specchio di metallo nella siviera intermedia dopo l'entrata nel regime lavorativo è tranquillo, la miscela scorificante – riscaldante è regolarmente distribuita sulla superficie di metallo.

La quantità dell'azoto iniettato dipende dal valore del volume dello spazio aereo fra le superfici di spruzzo di metallo e il tubo. In via sperimentale è stabilito che l'incremento dell'azoto non dipende dalla lunghezza del tubo, ma solo dal valore  $\Delta d = d_{\text{tub.}} - d_{\text{noz.}}$ , dove  $d_{\text{tub.}}$  è  $d_{\text{noz.}}$  – del diametro del tubo e lo spruzzo (bicchiere) rispettivamente.

Per svelamento di tale dipendenza venivano usati i risultati dell'analisi

quantitativa del contenuto dell'azoto nel metallo alla colata dell'acciaio in diverse aziende siderurgiche della Russia con l'uso degli inserti di FERM-P. Con ciò, i valori di  $d_{tub.}$  e  $d_{noz.}$  venivano modificati in seguente modo:  $d_{noz.} = 90, 100, 110, 120$  mm,  $d_{noz.} = 50, 60, 70, 80$  mm.

In tal modo noi abbiamo un completo di valori  $\Delta d$  presentati nella tavola.

### Tavola

Valori  $\Delta d$  a seconda  $d_{tub.}$  e  $d_{noz.}$

$d_{tub}$	90	100	110	120
$d_{noz}$				
50	40	50	60	70
60	30	40	50	60
70	20	30	40	50
80	10	20	30	40

I più piccoli valori  $\Delta d = 10, 20$  mm erano esclusi dallo sperimento in seguito di approssimita dello spruzzo del metallo alla superficie del tubo che poteva implicare una serie di processi sfavorevoli (la frizione dello spruzzo, la turbolenza del flusso, l'interazione chimica del metallo con il materiale del tubo, la corrosione del tubo, l'inquinamento del metallo ecc.).

Nella Fig.10 sono presentate le dipendenze dell'incremento dell'azoto ( $\Delta C$ , mass%) dai valori di montaggio ( $l$ , mm) del bicchiere nel tubo di protezione, che cambiavano da 50 a 70 mm. Come si vede dalla figura, all'aumento di profondità di montaggio da 50 a 70 mm a tutti i  $\Delta d$  si osserva la diminuzione dell'incremento dell'azoto. Con valori  $l > 60$  mm l'incremento dell'azoto si trova al livello di 0,0007 – 0,0008% che è dovuto all'aumento di spessore dello strato del materiale resistente all'iniezione dell'aria. Con l'aumento del  $\Delta d$  si osserva la diminuzione dell'incremento dell'azoto, perchè con  $l = 60$  mm e  $\Delta d = 70$  mm l'incremento costituiva 7 ppm, e con  $\Delta d = 30$  mm – 13 ppm.

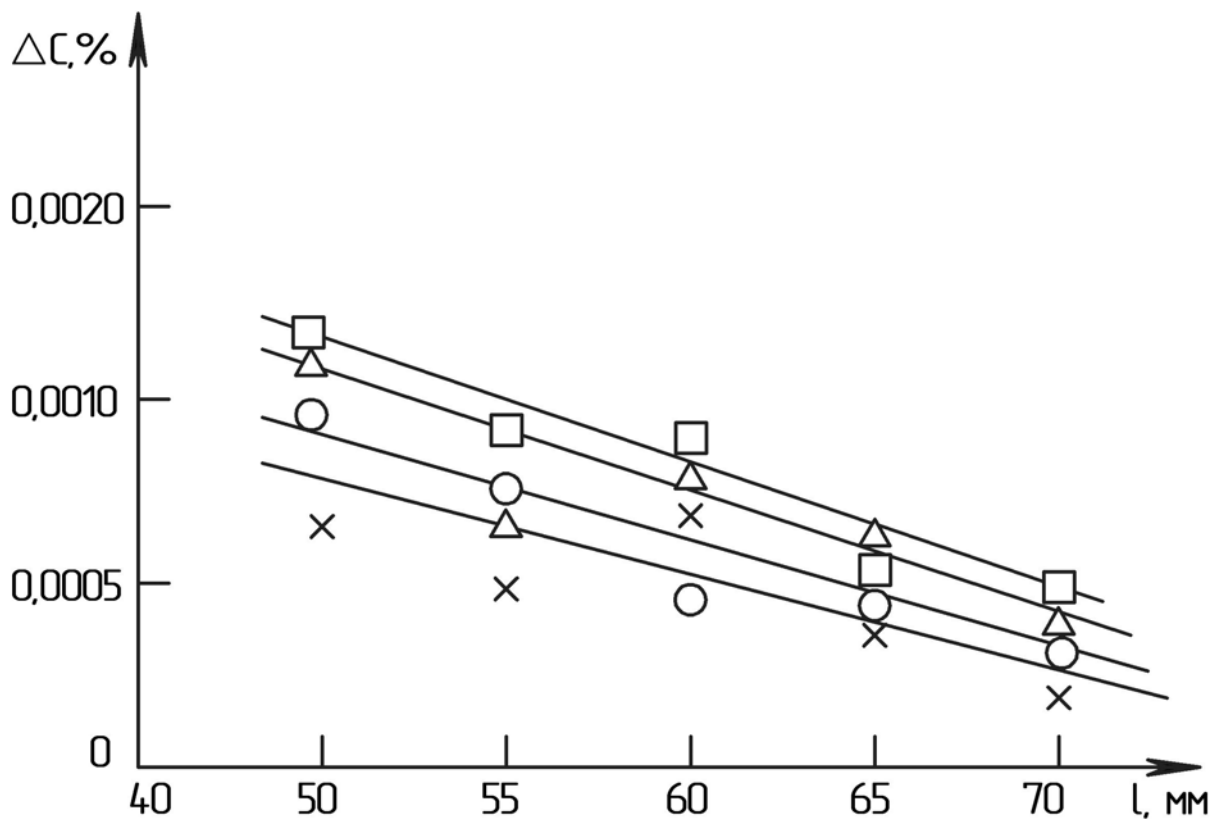


Fig. 10 La dipendenza dell'incremento del contenuto dell'azoto ( $\Delta C, \%$ ) dalla profondita di montaggio del bicchiere-collettore con diversi valori di  $\Delta d$  (mm): x - 70, o - 60,  $\Delta$  - 40,  $\square$  - 30

Quindi, ci vuole diminuire la sezione di spruzzo ed aumentare il montaggio, ma con  $l \geq 70$  mm lo smontaggio dell'inserto diventa difficile. In relazione a ciò, i migliori rapporti fra la sezione del tubo e lo spruzzo con  $\Delta d = 70$  mm, cioè  $d_{\text{tub.}} = 120$  mm,  $d_{\text{noz.}} = 50$  mm, con  $l = 60-65$  mm. Però, è consentito di variare  $d_{\text{noz.}}$  da 50 a 80 mm,  $d_{\text{tub.}}$  da 90 a 120 mm secondo la concreta costruzione del gruppo.

#### Elenco di fonti utilizzate

1. A.M. Bigheev. Metallurgia dell'acciaio. La teoria e tecnologia della fusione dell'acciaio. M. "Metallurgia". 1977. 439p.
2. Y. M. Lakhtin, J.D. Kogan. L'azotizzazione dell'acciaio. M. "Costruzione delle macchine". 1976. 256p.
3. Certificato d'autore dell'URSS № 817017 del 30.01.1981 dell'Ordine della Rivoluzione d'Ottobre e l'Ordine della Bandiera Rossa del Lavoro l'Istituto Tecnologico "Lensovet" di Leningrado.
4. Certificato al modello utile della Federazione Russa № 29677 "Gruppo del sistema di trasporto di massa liquefatta di metalli" secondo la domanda № 2003100353, del 14.01.2003 "NKP "Intecogneupor" Srl.
5. Brevetto per invenzione della Federazione Russa № 2273618 del 10.04.2006 "Rosmetallkomplekt" Jsc (priorita dal 01.07.2004)

6. Brevetto all'invenzione della Federazione Russa № 2296033 del 27.03.2007 "Rosmetallkomplekt" Jsc (priorita dal 24.05.2005)
7. V.P.Pryanishnikov. Il sistema di anidride silicica. Casa editrice di letteratura edile. L. 1971. 238p.
8. Budnikov P.P., Berezhnoj A.S., ecc. La tecnologia della ceramica dei refrattari.M. Casa editrice di letteratura edile. 1962. p. 70