

3.3. Preparazione metallo. Trattamenti metallo fuso

FASI DI LAVORAZIONE SPECIFICHE

Caricamento forno
 Controllo delle fasi di fusione
 Scorifica
 Insufflazione ossigeno
 Aggiunta additivi
 Prelievo campioni
 Controllo temperatura
 Trattamento metallo fuso
 Preriscaldamento siviera

La tipologia del metallo caricato (rottame, residui da lavorazioni meccaniche, ricicli interni, semilavorati) influenza fortemente la scelta del forno fusorio che deve essere impiegato.

Ulteriore variabile fondamentale da considerare nella scelta del forno è la temperatura di colata: ghisa (1350-1400 °C), acciaio (1420-1700°C), leghe di rame (850-1050°C), leghe di alluminio (640-740°C), leghe di magnesio (620-680°C), leghe di zinco (400-430°C), leghe di piombo (280-350°C), stagno (230°C).

L'operazione di fusione prevede la liquefazione e il surriscaldamento del metallo tramite somministrazione di energia termica, con forni a combustibile o con forni elettrici. Si utilizzano:

- forni elettrici ad arco: principalmente per acciaio;
- forni elettrici a resistenza e a induzione: per metalli ferrosi e non ferrosi;
- forni a cubilotto, dove il metallo è a contatto del combustibile (coke) e dei prodotti di combustione: principalmente per ghisa;
- forni a riverbero e forni rotativi, alimentati di norma a metano oppure a gasolio, si sfrutta l'irraggiamento diretto delle fiamme e indiretto della volta: per leghe di alluminio e rame, ma anche per acciaio;
- forni a crogiolo, nei quali il metallo è separato dal combustibile, che in genere è gas metano: principalmente per i metalli non ferrosi basso bollenti.

Tabella 3.3.1. √ forno utilizzato per la fusione; ♦ forno utilizzato per il mantenimento del metallo fuso

| | Forno a cubilotto | Forno ad arco elettrico | Forno a induzione a canale | Forno a induzione a crogiolo | Forno rotativo |
|---------|-------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------|
| Ghisa | √ | √ | ♦ | √ ♦ | √ |
| Acciaio | | √ | | √ | |

Nelle fonderie di ghisa il metallo deve mantenere, durante il processo, una composizione e una temperatura sempre ben determinata. La carica è solitamente fusa nei forni a cubilotto o in quelli elettrici. Negli ultimi tempi ha acquistato sempre più impiego il forno a induzione, rispetto a quello a cubilotto.

Un altro tipo di forno che negli ultimi anni ha sostituito i forni cubilotti (in particolare quelli a vento freddo di medio-piccole dimensioni) è il forno rotativo.

Trovano sempre maggior diffusione, sistemi cosiddetti "duplex" nei quali un forno di attesa, normalmente di tipo elettrico a induzione, viene accoppiato a un forno di fusione tipo cubilotto o rotativo.

Nelle fonderie di acciaio, il metallo è fuso nei forni a induzione o in quelli ad arco elettrico. Questi ultimi hanno il vantaggio di poter usare anche scarti metallici di bassa qualità, poiché l'affinazione avviene all'interno del forno stesso.

Tabella 3.3.2. √ forno utilizzato per la fusione; ♦ forno utilizzato per il mantenimento del metallo fuso

| | Forno a cubilotto | Forno ad arco elettrico | Forno a induzione a canale | Forno a induzione a crogiolo | Forno rotativo |
|-----------|-------------------|-------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------|
| Alluminio | √ | √ | √ | √ | ♦ |
| Magnesio | | | | | √ |
| Rame | √ ♦ | | √ | | √ |
| Piombo | √ ♦ | | | | √ |
| Zinco | √ ♦ | | | | √ |

Nelle fonderie di metalli non ferrosi il tipo di forno utilizzato dipende sostanzialmente dalla dimensione della fonderia. Spesso le piccole fonderie producono differenti leghe e hanno una limitata capacità fusoria; la fusione è realizzata quindi con forni di piccola capacità quali quelli di tipo a crogiolo.

Nelle fonderie che utilizzano tecniche di produzione di getti mediante pressocolata, sovente il forno di fusione e di mantenimento della lega è integrato con la macchina di formatura.

Nel caso la fonderia necessiti di grandi capacità di fusione, o di una fusione centralizzata, vengono utilizzati forni a induzione, forni a suola o a tino e successivamente il metallo viene distribuito ai forni di attesa o ai crogioli di colata.

Nel territorio lombardo è presente un'unità produttiva che prepara il metallo fuso e trasporta con autocarro siviere per alimentare unità produttive di pressofusione che in questo modo non hanno fonderia.

Il profilo di rischio è fortemente caratterizzato dal tipo di forno che viene utilizzato. Nel Capitolo 4 vengono sottolineati anche input e output dei diversi tipi di forno e le specificità dell'impatto ambientale.

Le operazioni di caricamento del rottame nel forno fusorio, individuate nel precedente paragrafo, sono diverse a seconda del tipo di forno stesso:

- il forno elettrico è caricato tramite cesta precedentemente confezionata nell'area parco rottame;
- il forno a cubilotto è caricato tramite coclea/nastro trasportatore su cui sistema i pani con carrello o manualmente;
- il forno rotativo è caricato da parte dell'addetto parco rottame o dell'addetto al forno che prima, tramite pala meccanica e poi manualmente sistemano i pezzi accatastati in modo precario su carrello, che viene poi ribaltato in forno;
- il forno a crogiolo è caricato o manualmente, nel caso di piccoli forni a servizio di macchine conchigliatrici, o tramite bidoni, nel caso di grandi forni;
- il forno a riverbero è caricato con l'ausilio di carrelli elevatori che alimentano direttamente il forno o un cassone che viene ribaltato.

Figura 3.3.1. Carico dei pani di metallo su elevatore meccanico di forno a tino

Figura 3.3.2. Caricamento di forno a tino mediante elevatore meccanico



Diverse operazioni sono eseguite durante la fusione del metallo:

- aggiunta di scorificanti tramite pala o tramite sacchi;
- affinazione tramite insufflazione di ossigeno per decarburare ed eliminare gli elementi nocivi presenti nell'acciaio liquido;
- controllo della temperatura tramite termocoppia;
- prelievo di campioni per le analisi metallurgiche.

La scorifica serve ad asportare le impurità presenti nel metallo, a tal fine vengono aggiunte manualmente sostanze quali sali, metalli alcalino-terrosi; la scoria galleggia sulla superficie del metallo e viene rimossa manualmente mediante apposite raspe a manico lungo.

L'affinazione avviene aggiungendo manualmente ferroleghie o metalli..

Ultimate le operazioni di fusione, il metallo fuso viene avviato a forni di attesa, eventualmente per i trattamenti da effettuare sul metallo fuso, oppure è portato direttamente alla colata utilizzando siviere e versato nelle forme o negli stampi.

Figura 3.3.3. Spillaggio da cubilotto a siviera
Figura 3.3.4. Spillaggio da forno a riverbero a siviera su carrello



Figura 3.3.5. Alimentazione di forno a crogiolo di attesa tramite canale
Figura 3.3.6. Alimentazione di forno a crogiolo di colata tramite siviera



Trattamento metallo fuso

I processi di trattamento dei metalli sono specifici per il tipo di produzione.

In questa sede si citano il trattamento di sferoidizzazione della ghisa e di degasaggio dell'alluminio.

La ghisa liquida, prima della colata nelle forme, necessita di opportuni trattamenti allo scopo di ottenere specifiche strutture metallurgiche di solidificazione.

Alcuni di tali processi presentano una rilevanza dal punto di vista dell'ambiente di lavoro e dell'impatto ambientale. Tra i principali trattamenti si annoverano la desolfurazione e la sferoidizzazione.

La desolfurazione della ghisa può essere effettuata con l'aggiunta di sostanze come CaCl_2 o CaO . Il solfuro che si forma viene rimosso dal bagno liquido come scoria. Il processo utilizzato deve prevedere una adeguata agitazione del bagno, ottenuta per via meccanica o per insufflazione di un gas inerte.

La fabbricazione di getti a grafite sferoidale, comporta l'aggiunta al metallo liquido, di specifiche leghe a base di magnesio. Tale aggiunta può essere accompagnata da violente reazioni di ossidazione del Mg e nel processo vanno prese le precauzioni necessarie che da un lato ottimizzano la resa del magnesio e dall'altro limitano gli effetti della reazione esotermica di ossidazione del magnesio.

Il degasaggio serve a eliminare la presenza di idrogeno nella fusione; è effettuato con gas inerti, quali azoto o argon. Il flussaggio, destinato a rimuovere le impurezze solide dalla fase liquida, viene effettuato con cloro gassoso (tipicamente per le leghe di alluminio e leghe di magnesio) che è tossico per inalazione e irritante per contatto.

Figura 3.3.7. Trattamento di sferoidizzazione della ghisa con magnesio
Figura 3.3.8. Ripristino della siviera con scaricatore ad asta e tuffante



Impianti, macchine, attrezzature

| Attrezzature/Impianti/Macchine | Rischi lavorativi |
|--------------------------------|-----------------------------------------|
| Forni a cubilotto | Vedi scheda R1 |
| Forni elettrici | Vedi scheda R2 |
| Forni a crogiolo | Vedi scheda R3 |
| Forni rotativi | |
| Siviera | Investimento da parte di materiale fuso |

Mansioni della fase

| Addetto | Posizione di lavoro | Operazione |
|------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Capo forno | A terra Cabina forno/ quadro comandi | Controlla le fasi di caricamento del forno esegue le aggiunte di additivi preleva i provini misura la temperatura del bagno |
| Addetto al forno | Area di carica Cabina Platea forno A terra dietro schermo | operazioni di preparazione carica controllo del processo di fusione effettua lo spillaggio nei forni di attesa e/o nelle siviere, effettua la scorifica del metallo fuso aggiunta additivi, affinazione, misura la temperatura del bagno Operazioni di preriscaldamento siviera tramite lancia |

Fattori di rischio

L'insieme di queste lavorazioni risulta particolarmente critico per quanto concerne:

- l'inquinamento da rumore;
- l'inquinamento da polveri metalliche;
- i flussi di materiali, mezzi e persone, che determinano interferenze problematiche;
- i rischi infortunistici.

In tutte le aziende il forno è collocato in adiacenza al parco rottame e alla zona di colata. Tuttavia è possibile osservare diversi lay-out (si veda scheda R5 nel paragrafo 3.12 riferito all'*Analisi rischi e interventi comuni a più fasi*) con situazioni "compatte" tipiche di alcune realtà "meno progettate" (zona forno in posizione baricentrica rispetto alle altre aree con maggiori problemi dal punto di vista dei flussi e delle esposizioni indebite, in particolare per quanto riguarda rumorosità e inquinamento da aerodispersi) e con soluzioni

“allungate” tipiche di insediamenti più razionali o di quelli che hanno subito interventi edilizi migliorativi dove questi problemi risultano più contenuti.

Le postazioni di controllo e comando del forno, in numerose entità produttive, non sono segregate, chiuse o separate.

Nell’area sono presenti depositi di rottame, additivi e staffe. Il pavimento è realizzato in cemento, ma sussistono insediamenti dove è in terreno livellato e battuto.

I forni fusori elettrici e rotativi sono sempre aspirati, con sistemi che prelevano i fumi primari, mentre i forni a crogiolo sono generalmente privi di qualsiasi sistema di captazione.

In prossimità della zona di fusione/colata si trova la postazione di preriscaldamento della siviera che viene effettuata o tramite posizionamento manuale del cannello, o con bruciatore fissato tramite collare al bordo della siviera stessa. La postazione di lavoro non risulta segregata, al massimo protetta da schermi in metallo.

Rischi di natura infortunistica

Tabella 3.3.3. Preparazione metallo. Trattamento metallo fuso
Sintesi dei rischi di natura infortunistica: identificazione, danni, interventi di prevenzione

I rischi specifici, evidenziati con , derivano dalle evidenze emerse con l’analisi statistica degli infortuni e riportano l’operazione pericolosa, la modalità di accadimento, il danno rilevato, i fattori di rischio che sono stati ritenuti evidenti

| | IDENTIFICAZIONE RISCHIO →OPERAZIONE →MODALITA’ | DANNO ATTESO DANNO RILEVATO | INTERVENTI DI PREVENZIONE FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | → Operazione di taglio del rottame → investimento da parte di schegge | Ferite | DPI mancanti DPI forniti ma non utilizzati |
| I 1  | → transiti a terra nell’area di lavoro → urti, inciampi, scivolamenti | Lesioni traumatiche Distorsioni | Vedi infortunio I 1 Fase Trasferimenti |
| I 3  | → operazioni alla porta del forno → investimento da materiale ustionante dopo esplosione | Ustioni da calore | Sistemi monitoraggio forni Utensili e attrezzature umide DPI carenti o non utilizzati |
| I 4  | → operazioni sulla porta del forno → investimento da materiale ustionante | Ustioni da calore | Mancanza di schermi DPI mancanti o inadeguati |
| | → Rifacimento refrattario forno cubilotto → schiacciamento con materiale refrattario | Lesioni traumatiche Ferite | DPI mancanti o inadeguati Procedure operative |
| | Mezzi di trasporto Trasporto di metallo fuso (da forno a impianto trattamento) | Investimenti persone Lesioni dovute a scontri Eventi mortali | Organizzazione viabilità. Segnaletica Limitazione velocità Manutenzione mezzi e strutture Formazione |
| | Movimentazioni manuali - pani di metallo in carica - movimentazione materozze - movimentazioni additivi | Schiacciamenti Tagli, abrasioni Lesioni scheletriche | Uso di sistemi meccanici Idoneità Modalità corrette di movimentazione |
| | Incendio ed esplosioni (precursore Infortuni I3 e I4) | Ustioni da calore Lesioni di varia natura | Impiantistica a norma Manutenzione impianti Procedure di carica e conduzione forno |

Ricorrenze legislative segnalate nelle analisi degli infortuni gravi

| Numero | Legge/ Articolo | |
|--------|-----------------|------------------------------------------------------------------|
| 2 | 547/10 | protezione delle aperture nel suolo |
| 1 | 626/4 | obblighi del datore di lavoro, del dirigente, del preposto |
| 1 | 626/37 | informazione in merito all'utilizzo delle attrezzature da lavoro |
| 1 | 547/4 | obblighi dei datori di lavoro, dei dirigenti e dei preposti |

| | | |
|---|---------|----------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 547/385 | proiezione delle gambe rispetto alla proiezione di materiale incandescente |
| 1 | 547/182 | posti di manovra degli apparecchi di sollevamento e di trasporto |
| 1 | 547/263 | carenti protezioni rispetto ai materiali incandescenti |
| 1 | 547/374 | carente manutenzione delle strutture e degli impianti |

Fattore di rischio. Mezzi di trasporto

Ci si riferisce ai rischi connessi all'impiego di carrelli elevatori elettrici o diesel per alimentare il metallo nei forni fusori. Si veda quanto precedentemente esposto per la fase "Stoccaggio materie prime. Preparazione carica".

Per trasportare il metallo spillato in siviera fino postazione di trattamento sono prevalentemente utilizzati carrelli elevatori adeguatamente attrezzati. Oltre ai rischi tipici già affrontati, bisogna considerare il rischio aggiuntivo dovuto al trasporto di metallo fuso, che verrà affrontato in maniera specifica con la fase di "Colata".

Fattore di rischio. Movimentazione manuale, fatica

In alcuni casi i pani di metallo vengono posti manualmente in cassonetti, con i quali poi mediante carrello elevatore si alimenta il forno fusorio. Nel caso di piccoli forni i pani di metallo vengono posti direttamente in forno manualmente. I pani metallici raggiungono pesi rilevanti (10-20 kg). Vengono movimentati manualmente anche gli scarti di fusione (materozze o getti non conformi) il cui peso è variabile, ma può superare i 30 kg.

Vi sono quindi rischi connessi all'eccessivo carico di lavoro fisico, con possibili conseguenze sull'apparato muscolo-scheletrico, in particolare affezioni sia acute che croniche della colonna vertebrale.

In caso di caduta a terra dei pani vi sono rischi di lesioni traumatiche, soprattutto agli arti inferiori ma anche alle mani, inoltre c'è pericolo di tagli e abrasioni alle mani per eventuale presenza di bave taglienti.

Si veda quanto precedentemente esposto per la fase "Stoccaggio materie prime. Preparazione carica".

Fattore di rischio. Incendio ed esplosione

Le principali fonti di pericolo sono le seguenti.

1. Caricamento in forno di materiale bagnato o sporco di olio (esplosione fisica)

L'inglobamento di acqua nel materiale fuso dà luogo a violenta reazione esplosiva, dovuta all'espansione del vapore acqueo e anche, in alcune condizioni, all'ossidazione dell'idrogeno prodotto dalla riduzione dell'acqua. Se la quantità d'acqua in gioco è rilevante il fenomeno è distruttivo, con cedimento del forno; le conseguenze per gli addetti nelle vicinanze e sugli impianti possono essere molto gravi.

Le soluzioni attuabili per evitare questo rischio sono:

- Stoccaggio del metallo da fondere in aree asciutte e protette da precipitazioni atmosferiche.
- Essiccazione e preriscaldamento del metallo prima della fusione, questo è particolarmente importante in caso la materia prima sia costituita da rottame.
- Informazione del personale sui pericoli derivanti da introduzione di metallo bagnato o sporco di oli nel forno.

2. Presenza di forni con bruciatori a gas combustibile e linee di adduzione (esplosione chimica)

Il rischio è legato sia al bruciatore che regola il riscaldamento del forno sia al complesso di tubazioni utilizzate per l'adduzione del gas all'apparecchiatura utilizzatrice.

Possono verificarsi accumuli di gas, conseguenti allo spegnimento del bruciatore oppure alla perdita dalle tubazioni che, in concentrazioni pericolose e con innesco, generano esplosione o incendio.

Nel primo caso, per ridurre il rischio è necessario:

- utilizzo di apparecchiature recanti la marcatura CE relativa alla conformità alle norme tecniche che regolano la sicurezza delle apparecchiature a gas

- applicazione, per analogia agli impianti termici di riscaldamento, dei principi di sicurezza contenuti nel D.M. 12/04/1996 (approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio degli impianti termici alimentati da combustibili gassosi)
- installazione sui forni di dispositivi di sicurezza necessari a prevenire fuoriuscite di combustibile, surriscaldamenti, incendi, esplosioni
- installazione di sistema automatico di accensione a norma, con controllo atto a evitare l'inesco ritardato che potrebbe determinare una esplosione
- controllo del funzionamento del bruciatore, specialmente nella operazione iniziale di riscaldamento della carica, facendo attenzione che qualche pezzo non vada ad ostruire
- installazione di rivelatori automatici di gas (tarati a una opportuna concentrazione frazione del limite inferiore di infiammabilità del gas utilizzato), collegati al sistema di allarme e a elettrovalvole del tipo normalmente chiuse (in mancanza della alimentazione elettrica) installate sulle tubazioni del gas; tutto ciò per limitare la formazione di miscele esplosive all'interno del forno
- installazione di sistemi che, per elevata concentrazione di gas, interrompano l'erogazione del gas a bruciatore spento (ad esempio tramite sensori di temperatura)
- chiudere, quando l'apparecchiatura non è in utilizzo, il rubinetto di alimentazione del gas;
- regolare esecuzione di collaudi e verifiche periodiche di componenti e apparecchiature
- disporre di manuali operativi
- adeguata formazione degli addetti alla conduzione del forno sulla corretta gestione durante il normale funzionamento (con istituzione di apposita procedura), sia sulle procedure di emergenza (con indicazione in particolare del divieto di erogare acqua in caso di incendio in direzione dei forni).
- istituire una procedura di registrazione dei guasti e degli incidenti, anche evitati, con relative valutazioni ed eventuali interventi correttivi.

Per quanto riguarda invece il secondo aspetto, gli impianti di adduzione del combustibile possono comportare rischi di fughe di gas; gli obiettivi di sicurezza da perseguire sono:

- evitare rilasci di prodotto causati da errori di progettazione, costruzione o utilizzo;
- consentire in caso di rilascio una rapida intercettazione della linea;
- consentire in caso di rilascio una agevole diluizione e/o recupero del prodotto rilasciato;
- limitare la possibilità di inneschi in corrispondenza dei centri di pericolo dell'impianto.

Le principali misure di prevenzione da adottare sono di conseguenza le seguenti:

- progettazione, esercizio, manutenzione dell'impianto secondo la normativa vigente (in particolare: per gli impianti Legge 46/90; per le reti di distribuzione gas metano il D.M. 24/11/1984; per deposito e distribuzione GPL il DM 14/05/2004; infine, non per ordine di importanza, si citano le norme UNI-CIG).
- effettuare verifiche e manutenzione periodica su tutto l'impianto alimentazione gas.
- collocazione dei centri di pericolo (valvole, flangiature, ecc.) in ambienti ventilati e lontano da fonti di accensione.
- corretto posizionamento e segnalazione delle valvole di intercettazione;
- segnalazione delle tubazioni con colore e cartellonistica identificativa
- istruzioni al personale su come comportarsi per la messa in sicurezza dell'impianto
- regolamentare i "permessi di lavoro" sia in caso di interventi di ditte esterne che di servizi interni.

Interventi

| | |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| COMPARTO | FONDERIA |
| Fase di lavorazione | Lavorazioni al forno a cubilotto |
| Tipologia di rischio | R1 |
| Mansioni coinvolte | Addetti al forno |
| Fattori di rischio evidenziati | STRUTTURE E SPAZI Posizioni di lavoro inadeguata Presenza di ingombri e ostacoli (modalità incongrue di stoccaggio dei materiali) Pavimentazione sconnessa o sdruciolevole Illuminazione insufficiente IMPIANTI E MACCHINE Configurazione impiantistica vetusta Componenti degli impianti mal realizzati PROCEDURE OPERATIVE Informazione rispetto ai rischi carente/assente Procedure mancanti/carenti MEZZI DI PROTEZIONE PERSONALE Mezzi forniti, ma non adeguati |

Interventi:

Compatibilmente con il ciclo tecnologico, considerando i vantaggi e gli svantaggi schematizzati precedentemente, valutare la opportunità di sostituire il forno fusorio.

Modificare il lay-out.

Separare le aree di lavoro e prevedere delle segregazioni/separazioni delle posizioni di caricamento e conduzione del forno (per esempio adottare cabine insonorizzate e climatizzate al fine di ridurre l'esposizione a rumore e polveri).

Sostituire/migliorare la tecnologia dell'impianto vaglio e pesatura del rottame di carica.

Migliorare il canale di colata.

Predisposizione di metodi adeguati per la movimentazione e il caricamento delle impastatrici per la preparazione delle pigiate, tali da ridurre il contatto e la dispersione di polveri in aria.

Definizione di specifiche procedure operative anche per il passaggio delle consegne durante il cambio turno.

Formazione/informazione sui rischi specifici.

Fornire adeguati DPI ad evitare:

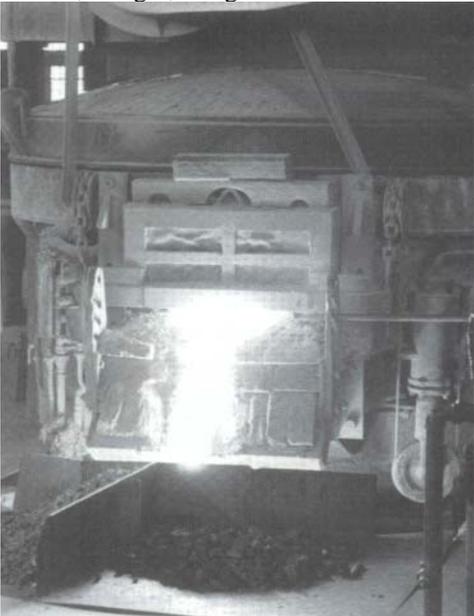
- il contatto cutaneo durante le fasi di rifacimento delle parti esterne del cubilotto;
- l'inalazione di polveri durante la fase di demolizione dei refrattari (casco con presa d'aria esterna);
- il contatto l'investimento con materiale fuso.

Schemi, disegni, fotografie



Spillaggio di ghisa da forno a cubilotto con siviera sostenuta da carrello

Pulizia del canale di spillaggio di forno a cubilotto

| COMPARTO | FONDERIA |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fase di lavorazione | Lavorazioni al forno elettrico |
| Tipologia di rischio | R2 |
| Mansioni coinvolte | Addetti al forno |
| Fattori di rischio evidenziati | <p>STRUTTURE E SPAZI Posizione di lavoro spesso inadeguata come collocazione e come spazi. Interferenza tra flussi materiali/mezzi/persone. Pavimentazione sconnessa o sdruciolevole. Illuminazione insufficiente.</p> <p>CONDIZIONI AMBIENTALI Polveri aerodisperse</p> <p>IMPIANTI E MACCHINE Configurazione impiantistica vetusta. Posizione di lavoro inadeguata, quasi sempre priva di una cabina di comando. Assenza di idonei dispositivi di comunicazione tra operatori a terra e operatori in quota.</p> <p>PROCEDURE OPERATIVE Procedure mancanti/carenti. Mancanza di coordinamento fra gli interventi.</p> <p>MEZZI DI PROTEZIONE PERSONALE Mezzi forniti, ma spesso carenti o inadeguati.</p> |
| <p><u>Interventi:</u> Miglioramento dei sistemi di aspirazione a servizio del forno fusorio (aspirazioni fumi primari e secondari contestualmente alla segregazione dell'area al fine di ridurre l'inquinamento indebito da polveri e rumore derivante da questa lavorazione). Prevedere la separazione/segregazione dell'area di lavoro (installazione di pareti fonoassorbenti). Prevedere delle postazioni di lavoro protette (cabina conduzione forno). Definire i flussi/depositi dei materiali e dei mezzi. Migliorare la pavimentazione dell'area di lavoro in modo da evitare i rischi causati dai scivolamenti e dagli inciampi. Dotare gli operatori a terra ed in quota di idonei sistemi di comunicazione. Fornire idonei DPI al fine di evitare il rischio da investimento con materiale fuso.</p> | |
| Schemi, disegni, fotografie | |
|  |  <p>Spillaggio di acciaio da forno elettrico a canale (tipico delle installazioni di fonderia) in siviera posta in fossa e sostenuta da carroponete Controllo dell'operazione e aggiunte di ferroleghie di calmatura</p> <p>Scorifica dalla porta mediante limitata inclinazione del forno</p> |

| COMPARTO | FONDERIA |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fase di lavorazione | Lavorazioni al forno a crogiolo |
| Tipologia di rischio | R3 |
| Mansioni coinvolte | Addetti al forno |
| Fattori di rischio evidenziati | <p>STRUTTURE E SPAZI Interferenza tra flussi materiali/mezzi/persone. Pavimentazione sconnessa o sdruciolevole. Illuminazione insufficiente.</p> <p>CONDIZIONI AMBIENTALI Polveri aerodisperse.</p> <p>IMPIANTI E MACCHINE Posizione di lavoro non protetta in termini di aspirazione localizzata.</p> <p>MOVIMENTAZIONE MECCANICA Sistemi di sollevamento non sicuri (spesso auto costruiti)</p> <p>PROCEDURE OPERATIVE Procedure mancanti/carenti. Formazione/Informazione sui rischi specifici.</p> <p>MEZZI DI PROTEZIONE PERSONALE Mezzi forniti, ma spesso carenti o inadeguati.</p> |

Interventi:

Miglioramento dei sistemi di aspirazione a servizio del forno adottando delle cappe mobili in grado di presidiare sia la fase di fusione che quella di spillaggio.

Razionalizzare i flussi e i depositi dei materiali.

Utilizzare nelle operazioni di caricamento del forno sistemi idonei e certificati per l'impiego specifico.

Fornire idonei DPI al fine di evitare il rischio da investimento con materiale fuso.

Schemi, disegni, fotografie



Due forni a crogiolo per la preparazione di leghe non ferrose
(in primo piano le staffe delle forme in sabbie refrattarie)

Forno a crogiolo utilizzato come forno di colata per leghe non ferrose con alimentazione tramite tazza del metallo allo stampo

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| COMPARTO Fase di lavorazione Operazione specifica TIPOLOGIA INFORTUNIO | FONDERIA Fusione in forno a crogiolo (produzione acciaio) Termine affinazione I 3 Esplosione da vapore per perdita circuito di raffreddamento bobina |
| Modalità di accadimento Mansioni coinvolte | Investimento da parte di materiale ustionante in seguito a esplosione Nella fase preliminare allo spillaggio viene effettuato con pirometro a immersione un rilievo di temperatura del bagno e un prelievo di acciaio per l'analisi chimica. Durante l'ultima erogazione della corrente per raggiungere la T di spillaggio si ha interruzione dell'alimentazione, poiché il sistema di controllo dell'isolamento del forno indica una situazione di ridotto isolamento, cioè di emergenza. Dal coperchio precedentemente sollevato per i prelievi, si determinano successive proiezioni di metallo fuso che investono gli addetti in platea. Addetto ai forni, capoturno, manutentore |
| Osservazioni Discussione  | Il forno a induzione può essere caricato con rottami vari e ghisa in pani oppure tramite travaso di acciaio liquido effettuato con siviera ribaltata con carroponete. Il forno è costituito da un crogiolo, realizzato in materiale refrattario, all'interno del quale si effettua la fusione. Il materiale refrattario, sottoposto a usura, viene periodicamente ricostituito tramite pigiata refrattaria che viene sinterizzata. Il crogiolo è circondato da spire metalliche percorse da corrente alternata, che costituiscono la bobina di induzione. Le spire sono realizzate da tubi in rame entro cui viene fatta circolare acqua di raffreddamento per evitare la fusione delle spire. Dopo l'incidente la pigiata refrattaria che costituisce lo strato di usura presentava un consumo uniforme con l'eccezione di un'area limitata di completo degrado Metallo fuoriuscito esternamente al crogiolo e lesione delle spire della bobina |
| Fattori di rischio evidenziati | Fattori di rischio evidenziati <ul style="list-style-type: none"> - Strumentazione di rilievo della temperatura dell'acqua di raffreddamento e dello stato di isolamento del circuito elettrico poco sensibili rispetto all'anomalia - Infiltrazione di acqua dalla bobina lesionata da tempo all'interno del crogiolo e del refrattario: guasto non visibile e non rilevato - Il calibro utilizzato per rilevare periodicamente l'usura del refrattario non è in grado di apprezzare consumi irregolari e/o eccentrici - Usura localizzata dovuta all'impatto del getto di acciaio liquido caricato per travaso - Lavorazioni dell'ultimo periodo con temperature di spillaggio più elevate - Area di usura maggiormente sollecitata dalla circolazione dell'acciaio all'interno del crogiolo indotta dal campo magnetico - Erogazione elettrica sbilanciata |
| Interventi | Provvedimenti funzionali a ridurre le conseguenze: <ul style="list-style-type: none"> - eliminazione comandi accensione in posizioni esterne alle cabine - allontanamento delle posizioni di manovra e inserimento di schermi - adozione di indumenti di lavoro con caratteristiche ignifughe - dotazione di protezioni specifiche (grembiuli, cappucci, visiere) Provvedimenti rivolti a ridurre la probabilità di accadimento (→ corretta valutazione rischio esplosioni da vapore): <ul style="list-style-type: none"> - nuova strumentazione accurata per il controllo dell'usura del refrattario - nuovi dispositivi in grado di controllare in misura precoce l'andamento dell'isolamento elettrico fra bagno e spire della bobina, cioè di segnalare le condizioni di grave pericolo |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| COMPARTO Fase di lavorazione Operazione specifica TIPOLOGIA INFORTUNIO | FONDERIA Fusione in forno/ Trattamento metallo fuso Operazioni alla porta del forno/ Affinazione I 3 ⚠ Investimento da parte di materiale ustionante dopo esplosione I 4 ⚠ Investimento da parte di materiale ustionante |
| Modalità di accadimento | Il personale può essere colpito da schizzi di metallo fuso soprattutto nelle fasi di caricamento manuale dei piccoli forni a crogiolo, spillaggio in siviera da forno, scorifica forno, movimentazione siviere |
| Mansioni coinvolte | Addetti carica forno Addetti forno Addetti colata |
| Osservazioni Discussione | Il rischio ustioni può derivare anche dalla introduzione in forno di metallo bagnato o sporco di grassi-olio, la reazione violenta da luogo a schizzi di lega fusa. Vi sono infine i rischi di contatto accidentale con parti ad alta temperatura, quali le pareti degli impianti fusori, siviere, attrezzature di lavoro |
| Interventi | <ul style="list-style-type: none"> - Stoccaggio del metallo in aree asciutte e protette da precipitazioni atmosferiche, essiccazione - preriscaldamento del metallo prima del carico - Impiego di sistemi di caricamento automatico dei forni. - Porre attenzione a non aggiungere al bagno sostanze che possono dare luogo a reazioni con schizzi di metallo, in particolare i materiali aggiunti devono essere assolutamente asciutti, esenti da grassi e oli. - Utilizzo di utensili con manico lungo così da non avvicinarsi troppo ai bagni - Verificare la possibilità di installare schermi di protezione tra la siviera e l'addetto - Informazione del personale sui pericoli derivanti da introduzione di metallo da fondere o altre attrezzature bagnate o sporche di grassi nel metallo fuso - Informazione di carattere generale sui rischi da ustioni. - Dotazione del personale di abbigliamento a manica lunga e pantaloni lunghi in tessuto resistente al calore (es. cotone-kevlar), guanti protettivi anticalore, elmetto resistente a schizzi di metallo, visiera protettiva termoriflettente, scarpe di sicurezza resistenti al calore a sfilamento rapido, ghette resistenti al calore. - Coibentazione delle parti calde degli impianti che si trovano nelle aree di permanenza del personale. - Segnaletica di sicurezza a indicare la presenza di parti a elevata temperatura |

Schemi, disegni, fotografie



Spillaggio di ghisa in siviera tramite ribaltamento di un forno elettrico a crogiolo



Successiva scorifica condotta con raspa manovrata a mano dalla siviera alla paiola di raccolta

Rischi di natura igienico ambientale

Tabella 3.3.4. Preparazione metallo. Trattamento metallo fuso
Sintesi dei rischi di natura igienico ambientale: identificazione, danni, interventi di prevenzione

| | IDENTIFICAZIONE RISCHIO | DANNO ATTESO | FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI INTERVENTI DI PREVENZIONE |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | Inquinanti aerodispersi → durante caricamento, fusione e colata (possono essere escluse esposizioni indebite in quanto il forno costituisce la principale sorgente) | Bronchite cronica, Pneumoconiosi Irritazione vie respiratorie e occhi | Pulizia rottame Aspirazioni localizzate Ventilazione generale Accurata copertura coibentazioni Procedure e informazione per interventi di manutenzione Separazione delle aree di lavoro Idonei DPI per operazioni specifiche Frequente pulizia delle zone di accumulo |
| | Inquinanti aerodispersi → durante trattamenti metallo fuso (possono essere escluse esposizioni indebite in quanto il forno costituisce la principale sorgente) | Irritazione vie respiratorie e occhi | Sostituzione cloro gassoso Aspirazioni localizzate Stoccaggi rigorosi Idonei DPI per operazioni specifiche |
| A1 | Esposizione a rumore durante le fasi di caricamento del forno e le fasi iniziali di fusione (in particolare: forno ad arco) | Danni uditivi Danni extrauditivi | Parziale separazione dell'area Definizione di idonee procedure operative durante il caricamento della cesta Vigilare sull'impiego dei DPI |
| A8 | Stress e affaticamento da calore → fasi di demolizione del cubilotto → conduzione del cubilotto e colata in siviera → fase di colata in siviera da forno elettrico | Aggravamento problematiche cardiocircolatorie, digestive e renali | Uso di attrezzi specifici Lay-out dell'impianto Aspirazioni e ventilazione generale Coibentazione e schermatura Organizzazione esposizione e pause Adozione di DPI specifici |
| | Esposizione a correnti e sbalzi termici - posizioni di lavoro esterne esposte ad agenti atmosferici - posizioni in reparti interessati da correnti d'aria | Alterazioni degenerative tessuti periarticolari Malattie da raffreddamento | Chiusura delle strutture coperte Organizzazione posizioni di lavoro Inserimento di postazioni protette Inserimento di sistemi di riscaldamento radiante |
| | Radiazioni infrarosse e ultraviolette - controllo superfici incandescenti - controllo materiale fuso - operazioni di scorifica - operazioni di travaso - impiego cannelli e lance ossigeno | Processi di invecchiamento dell'occhio Cataratta Danneggiamento della retina | Inserimento di schermi Adozione di DPI specifici |
| | Campi elettromagnetici a bassa frequenza → fasi di caricamento e governo forni induzione | Effetti termici sull'organismo | Segnalazione e interdizione Controllo accesso ad aree pericolose |

A8: si veda al Capitolo 3.12 "Analisi rischi e interventi comuni a più fasi"

Fattore di rischio. Inquinanti aerodispersi (fasi: caricamento, fusione, colata)

La fase di fusione comporta sviluppo di inquinanti aerei costituiti dai sottoprodotti di combustione quali NO_x, CO, SO₂, vapori metallici e polveri. Ai fini del rischio in ambiente di lavoro assumono rilevanza fumi metallici e polveri.

Nel caso la carica da fondere provenga da attività di recupero e non sia pulita per la presenza di vernici, residui plastici, residui di grassi oli, si ha diffusione di solventi organici volatili di vario genere quali aldeidi, acidi carbossilici, idrocarburi aromatici e alifatici; la presenza di materie plastiche clorurate causa la formazione di acido cloridrico e /o composti organici clorurati che possono essere altamente tossici. Questi aspetti sono trattati nel Capitolo 2 "Rischi riferiti a tutto il comparto".

Le coibentazioni degli impianti possono contenere manufatti (materassini, lane) a base di fibre vetrose o di fibre ceramiche refrattarie. Si tratta di materiali irritanti per contatto e pericolosi per inalazione; in particolare alcune tipologie di fibre ceramiche refrattarie sono classificate cancerogene per inalazione.

Gli interventi attuabili per limitare al minimo la diffusione degli inquinanti sopra indicati sono i seguenti:

- In caso di utilizzo di metallo da recupero questo deve essere selezionato evitando per quanto possibile la fusione di pezzi verniciati, plastificati, sporchi di grassi o oli; in particolare non introdurre in forno materiali con parti in PVC.
- I forni fusori devono essere presidiati da aspirazioni localizzate, che permettano l'estrazione sia degli inquinanti aerei che del calore. Importante è una significativa ventilazione generale degli ambienti. La progettazione delle aspirazioni localizzate sugli impianti e generali di reparto deve essere accurata al fine di garantire l'equilibrio aeraulico degli ambienti.
- I materiali coibentanti a base di lane minerali devono sempre segregati con adeguate ricoperture (es. lamierino metallico) per evitare la dispersione di fibre nell'ambiente; lo stesso fine deve essere perseguito durante eventuali interventi di manutenzione. I manutentori devono essere dotati di maschere facciali e tute in tyvek; è importante la corretta informazione del personale e la definizione di specifica procedura di lavoro in sicurezza.
- Il personale deve essere dotato di idonei DPI (mascherine facciali) per le eventuali operazione con maggiore esposizione a polveri, fumi, quali pulizie e fasi di scorifica al forno. In particolare le maschere (consigliabili di classe FFP2S) devono garantire protezione da polveri e fumi metallici.
- Il personale interno ed esterno deve essere informato dei rischi da esposizione a inquinanti aerodispersi, delle corrette procedure per ridurre la diffusione, del corretto utilizzo dei DPI forniti.

Figura 3.3.9. Cappa di aspirazione posta a servizio di un forno a riverbero

Figura 3.3.10. Forno fusorio a tino per leghe di alluminio con condotto espulsione fumi aspirati



Fattore di rischio. Inquinanti aerodispersi (fasi: trattamento metallo fuso)

Durante i trattamenti di scorifica, affinazione, degasaggio gli addetti possono essere esposti a polveri, fumi, gas di varia natura.

Scorifica - flussaggio

Vengono aggiunte manualmente mediante paletta e poi disperse nella fusione mediante agitatore, polveri a base di cloruri, fluoruri, additivi a base di alcali, con conseguente diffusione di polveri irritanti.

Affinazione

Il rischio deriva dall'impiego di sodio metallico che (frase di rischio R14/15) reagisce violentemente con acqua liberando idrogeno, gas estremamente infiammabile. Il sodio non si infiamma comunque nell'aria sotto i 115°C; se tritato in una polvere abbastanza fine, il sodio si incendia spontaneamente nell'acqua; reagisce

inoltre con sostanze ossidanti, acidi e la sua ossidazione si innesca facilmente anche all'aria. I suoi vapori sono fortemente irritanti e ad alte concentrazioni sono ustionanti per le mucose.

Per limitare il rischio di incendio è buona norma:

- porre il sodio in appositi contenitori per evitare il contatto con l'aria e l'umidità;
- segnalare con cartello il pericolo di incendio e il divieto di utilizzo di acqua per spegnere incendi;
- formare gli operatori sul pericolo associato.

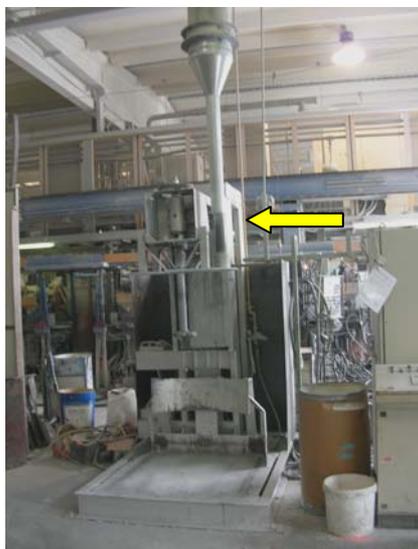
Degasaggio

Viene effettuato con gas non pericolosi quali azoto o argon, ma anche con cloro gassoso che è tossico per inalazione e irritante per contatto.

Gli interventi attuabili per limitare l'esposizione degli addetti sono i seguenti:

- Le postazioni di trattamento metallo fuso devono essere presidiate da impianti di aspirazione localizzati.
- Il personale deve essere dotato di maschere filtranti per polveri da impiegare nella fasi con possibile esposizione.
- Verificare la possibilità di non utilizzare cloro gassoso (gas tossico soggetto al R.D. 147/27) per il degasaggio. In caso questo non sia possibile, devono essere adottate idonee misure per il suo stoccaggio e impiego in sicurezza. Lo stoccaggio deve avvenire in locale fresco ed adeguatamente aerato, lontano da fonti di ignizione, al riparo da urti, senza presenza di materiali infiammabili e/o riducenti. Le linee di trasporto del gas devono essere controllate periodicamente. Nel piano di emergenza aziendale deve essere prevista l'eventuale fuga accidentale di gas. Informare il personale sulle azioni di emergenza da adottare in caso di fuga di cloro, effettuare esercitazioni periodiche in tal senso.
- Informazione e formazione del personale sui rischi di esposizione a gas, fumi, polveri e sui rischi di manipolazione del sodio metallico.

Figura 3.3.11. Trattamento di sferoidizzazione della ghisa con magnesio presidiato con cappa girevole
Figura 3.3.12. Postazione di degasaggio. Indicato il sistema di copertura della siviera dotato di tubazione di Aspirazione di fumi e polveri. **Figura 3.3.13. Postazione di degasaggio. Affinazione presidiata da cappa**



Fattore di rischio. Stress e affaticamento da calore. Correnti e sbalzi di temperatura

La presenza degli impianti fusori può determinare condizioni microclimatiche sfavorevoli per temperature elevate soprattutto in periodo estivo: si veda anche Scheda A8 nel paragrafo 3.12 "Analisi rischi e interventi comuni a più fasi". Le aspirazioni localizzate sui forni e la ventilazione di reparto consentono di disperdere il calore convettivo, ma non la componente di calore radiante che si irradia dalle strutture metalliche calde e anche dal metallo fuso durante i travasi dal forno e i trattamenti del metallo fuso.

Si sottolinea l'importanza di fare uso di altri utensili con manico lungo (raspe per scorifica, tazze per aggiunta scorificanti), così da non avvicinarsi in misura minore al bagno metallico.

Il disagio è fortemente accresciuto da interventi in condizioni di “asimmetria termica”, ad esempio quando l’addetto opera di fronte a impianti caldi con forte calore radiante, ma con la contemporanea esposizione a correnti d’aria fredda in entrata da portoni o altre aperture, che lo colpiscono alla schiena.

Il personale può anche essere soggetto a forti sbalzi termici, specie nella stagione fredda, quando passa dalla zona fusoria ad aree esterne o in locali interni non riscaldati.

Le conseguenze negative di condizioni microclimatiche sfavorevoli sono di vario genere, quali lo stress da calore con conseguente calo del livello di rendimento di attenzione e sicurezza, patologie respiratorie e osteoarticolari, effetti negativi da interazione con altri fattori di nocività quali agenti chimici.

Figura 3.3.14. Spillaggio da forno a riverbero in siviera (il quadro di comando è posto a distanza di sicurezza)

Figura 3.3.15. Forno a riverbero con porta di carico parzialmente aperta. A destra il sistema di caricamento mobile



Gli interventi attuabili per controllare questo fattore di rischio sono :

- Aspirazioni o camini a ventilazione naturale posti a presidio dei forni al fine di evacuare il calore dall’ambiente lavorativo.
- Adeguata ventilazione generale, in relazione alle dimensioni dei capannoni e alla concentrazione di fonti di calore.
- Coibentazione e schermatura delle fonti di calore radiante che sono principalmente le pareti dei forni.
- Posizionamento degli impianti in modo da evitare situazioni di asimmetria termica con esposizione del personale sia a forte calore radiante che a correnti d’aria fredda; a tal fine è importante lo studio dei flussi d’aria in fase di progettazione dei locali produttivi.
- Organizzazione del lavoro che riduca al minimo la permanenza del personale nelle aree ad alta temperatura; a tal fine è particolarmente importante l’automazione dei processi di caricamento forni.
- Ridurre al minimo i trasferimenti rapidi del personale da aree calde ad aree a bassa temperatura; in caso fosse necessario dotare il personale di abbigliamento adeguato.
- Garantire adeguate pause di riposo in ambienti moderati per gli addetti che operano in zone calde, mettere a disposizione bevande fresche.
- Durante gli interventi con rilevante esposizione a calore radiante il personale deve far uso di abbigliamento a manica lunga e pantaloni lunghi in tessuto resistente al calore (es. cotone-kevlar), guanti protettivi, elmetto resistente a schizzi di metallo, visiera protettiva termoriflettente, scarpe di sicurezza resistenti al calore a sfilamento rapido, ghette resistenti al calore.
- Informare il personale sui rischi relativi al lavoro in condizioni microclimatiche sfavorevoli e sulle misure preventive da attuare.

Fattore di rischio. Campi elettromagnetici a bassa frequenza

Per la fusione di piccole quantità di leghe vengono utilizzati forni a induzione a crogiolo.

I forni a induzione operano su frequenza da 50 a 300 Hz, per piccole fusioni si utilizzano forni ad alta frequenza fino a 10 kHz.

Il caricamento di questi forni è effettuato generalmente a mano, il personale è esposto al campo elettromagnetico indotto dalle spire in cui passa la corrente elettrica.

Gli effetti per la salute dei lavoratori sono ancora oggetto di approfondimento negli ambienti scientifici internazionali; al momento attuale sono ben definiti gli effetti “termici” sull’organismo. Con la Direttiva

CEE/CEEA/CE n° 40 del 29/04/2004 sono stati definiti a livello europeo i limiti di accettabilità per esposizione dei lavoratori a CEM; in particolare la Direttiva stabilisce due tipi di limiti: i “valori limite di esposizione” e i “valori di azione” così definiti:

- 1- «valori limite di esposizione»: limiti all'esposizione ai campi elettromagnetici basati direttamente sugli effetti sulla salute accertati e su considerazioni biologiche. Il rispetto di questi limiti garantisce che i lavoratori esposti ai campi elettromagnetici siano protetti contro tutti gli effetti nocivi per la salute conosciuti;
 3. «valori di azione»: in base all'entità dei parametri direttamente misurabili (intensità di campo elettrico, intensità di campo magnetico, induzione magnetica e densità di potenza), si determina l'obbligo di adottare una o più delle misure specificate nella direttiva. Il rispetto di questi valori assicura il rispetto dei pertinenti valori limite di esposizione;
 4. quindi ottemperando a questa Direttiva, che dove essere recepita nella normativa italiana, dovrà essere valutata e/o misurata l'esposizione dei lavoratori e in base ai dati ottenuti adottate idonee misure per contenerla entro i limiti previsti;
 5. in base alla valutazione del rischio, i luoghi di lavoro in cui i lavoratori possono essere esposti a campi elettromagnetici che superino i valori di azione, dovranno essere segnalate e interdetto, senza però introdurre rischi per la sicurezza.
- E' inoltre da prevedere idonea informazione dei lavoratori sui rischi e specifica sorveglianza sanitaria.

| COMPARTO | FONDERIA |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fase di lavorazione Operazione specifica RISCHIO EVIDENZIATO | Preparazione del Fuso Caricamento del rottame e inizio fusione A1 Esposizione a rumore durante il caricamento del rottame e la fusione |
| Mansioni coinvolte | Addetti al forno |
| Fattori di rischio evidenziati | IMPIANTI E MACCHINE Mancanza di separazioni anche parziali Postazione di lavoro non protetta PROCEDURE ORGANIZZATIVE Modalità operative non definite con precisione |

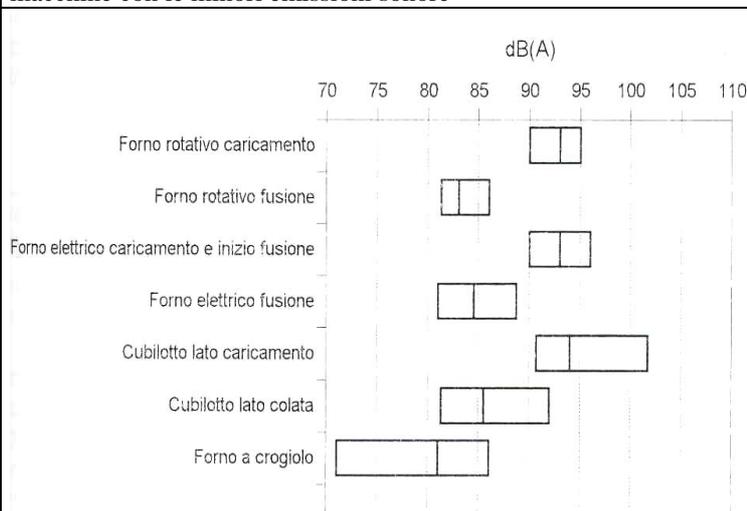
Interventi:

Rivestire con gomma resistente all'abrasione le pareti interne dei cassoni di carico

Definire una procedura che preveda l'apertura della cesta o il rilascio del magnete da una altezza prossima al forno sicuramente ridurrebbe tale rumorosità.

Postazioni di lavoro protette

Una buona manutenzione degli impianti: di particolare importanza è la scelta, al momento dell'acquisto, di impianti e macchine con le minori emissioni sonore



Le fasi di caricamento del rottame sono le più rumorose assieme alla fase iniziale di fusione nel forno elettrico.

In particolare, l'elevata rumorosità della fase di caricamento è attribuibile al fatto che il carico viene rilasciato da altezze elevate.

Per il cubilotto le fasi critiche si individuano nella movimentazione del rottame con pala meccanica dal parco rottame alle tramogge, nelle operazioni di pesatura, nelle operazioni di tazze e caricamento dell'elevatore a tazze (urti, sbattimenti tra parti metalliche) eseguite con scarsa attenzione, né alcun presidio (pareti rivestite in materiali fonoassorbenti) atto ad attenuare gli urti, nell'insufflazione dell'aria di combustione.

I livelli più contenuti di rumorosità del forno a crogiolo sono riconducibili principalmente alle modeste quantità di materiale caricato, alla sua pezzatura, al limitato impiego di sfridi e al graduale caricamento effettuato per lo più manualmente.

Quanto detto trova conferma nei valori medi di esposizione personale quotidiana al rumore rilevato per gli addetti del comparto udinese: valori più elevati negli addetti al forno elettrico e a cubilotto; valori più bassi per gli addetti al forno a crogiolo; in situazione intermedia gli addetti al forno rotativo, dove la breve ma rumorosa fase di caricamento tramite carrello incide poco.

Per il resto la rumorosità è riconducibile agli impianti di ventilazione e ai bruciatori del gas con valori che, misurati in varie fonderie, risultano mediamente compresi tra 80 e 85 dB(A).

