

SEMILAVORATI LEGHE NON FERROSE

CAPITOLO 1 NOTIZIE GENERALI SUL COMPARTO

- 1.1. Individuazione del comparto**
- 1.2. Localizzazione geografica delle aziende**
- 1.3. Contesto produttivo, sociale e storico**
- 1.4. Profilo economico – finanziario**
- 1.5. La realtà infortuni**
- 1.6. Le malattie professionali**

1.1 Individuazione del comparto

L'industria dell'alluminio è la più giovane e la più estesa delle industrie che lavorano metalli non ferrosi. Questa industria rappresenta una peculiarità nell'ambito del panorama industriale europeo, in quanto la produzione italiana di alluminio secondario è pari al 25 % della produzione totale europea.

Nella metallurgia secondaria dell'alluminio viene posta particolare attenzione nel produrre leghe di composizione corretta: quindi la differenziazione dei rottami recuperati è di primaria importanza, anche tenendo conto che riciclare una tonnellata di alluminio richiede solo il 5% dell'energia necessaria a raffinare una tonnellata di alluminio primario dal minerale di bauxite: il processo di produzione di alluminio secondario può risultare economicamente molto favorevole. Le quantità di cascami di alluminio (rottame "pulito") disponibili per il recupero dipendono dalla struttura dell'industria: nel rendere disponibile rottame proveniente dal mercato interno ha contribuito il settore italiano, che è stato caratterizzato dallo straordinario sviluppo successivo agli anni '70 delle fonderie di getti.

Il commercio di rottami è molto diffuso: operano in Italia migliaia di aziende delle quali meno di un centinaio ha dimensioni medio-grandi.

Il rame raffinato viene prodotto da materiali grezzi primari e secondari, in un numero relativamente piccolo di fonderie. Nel contesto territoriale italiano sono presenti solo industrie che trattano materiali secondari. Il prodotto principale è il catodo di rame. Questo viene poi fuso, alligato e ulteriormente processato per produrre tondi, profilati, fili, fogli, strisce, tubi. Queste ultime operazioni possono essere condotte all'interno della fonderia, ma più frequentemente in altri impianti.

Nella Comunità Europea vi sono poche risorse di rame primario (miniere in Portogallo e Svezia), tuttavia le attività metallurgiche legate al rame sono significative. In linea con le richieste di un largo consumo di rame, la raffinazione e la produzione di semilavorati si sono sviluppate utilizzando minerali importati e rottami sia d'importazione che locali. I materiali grezzi secondari rappresentano il 45% del rame e delle leghe di rame utilizzate in Europa, sia dalle fonderie sia dai produttori di semilavorati. La qualità dei materiali secondari varia enormemente e alcune materie prime non sono adatte all'utilizzo diretto nella produzione di semilavorati. L'industria del rame si serve dell'industria dei rottami per ottenere materiali calibrati, di diversi gradi di pulizia a seconda delle necessità, e nonostante vi siano specifiche definite per i rottami stessi, un gran numero di differenziazioni sono presenti fra i materiali secondari. Sono quindi necessari trattamenti addizionali.

Circa il 60% del piombo è impiegato come metallo e di questo è possibile ottenerne un riciclo, mentre il restante 40% è utilizzato in settori d'uso dissipativi (rivestimenti, additivi e stabilizzanti per materie plastiche, pigmenti, additivi antidetonanti, ecc.), da cui non è possibile conseguire una valorizzazione, se non in modo indiretto tramite la lavorazione dei fumi di acciaieria. Il piombo viene estratto da giacimenti sotto forma di solfuro, o più frequentemente da minerali misti nei quali è associato a zinco e piccole quantità di argento e rame.

Il piombo raffinato viene ottenuto da materie prime in forma di minerali e concentrati di piombo, o da materiali secondari in forma di scorie e residui.

I processi secondari forniscono più del 50% del piombo consumato. Tali processi hanno come materia di partenza, per il 70% dei casi, gli accumulatori al piombo delle automobili, il cui riciclaggio è fortemente incentivato. Il recupero degli accumulatori al piombo viene effettuato tramite tecnologie da considerare affermate ormai da trent'anni nella situazione italiana. A fianco di processi diretti, dove si procede alla fusione e riduzione della carica metallica lasciata nel suo contenitore, senza alcuna operazione preparatoria (processi ormai superati), si sono affermati processi indiretti effettuati prima della elaborazione pirometallurgica, dove si separano tra di loro i costituenti della batteria: le frazioni ottenute vengono avviate in modo selettivo a fasi dedicate, semplici processi di rifusione (per la parte metallica, per esempio la griglia della batteria) e, solo se necessario, a impianti di riduzione ossidi e dei solfati (*pastello* delle batterie).

1.2 Localizzazione geografica delle aziende

Nell'area industriale comprendente le regioni Piemonte, Lombardia, Veneto ed Emilia Romagna si concentra il 75% circa delle imprese. Il nucleo centrale di questa area è la Lombardia dove sono insediate circa il 50% del totale delle imprese. Particolarmente significativa la localizzazione dei due poli produttivi più importanti, non solo a livello italiano, ma addirittura mondiale, della barra di ottone: il Bresciano e la bassa Valle Sesia.

Nel resto d'Italia troviamo un'interessante concentrazione in Campania, dove sono presenti circa il 10% degli stabilimenti. Nelle altre regioni sono presenti solo pochi impianti, alcuni di grandi dimensioni.

In Sardegna sono presenti due impianti: qui si concentra la quasi totalità della produzione italiana primaria (intesa come produzione da minerale e concentrati ottenuti da metallurgia secondaria) di alluminio, zinco e piombo.

Il numero di aziende del settore associate ad Assomet (Associazione Nazionale Industrie Metalli non Ferrosi) è pari a 65; questo valore non può essere ritenuto completamente rappresentativo del quadro nazionale.

1.3 Contesto produttivo, sociale e storico

Il comparto dell'industria dei metalli non ferrosi in Italia conta più di 25.000 addetti per un fatturato di 14 miliardi di euro (dati riferiti all'anno 2002) ed è rappresentata prevalentemente da piccole e medie imprese che sono un importante fattore di crescita economica e di sviluppo del sistema industriale nazionale.

L'enorme crescita del riciclo dei metalli dal secondo dopoguerra a oggi è dovuta principalmente alle loro proprietà intrinseche che consentono di riprodurre nuovi formati in forma grezza da manufatti obsoleti, cascami di lavorazione o residui all'infinito, senza perdite qualitative e con un consumo di energia ridotto, in alcuni casi in modo molto significativo, rispetto alla produzione da minerale (si veda il Capitolo iniziale *Introduzione e Struttura del Comparto Metallurgia*).

Attualmente il settore subisce una crescente concorrenza sia nell'approvvigionamento delle materie prime, sia nei prodotti finali, causata dall'apertura dei mercati che comporta un generale abbandono delle misure protezionistiche.

Nel comparto produzione semilavorati di leghe non ferrose trovano occupazione circa 11500 addetti anche se, per quanto detto in precedenza riguardo la stima del numero di aziende, tale dato non può essere ritenuto completamente rappresentativo del comparto. La maggior parte delle aziende del settore associate ad Assomet ha da 50 a 200 dipendenti e in Lombardia si concentrano circa 5.000 degli oltre 11.500 addetti totali. Al secondo posto troviamo la Sardegna con circa 3.300 addetti e poi la Toscana con circa 2.000.

1.4 Profilo economico – finanziario

Alluminio

In Italia la produzione di alluminio primario ha fatto registrare un livello di produzione pari a 190.000 t. Poco brillante anche l'andamento dei semilavorati di alluminio che hanno segnato un -0,5% complessivo, con differenti andamenti tra i vari comparti. Bene gli estrusi, che sono cresciuti del 2,3% giungendo a 438.100 t, in leggera flessione i trafilati che scendono a 26.300 t (-1,1%) e non bene i laminati con 388.100 t (-3,8%) che però, da fine 2002 sembrano mostrare segni di ripresa.

A sostenere la situazione dell'estrusione è stato il settore dell'edilizia, che nel 2002 ha conosciuto uno spunto positivo, rientrato poi con la prima parte del 2003 quando però si sono manifestati nuovi segnali di ripresa provenienti dal settore industriale.

La produzione di alluminio secondario in Europa occidentale, sommando anche l'uso diretto di rottami, è stata di 3,6 milioni di t, dei quali 2,5 milioni di t rappresentati da leghe per fonderia, in calo dello 0,9% sull'anno precedente.

Sul piano dell'approvvigionamento di rottami il 2002 è stato caratterizzato da un'estrema difficoltà di reperimento di rottami; la causa principale, per il mercato europeo rimane la drastica limitazione alle provenienze da Russia ed Ucraina. Questa situazione ha avuto come riscontro una lievitazione dei prezzi d'acquisto.

Nonostante il periodo non certo brillante dell'industria dell'auto nazionale che determina la maggior parte della domanda di leghe per fonderia secondarie, la produzione nazionale è cresciuta a 591.300 t (+2,2%). Le negatività, come per tutta l'industria europea, sono legate all'approvvigionamento del rottame, che affligge l'intero comparto dei metalli non ferrosi.

Gli impieghi delle leghe di alluminio sono conseguiti nei settori dell'edilizia (circa il 30%), dell'imballaggio (25%), dell'elettrotecnica (12%) e dei trasporti (10%).

Negli usi finali il settore dei trasporti perde peso scendendo al 55% degli impieghi totali dei getti con 427.400 t, in leggero aumento rispetto all'anno precedente. Nonostante il calo della produzione nazionale di autovetture, il settore ha potuto mantenere un discreto livello produttivo grazie alla maggiore domanda di getti dei costruttori esteri, tedeschi e francesi. L'uso in edilizia e nelle costruzioni ha invece registrato una lieve flessione, i getti per questo settore che comunque rappresenta il 18% del mercato totale, sono scesi a 139.900 t principalmente a causa della battuta d'arresto nella produzione di radiatori per uso domestico. La meccanica generale è cresciuta sensibilmente utilizzando 73.800 t che rappresentano il 9,5% dei getti. Il settore elettromeccanico, in sostanziale stabilità, rappresenta il 9% degli usi per 69.900 t. Infine il settore degli elettrodomestici e macchine per ufficio ha registrato un incremento assorbendo 66.000 t di getti che rappresentano l'8,5% del mercato totale.

Rame

In Italia la produzione di rame raffinato e leghe (137.700 t) ha fatto registrare nel 2002 un calo del 4,6%, dovuto prevalentemente alla minore produzione di pani di bronzo e ottone per fonderia.

La produzione di semilavorati di rame e leghe (1.258.800 t) è scesa del 1,5% con una diminuzione dello 0,3% per quelli di rame (576.100 t) e del 2,5% per quelli di leghe di rame (683.700 t). Nonostante il positivo trend nell'edilizia la produzione di laminati di rame è scesa del 11,5%, mentre più profonda è la crisi nella produzione di laminati di lega (-24,4%). Lo stesso trend negativo ha investito anche la produzione di tubi di rame (-2,2%), mentre quelli in lega hanno segnato un leggero aumento (+1,1 %) principalmente nel comparto del cupronichel. Dopo due anni di decrementi è in ripresa la produzione di filo e corde (+3,7%).

La barra d'ottone è scesa dello 0,5% in conseguenza della crisi del settore del valvolame che è ancora presente nel 2003.

I getti di leghe di rame prodotti nel 2002 ammontano a 110.000 t, in calo del 3,9% rispetto all'anno precedente. Due i motivi principali di questo risultato negativo: l'andamento stagnante del settore delle costruzioni, ma la forte concorrenza dei produttori dell'estremo oriente sul mercato del valvolame e della rubinetteria. Questa situazione ha fortemente pregiudicato uno dei più importanti distretti di questa industria, il polo di Lumezzane, nel quale sono attivi tutti gli elementi della filiera dell'ottone: dalla produzione della barra e dei pani, alla fonderia e allo stampaggio.

Per quanto invece riguarda il settore industriale del rame il 50% delle applicazioni di tale metallo è legato al settore elettrico ed elettronico, il 30% è destinato all'edilizia. Gli usi dissipativi (rivestimenti, cariche in altri materiali, ecc.) sono inferiori all'1%. La destinazione largamente prevalente a beni di investimento e la lunga durata sono alla base della facile riciclabilità. Anche l'elevata densità è un parametro premiante in fase di raccolta del metallo al termine del ciclo di vita utile. Il recupero differenziato è molto remunerativo, dato l'alto valore del rottame.

Piombo

A livello mondiale è ulteriormente cresciuta fino al 62,2% la quota di metallo raffinato prodotto da materiali secondari, principalmente batterie al piombo esauste, al massimo livello storico.

In Italia l'uso di piombo nel 2002 è leggermente aumentato arrivando a 286.800 t (+ 1,3% rispetto al 2001).

Il principale settore d'impiego è la produzione di accumulatori al piombo, passato da 210.000 t nel 2001 a 216.000 nel 2002 (+2,9%), oltre il 75% dell'intero consumo di piombo. All'interno di questo settore il

comparto delle batterie per avviamento ha visto una crescita più sostenuta mentre si è ridotta la produzione di batterie industriali.

Altri utilizzi come la produzione di pigmenti e altri composti, la protezione dalle radiazioni, la produzione di laminati ed estrusi per l'industria dell'edilizia, il rivestimento dei cavi, sono in netto declino; nel contesto italiano il secondo utilizzo di piombo in termini quantitativi si riferisce a pallini per la caccia. L'impiego di piombo per usi chimici rimane il terzo settore con oltre il 10% del totale (29.400 t). Di queste 20.900 t sono utilizzate nella produzione di ossidi di piombo impiegati principalmente nel settore delle ceramiche.

Segue con il 9% la produzione di semilavorati, in leggero aumento passando da 25.800 t nel 2001 a 26.200 t nel 2002.

Per quanto attiene la rilevazione dei livelli produttivi, si riscontra nell'anno una contrazione del 13,2% con 192.700 t. Di queste, 40.800 t sono state di piombo primario e 151.900 t di piombo secondario. Vale a dire un calo del 29,5% di piombo prodotto da materiali minerari e del 7,4% di piombo prodotto da materiali vari con contenuti in piombo (rottami di batterie, rottami vari, fanghi, scorie).

1.5 La realtà infortuni

La sintesi riferita al periodo 1999-2003, riportata in Tabella 1.1, coinvolge i dipendenti di 13 unità produttive riferite a diverse attività di produzione di semilavorati di leghe non ferrose: 9 leghe di rame, 2 leghe di alluminio, 2 leghe di piombo. Sono esclusi da questi dati sintetici gli addetti e gli infortuni riferiti ai dipendenti delle ditte esterne che operano all'interno delle attività metallurgiche.

Complessivamente le attività di produzione di semilavorati di leghe non ferrose coinvolte totalizzano una capacità produttiva pari a 1.084.000 t/ anno di semilavorati; nel 2003 hanno prodotto circa 760.000 t di semilavorati, con un utilizzo medio della capacità produttiva disponibile del 70%.

Tabella 1.1. Comparto produzione semilavorati leghe non ferrose. Sintesi dati infortunistici

numero aziende	anno	addetti	infortuni	mortali	giorni infortunio	ore lavorate	IF	IG	durata media (gg)
13	1999	1026	164	0	4122	1503519	111	2,79	25
13	2000	1031	153	1	3575	1500345	102	2,39	23
13	2001	1022	133	0	2936	1509310	90	1,98	22
13	2002	1012	129	0	3432	1494419	88	2,34	27
13	2003	965	115	0	2180	1498386	78	1,48	19

Infortuni riferiti esclusivamente agli addetti dipendenti delle unità produttive del comparto esclusi lavoratori esterni

IF: indice di frequenza degli infortuni (numero infortuni x 1000000 / ore lavorate)

IG: indice di gravità degli infortuni (giorni infortunio x 1000 / ore lavorate)

Il campione riferito a questa attività mostra, per tutti gli anni, indici di frequenza più contenuti rispetto ai rispettivi indici riferiti all'intero comparto metallurgia. Negli ultimi anni si osserva un progressivo e significativo contenimento della frequenza e della gravità.

1.6 Le malattie professionali

Si rinvia alla sintesi presentata nel Paragrafo "Le malattie professionali" inserito nel precedente Capitolo "Introduzione e struttura comparto metallurgia".

SEMILAVORATI LEGHE NON FERROSE

CAPITOLO 2 INDIVIDUAZIONE DEL CICLO DI LAVORAZIONE

- 2.1. Descrizione sintetica**
- 2.2. Schema a blocchi, materie prime, materiali ausiliari, sottoprodotti, prodotti**
- 2.3. Fattori di rischio lavorativo**
- 2.4. Impatto e rischio ambientale**

2.1 Descrizione sintetica

Alluminio

La configurazione dell'impianto, così come il tipo di materia prima utilizzata e i semilavorati ottenuti, variano molto all'interno della tipologia industriale denominata produzione di alluminio secondario.

La principale caratteristica della produzione di alluminio secondario è la diversità delle materie prime e la varietà dei forni utilizzati. Il tipo di materia prima, caratterizzato da tenori di alluminio, dimensione media, contenuto di ossigeno, grado di contaminazione, inquinanti diversi e il pretrattamento adottato sono i parametri utilizzati per valutare il miglior tipo di forno. Questi stessi fattori influenzano la scelta dei fondenti, al fine di massimizzare il recupero di alluminio.

La produzione di alluminio secondario si suddivide in due categorie di operazioni principali: il pretrattamento e la successiva fusione e affinazione. Il pretrattamento include la differenziazione e la pulitura dei rottami. Il secondo gruppo di fasi include un'ulteriore fase di pulitura, la fusione, l'affinazione, la formazione di leghe. Alcune operazioni possono essere combinate o poste in ordine diverso da quello sopra indicato a seconda della qualità degli scarti, dell'origine degli stessi, delle apparecchiature disponibili e delle specifiche del prodotto.

Rame

Il rame è spesso utilizzato in lega con zinco, stagno, alluminio e altri metalli per produrre ottoni e bronzi.

Il rame raffinato viene prodotto da materiali grezzi primari e secondari. Il prodotto risultante dal processo di affinazione è il catodo di rame, ottenuto per via elettrolitica, il catodo viene successivamente fuso, alligato e laminato per produrre semilavorati. L'industria del rame si serve dell'industria dei rottami per ottenere materiali classificati, di diversi gradi di pulizia a seconda delle necessità.

La produzione di rame secondario viene eseguita mediante processi pirometallurgici. Il numero di stadi di processo da utilizzare dipende dal contenuto di rame del materiale grezzo secondario, dalla distribuzione delle dimensioni delle particelle e dalla presenza di altri costituenti. Diverse operazioni sono utilizzate al fine di rimuovere tali costituenti e recuperare il più possibile i metalli dai residui che vengono prodotti.

Il materiale secondario può contenere composti organici sotto forma di rivestimenti o di sostanze oleose, e il processo ne deve tenere conto, utilizzando metodi di disoleatura e di pulizia superficiale e progettando accuratamente i forni e i sistemi di abbattimento. L'obiettivo è quello di gestire l'incremento in volume dei gas di combustione, abbattere i composti organici volatili e minimizzare la formazione di POPs.

Il tipo di pretrattamento applicato o il forno utilizzato dipendono dalla presenza di composti organici, dal tipo di carica ovvero dal contenuto in rame e in altri metalli, e dalla forma, metallica o ossidata di questi ultimi.

Esiste una grande varietà di materiali secondari, con contenuto in rame molto variabile (Tabella 2.1).

Tabella 2.1. Materiale secondario utilizzato per al produzione di rame

Tipo di materiale	Contenuto in Cu [% peso]	Fonti
Fanghi misti di rame	2-25	Rivestimento elettrolitico
Rottame da computer	15-20	Industria elettronica
Fanghi di rame	2-40	Rivestimento elettrolitico
Materiale misto rame e ferro (in blocchi o triturato) da armature, statori, rotori	10-20	Industria elettronica
Scorie di ottone, ceneri e fanghi contenenti rame	10-40	Fonderie, prodotti semilavorati degli impianti
Scorie di ottone rosso, ceneri e fanghi	10-40	Fonderie, prodotti semilavorati degli impianti
Radiatori rame-ottone	60-65	Automobili
Rottame misto di ottone rosso	70-85	Componenti meccanici
Rottame di rame leggero	88-92	Fogli di rame, boiler, caloriferi, grondaie
Rottame di rame pesante	90-98	Fogli, rotaie scorrevoli, fili elettrici, tubazioni
Rottame di rame misto	90-95	Rottame di rame leggero e pesante
Granuli di rame	90-98	Formatura di cavi
Rottame scelto	99	Scarti di attività produttive, fili elettrici ecc.

Il processo di riciclaggio di rame secondario si compone di quattro operazioni separate: il pretrattamento del rottame, la fusione, l'alligazione e la formatura.

Il pretrattamento include la pulitura e il consolidamento del rottame in preparazione alla fusione. Questo consiste nel riscaldare e trattare il rottame per separare e purificare i diversi metalli in esso contenuti. Nell'alligazione si aggiungono uno o più metalli diversi dal rame per ottenere materiali con determinate caratteristiche di qualità. Il rame e le leghe di rame sono fuse in continuo o in batch e formate per la produzione di forme adatte ai successivi stadi di lavorazione.

Piombo

Si definisce fonderia di piombo secondario ogni impianto nel quale scorie o materiali contenenti piombo, diversi da minerali di piombo estratti in miniera, vengono processati.

Il piombo raffinato viene ottenuto da materie prime in forma di minerali e concentrati di piombo, o da materiali secondari in forma di rottami e residui.

I processi secondari forniscono circa il 60% del piombo consumato. Tali processi hanno come materia di partenza, per il 70% dei casi, gli accumulatori al piombo dei veicoli (batterie trazione) e dai sistemi di accumulo di energia (batterie stazionarie). La produzione di piombo secondario può portare all'emissione di composti organici, a seconda dei materiali di partenza. Una tipica composizione nel trattamento di batteria esauste è riportata nella Tabella 2.2.

Tabella 2.2. Composizione tipica della carica costituita da batterie acide esauste

Componente	% peso
Piombo (leghe) e componenti	25-30
Pasta degli elettrodi (particelle fini di ossido di piombo e solfato di piombo)	35-45
Acido solforico (soluzione acquosa con 10-20% H ₂ SO ₄)	10-15
Polipropilene	4-8
Altre plastiche (PVC, PE, ecc.)	2-7
Ebanite	1-3
Altri materiali (vetro ecc.)	< 0.5

Possono essere usati come materiali di partenza anche i tubi, le piombature, i rivestimenti dei cavi e altre scorie.

Per il recupero del piombo dagli accumulatori è possibile seguire due vie. La prima parte dalla demolizione delle batterie esauste, e prosegue attraverso la separazione della pasta, della parte metallica e di quella organica. La fusione e la riduzione sono eseguite successivamente in forni; è presente alla fine del processo anche una fase di raffinazione. L'altra via, da ritenere ormai superata, prevede il trattamento diretto della batteria, dopo l'eliminazione dell'acido solforico, in forni di fusione, seguito dall'affinazione.

Esistono due tipi di processo utilizzabili per la produzione di piombo secondario: quelli pirometallurgici e quelli idrometallurgici; questi ultimi non hanno ancora trovato applicazioni nell'industria.

Possiamo individuare tre passaggi nell'ambito dei processi pirometallurgici:

- demolizione e trattamento delle batterie;
- fusione dei materiali di scoria;
- affinazione.

Talvolta il piombo secondario viene raffinato insieme al piombo primario.

Varie tecnologie pirometallurgiche di raffinazione possono essere utilizzate (per esempio Imperial Smelting), a seconda del tipo di materiale di partenza e delle specifiche del prodotto.

2.2. Schema a blocchi, materie prime, materiali ausiliari, sottoprodotti, prodotti

Le lavorazioni metallurgiche (con riferimento in modo specifico alle *leghe di alluminio e di rame*) possono essere schematizzate come nella Figura 2.1: si è ritenuto importante distinguere due gruppi di lavorazioni:

- a sinistra sono allineate le lavorazioni realizzate in sequenza destinate a trasformare la materia prima in semilavorati: queste attività sono riferite sostanzialmente al *normale funzionamento* degli impianti e a tutte le operazioni ausiliarie connesse;
- allineate a destra al di fuori della sequenza ordinata sono indicate le fasi di lavorazione e le operazioni comunque condotte nel comparto e che possono coinvolgere in misura più o meno impegnativa l'intero ciclo di lavorazione: è possibile osservare che queste attività si riferiscono principalmente a *eventi non continuativi* (realizzati spesso fisicamente in altro luogo rispetto alla posizione degli impianti di processo), interventi in alcuni casi implicati da *malfunzionamenti e/o incidenti* della normale attività di lavorazione.

La costruzione di un profilo di rischio risulta estremamente più semplice, e negli anni ha avuto maggiore consolidamento, con riferimento alle attività implicate dal flusso fisico della lavorazione, che vede la materia prima assumere successive modificazioni fino a diventare prodotto finito di questa attività.

Più complesso, data la variabilità degli interventi coinvolti, le modalità organizzative del lavoro e le persone diverse coinvolte, identificare un profilo di rischio per le attività collaterali al normale funzionamento dell'attività metallurgica.

Le materie prime utilizzate e i materiali ausiliari, i materiali prodotti e i sottoprodotti sono suddivisi per le diverse aree di lavoro e presentati nella Tabella 2.3.

Tabella 2.3. Materie prime, materiali ausiliari, sottoprodotti, prodotti nella preparazione semilavorati leghe di alluminio e di rame

Materie prime <i>Materiali ausiliari ed energetici</i>	Sottoprodotti	Prodotti
RICEVIMENTO, PREPARAZIONE E STOCCAGGIO MATERIE PRIME		
Lamierini Pacchi Torniture Rottame "campagnolo" (raccolta varia) <i>Combustibile</i> <i>Soluzione detergente</i>	Frazioni non metalliche "Fondo pacchi" Frazioni di altro metallo Morchie dal lavaggio	Rottame non ferroso ripulito con volumetria appropriata
CARICAMENTO E FUSIONE		
Rottame non ferroso <i>Riducente</i> <i>Scorificante</i> <i>Energia elettrica</i> <i>Gas naturale</i> <i>Ossigeno</i>	Scoria da forno Polveri (<i>fumi</i>) Materiali refrattari usurati	Metallo fuso
COLATA		
<i>Gas inerte</i> <i>Acqua</i> <i>Polveri di copertura</i>		Metallo solidificato in semilavorati
RIPRISTINI REFRATTARI		
<i>Refrattari</i> <i>Malte e cementi</i>	Materiali refrattari usurati Demolizioni refrattarie	
RACCOLTA ED EVACUAZIONE		
	Spuntature	Semilavorati
LAVORAZIONI DI DEFORMAZIONE		
Semilavorati <i>Gas naturale</i> <i>Energia elettrica</i> <i>Grafite</i> <i>Lubrificanti</i>	Spuntature Prodotti non conformi	Prodotti lunghi

Figura 2.1. Schema a blocchi preparazione semilavorati leghe di alluminio e di rame.
Principali fasi di lavorazione e relazione fra le fasi
In grigio sono indicate le fasi di lavorazione presenti solo in alcune unità produttive

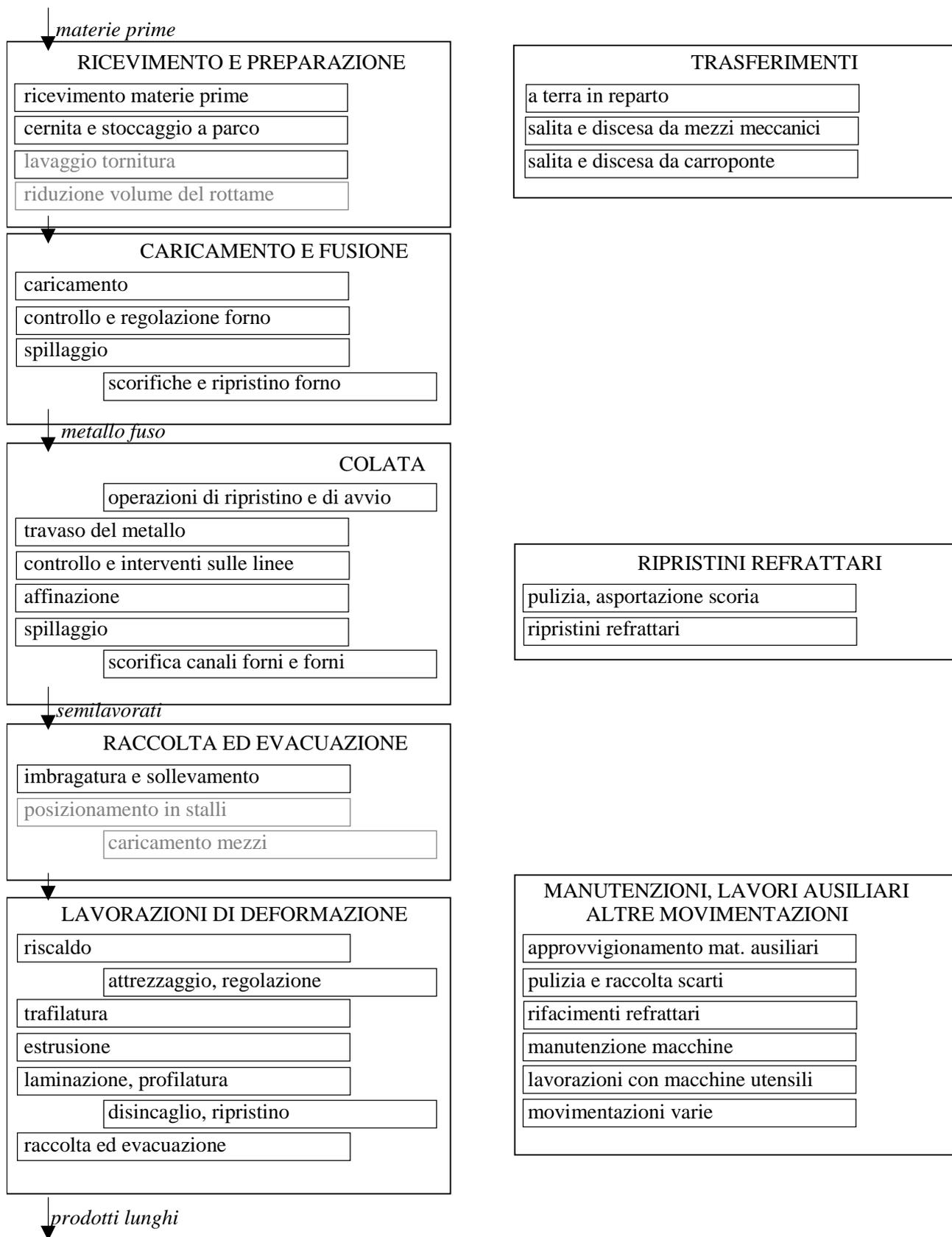


Figura 2.2. Specifico schema di produzione di alluminio secondario

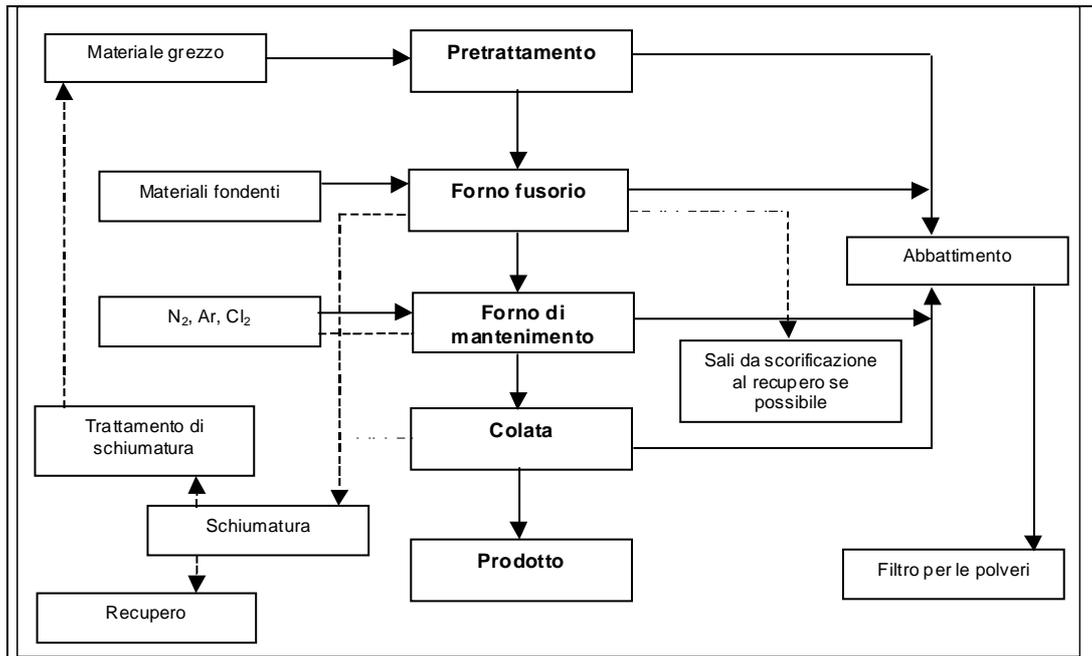
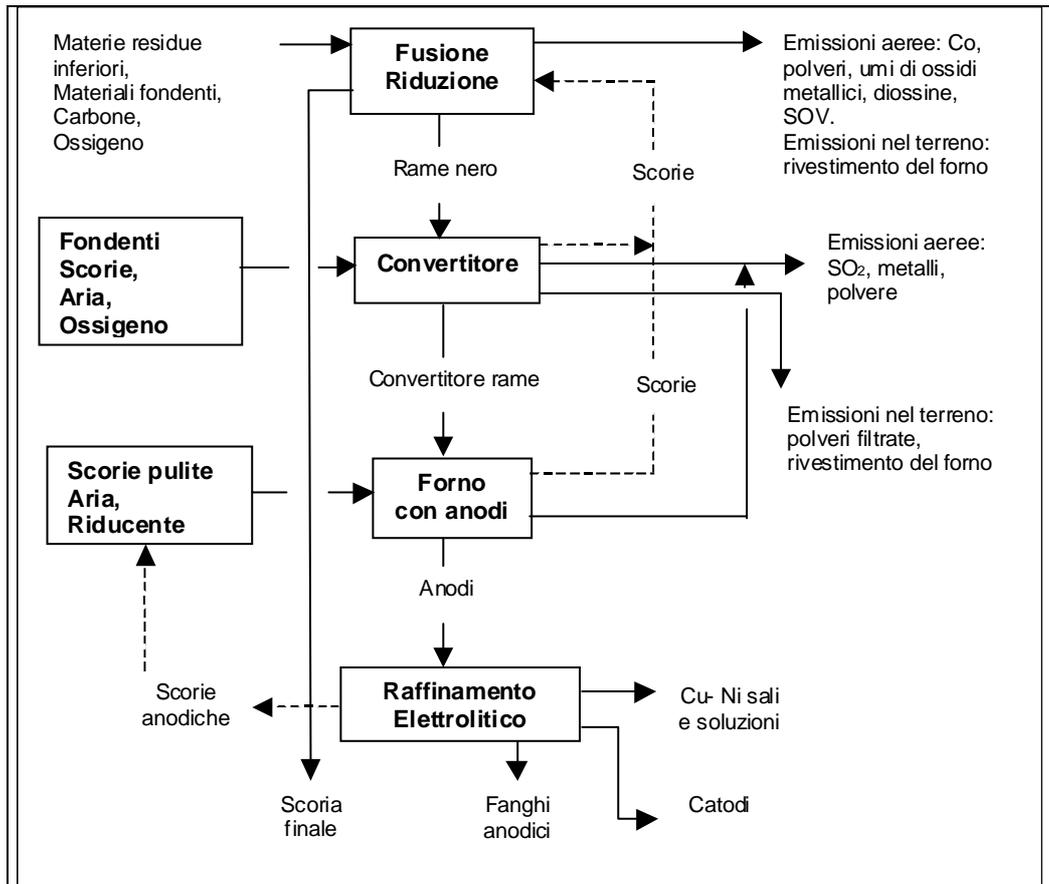


Figura 2.3. Input e output di un generico impianto per il riciclaggio di residui a basso tenore di rame



2.3. Fattori di rischio lavorativo

Tabella 2.4. Principali fattori di rischio lavorativo nelle varie fasi di lavorazione

FASE DI LAVORAZIONE	Caduta o proiezione di gravi	Traumi durante il movimento	Contatto investimento da sostanze	Maneggio o contatto con materiali	Concerne impianti, macchine, attrezzature	Concerne mezzi sollevamento e trasporto	Corrente elettrica	Posture incongrue/ fatica fisica	Particelle aerodisperse	Afissianti	Metalli tossici	Sostanze cancerogene	Rumore	Vibrazioni	Stress e affaticamento da calore	Condizioni microclimatiche sfavorevoli	Radiazioni non ionizzanti e campi	Radiazioni ionizzanti	Illuminazione inadeguata	Radiazioni infrarosse/ ultraviolette
Ricevimento materie prime		+				+			+							+				
Cernita e stoccaggio a parco	+					+		+	+		+			+		+				
Essiccazione tornitura												+								
Lavaggio tornitura													+							
Riduzione volume del rottame					+				+		+		+							
Caricamento	+	+		+		+		+	+				+	+						
Controllo e regolazione forni			+																	
Spillaggio			+						+		+				+					+
Scorifiche			+			+			+		+				+					+
Ripristino forni		+	+					+	+		+				+					
Operazioni di ripristino e di avvio colata		+	+		+															
Solidificazione in lingottiera																				
Controllo e interventi sulle linee					+															
Affinazione			+																	
Spillaggio			+								+				+					+
Scorifica canali forni e forni		+	+								+				+					+
Pulizia e asportazione scoria			+								+									
Ripristini refrattari				+		+		+			+									
Imbragatura e sollevamento		+				+														
Posizionamento in stalli		+				+														
Caricamento mezzi		+				+														
Riscaldamento	+					+														
Attrezzaggio, regolazione				+	+								+							
Trafilatura					+				+		+		+							
Estrusione					+				+		+	+	+							
Laminazione, profilatura					+				+		+		+							
Disincaglio, ripristino				+	+	+		+												
Raccolta ed evacuazione		+		+	+								+							
Approvvigionamento materiali ausiliari		+		+		+			+		+					+				
Pulizia e raccolta scarti		+							+		+					+				
Rifacimenti refrattari				+					+		+		+	+						
Manutenzione macchine				+	+	+	+		+		+		+			+				
Lavorazioni con macchine utensili					+															
Movimentazioni varie						+										+				

2.4. Impatto e rischio ambientale

Tabella 2.5. Principali fattori di impatto e di rischio ambientale determinati dalle varie fasi di lavorazione

FASE DI LAVORAZIONE	FATTORI DI IMPATTO							FATTORI DI RISCHIO			
	Consumo risorse materiali e idriche	Consumo di risorse energetiche	Emissioni in atmosfera	Reflui idrici	Produzione di rifiuti	Diffusione di rumore	Contaminazione radioattiva	Incendio	Esplosione chimica	Esplosione fisica	Rilascio accidentale (liquidi, solidi, aerodispersi)
Ricevimento materie prime							+				
Cernita e stoccaggio a parco			+		+	+	+				
Essiccazione tornitura	+	+	+								
Lavaggio tornitura	+			+		+					+
Riduzione volume del rottame						+					
Caricamento			+							+	
Controllo e regolazione forni		+	+	+				+			
Spillaggio			+								
Scorifiche					+						
Ripristino forni											
Operazioni di ripristino e di avvio colata											
Solidificazione in lingottiera				+							
Controllo e interventi sulle linee											
Affinazione											
Spillaggio											
Scorifica canali forni e forni											
Pulizia e asportazione scoria					+						
Ripristini refrattari					+						
Imbragatura e sollevamento											
Posizionamento in stalli											
Caricamento mezzi											
Riscaldamento		+									
Attrezzaggio, regolazione											
Trafilatura		+									
Estrusione		+	+								
Laminazione, profilatura		+									
Disincaglio, ripristino											
Raccolta ed evacuazione											
Approvvigionamento materiali ausiliari	+										+
Pulizia e raccolta scarti					+						
Rifacimenti refrattari	+				+						
Manutenzione macchine											
Lavorazioni con macchine utensili											
Movimentazioni varie											

SEMILAVORATI LEGHE NON FERROSE

CAPITOLO 3 ANALISI DEI RISCHI, DANNI E PREVENZIONE

- 3.1. Trasferimenti**
- 3.2. Ricevimento. Preparazione carica**
- 3.3. Caricamento e fusione**
- 3.4. Colata, raccolta ed evacuazione**
- 3.5. Lavorazioni di deformazione**
- 3.6. Manutenzioni, lavori ausiliari. Altre movimentazioni**
- 3.7. Analisi rischi e interventi comuni a più fasi**

3.1. Trasferimenti

FASI SPECIFICHE

Trasferimenti a terra in reparto
 Salita e discesa scale/ dislivelli in reparto
 Salita e discesa da carroponete
 Salita e discesa da macchine operatrici/ autoveicoli
 Trasferimenti in bicicletta

Non costituiscono una specifica fase di lavorazione, ma sono attività da cui non si può prescindere nel descrivere il profilo di rischio; coinvolgono tutto il ciclo produttivo e sono riferite a tutti gli impianti.

Gli addetti (interni ed esterni) effettuano trasferimenti:

- all'inizio del periodo di attività, per raggiungere dall'ingresso dello stabilimento prima i locali di spogliatoio, se previsti, e poi la posizione o l'area di lavoro, a piedi o con mezzi (autoveicoli, biciclette, ecc.) in funzione della distanza da percorrere, della frequenza di questi trasferimenti e della necessità di trasportare carichi o attrezzature di lavoro;
- al termine del periodo di attività, per tornare dalla posizione o area di lavoro agli spogliatoi e all'uscita dello stabilimento;
- per raggiungere, nel corso del periodo di attività, il locale di ristoro e i servizi disponibili.

Lo svolgimento delle diverse attività lavorative prevede la necessità di spostamenti più o meno importanti fra le diverse posizioni di lavoro. I trasferimenti quindi incidono in misura diversificata sulle diverse attività.

Nell'analisi riferita alla preparazione di semilavorati di leghe di alluminio e di rame, gli infortuni intercettati con l'analisi infortunistica rappresentano l'8% degli infortuni gravi; da segnalare che più del 40% di questi infortuni, fra cui un evento mortale, è avvenuto nei piazzali di ricevimento materie prime e nei magazzini del prodotto e la dinamica prevalente è l'investimento da parte di mezzi di trasporto: la quota degli infortuni gravi registrati durante trasferimenti è nella media di tutto il comparto metallurgia, ma, come detto, presenta precise specificità.

Rischi di natura infortunistica

Tabella 3.1.1. Trasferimenti.

Sintesi dei rischi di natura infortunistica: identificazione, danni, interventi di prevenzione

Alcune voci risultano dall'analisi statistica degli eventi infortunistici: questi rischi specifici, indicati con , riportano l'operazione pericolosa, la modalità di accadimento, il danno rilevato, i fattori di rischio che sono stati valutati evidenti

	IDENTIFICAZIONE RISCHIO →OPERAZIONE →MODALITA'	DANNO ATTESO DANNO RILEVATO	INTERVENTI DI PREVENZIONE FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI
	→ Trasferimenti a terra in reparto → Caduta/scivolamento durante salita/ discesa dislivelli	Ferita lacero-contusa Distorsione, lussazione	Interferenza fra le operazioni Pavimentazione sconnessa Scale, percorsi non idonei
	→ Trasferimenti a terra in reparto → Urto/ caduta/ scivolamento in piano	Distorsione, lussazione	Modalità incongrue di stoccaggio dei materiali e attrezzature Progressione non coordinata, senza attenzione
	→ Trasferimento in reparto → Caduta da luoghi elevati	Frattura	Pavimentazione sconnessa Scale, percorsi non idonei
	→ Trasferimento a terra in reparto → Investimento da parte di carrello elevatore e suo carico	Eventi mortali Frattura	Interferenza fra flusso dei materiali Percorsi di accesso alle posizioni di lavoro pericolosi Pavimentazione sconnessa Mancanza di visibilità Insufficiente dotazione di mezzi per la movimentazione Progressione senza attenzione Procedure carenti

Durante l'evacuazione dei semilavorati tramite carroporti frequentemente si evidenziano rischi dovuti al transito di altro personale nell'area sottostante il trasporto, dovuti alla scarsa visibilità da parte dell'operatore che opera sul pulpito degli impianti.

Ricorrenze legislative segnalate nelle analisi degli infortuni gravi

Numero	Legge/ Articolo
2	547/169 stabilità del mezzo e del carico nell'esercizio dei mezzi di sollevamento e trasporto
2	547/8 pavimenti e passaggi
1	547/11 posti di lavoro e di passaggio esposti alla caduta o investimento di materiali
1	547/16 scale fisse non conformi
1	547/182 posti di manovra degli apparecchi di sollevamento e di trasporto
1	626/21 informazione dei lavoratori
1	626/35 obblighi del datore di lavoro in merito all'uso delle attrezzature da lavoro

3.2. Ricevimento. Preparazione carica

FASI DI LAVORAZIONE SPECIFICHE

Ricevimento materie prime
Cernita visiva ed elettromagnetica
Stoccaggio a parco
Essiccazione tornitura
Lavaggio tornitura
Riduzione volume del rottame (pressatura, tranciatura, ecc.)

Alluminio

L'industria secondaria dipende fortemente dall'origine delle materie prime. Viene definito rottame "nuovo" quello ottenuto come scarto di lavorazioni nell'industria che produce alluminio. Rottame "vecchio" è invece costituito da materiale usato derivante da post-consumo, per esempio componenti di mezzi di trasporto, imballaggi e contenitori.

Il pretrattamento degli scarti consiste principalmente nell'assortimento degli stessi e nella rimozione di contaminanti al fine di preparare il materiale per la fusione. In queste operazioni l'alluminio viene separato da altri metalli, plastica, oli e vernici. I pretrattamenti di pulitura vengono classificati in base alla "forza motrice" del processo: meccanica, pirometallurgica o idrometallurgica.

La pulitura meccanica si basa sulla separazione fisica dell'alluminio da altri scarti attraverso mulini a martello, anelli abrasivi e altri macchinari che consentono di sminuzzare i rottami contenenti alluminio in pezzi più piccoli. Questo aumenta l'efficienza dei sistemi di separazione magnetica dei materiali ferrosi più a valle nell'impianto. Altri sistemi includono vagli e classificatori ad aria.

La forza motrice del processo pirometallurgico è il calore che consente di separare l'alluminio da contaminanti e altri metalli. Il processo pirometallurgico include l'arrostimento e l'estrazione per fusione. Nella fase dell'arrostimento i rottami di alluminio contenenti contaminanti organici vengono scaldati in forni rotativi a temperature sufficientemente alte da vaporizzare o carbonizzare i contaminanti organici, temperature comunque inferiori a quella di fusione dell'alluminio (660°C). Nella fase di estrazione per fusione la temperatura del forno viene portata al di sopra della temperatura di fusione dell'alluminio, ma al di sotto della temperatura di fusione degli altri metalli presenti nei rottami: l'estrazione per fusione di alluminio da rottami ad alto contenuto di ferro avviene solitamente in un forno a riverbero sul fondo del quale viene raccolto l'alluminio fuso e gli altri metalli a basso punto di fusione, che vengono poi raffreddati con aria in forme. I metalli alto fondenti, come ferro, rame e i prodotti di ossidazione, vengono rimossi periodicamente dal forno.

La tecnologia idrometallurgica sfrutta l'acqua come agente lavante. Si compone di due fasi: lisciviazione e separazione del residuo pesante. La lisciviazione consente il recupero di alluminio dalle scorie e dalle schiumature dei forni. Il materiale viene alimentato a un tamburo rotante dove i contaminanti solubili in acqua vengono sciacquati via nelle acque di rifiuto. Il materiale lavato viene vagliato per rimuovere polveri fini e sali, poi asciugato e infine passato attraverso un separatore magnetico per eliminare il materiale ferroso. Un mezzo viscoso viene utilizzato per separare i metalli ad alta densità (rame, ferro) dai metalli a bassa densità (alluminio) nella fase di separazione del residuo pesante. Questo tipo di separazione è utilizzata per concentrare l'alluminio proveniente da automobili ridotte in frammenti.

Rame

L'operazione di pretrattamento dei rottami può essere eseguita manualmente, meccanicamente, con metodi pirometallurgici o idrometallurgici. I metodi manuali e meccanici includono la cernita, lo strappaggio dei composti organici, lo sminuzzamento e la separazione magnetica, quest'ultima tipica per i cavi inguainati. Il rottame può essere quindi compresso in bricchette. Il pretrattamento pirometallurgico comprende la separazione dei diversi metalli attraverso un lento innalzamento della temperatura dell'aria nel forno per ottenere la fusione dei diversi metalli separatamente, la combustione dello strato isolante che ricopre i fili di rame e l'essiccamento in forni rotativi al fine di evaporare gli oli e gli altri composti organici. Il pretrattamento idrometallurgico include la flottazione e la lisciviatura per recuperare il rame dalle scorie. La flottazione è tipicamente usata quando i rottami contengono più del 10% di rame; la scoria viene lentamente raffreddata così da formare cristalli estesi e relativamente puri che vengono poi recuperati. La scoria rimanente viene ulteriormente raffreddata, sminuzzata e combinata con acqua e additivi chimici che facilitino la flottazione. L'aria compressa insufflata e gli additivi chimici rendono possibile la separazione della scoria finemente sminuzzata in diverse frazioni di minerali. Gli additivi fanno galleggiare il rame in forma di schiuma, il che ne consente la rimozione e la successiva concentrazione.

Per una larga fascia di rottami si segnala la possibilità di condurre efficaci processi di lavaggio con detergenti che escludono la formazione di effluenti aerodispersi.

La lisciviatura è utilizzata per recuperare il rame dai fanghi, che sono un sottoprodotto della raffinazione elettrolitica. In questo processo si fa circolare acido solforico nei fanghi in un filtro a pressa. Il rame si scioglie nell'acido formando solfato di rame, che può essere reintrodotta nella soluzione elettrolitica o venduto come prodotto.

Piombo

Il pretrattamento delle batterie esauste consiste nella rimozione dei contaminanti metallici e non metallici.

Il primo passo di tale processo è la demolizione delle batterie, che consta dello svuotamento dell'acido solforico, della frantumazione (macinatura) e della separazione del piombo dai materiali non metallici. La separazione viene ottenuta con il passaggio attraverso una serie di vagli, classificatori a umido e filtri, per ottenere le diverse frazioni, contenenti i materiali metallici, la pasta di ossido e solfato di zinco (*pastello*), il polipropilene, le plastiche e gomme non riciclabili e l'acido solforico diluito. L'acido drenato dalle batterie è normalmente riutilizzato, previa opportuna purificazione e miscelazione, per il riempimento di accumulatori nuovi.

I rottami ottenuti dalla separazione sono trattati in forni a riverbero o rotativi alimentati a gas o ad olio combustibile al fine di separare il piombo dai metalli che fondono a temperature superiori. I forni rotativi sono utilizzati solitamente per trattare scorie contenenti basse concentrazioni di piombo, mentre i forni a riverbero sono usati per le scorie più concentrate. Il piombo parzialmente purificato viene periodicamente scaricato dai forni per essere ulteriormente trattato in forni a bacino o crogiolo.

Tutte le materie prime in ingresso nello stabilimento transitano, sui mezzi di trasporto (autocarri o carri ferroviari), attraverso un apposito portale per il rilevamento della radioattività, collocato in corrispondenza all'ingresso degli stabilimenti.

Il responsabile del ricevimento delle materie prime effettua il controllo dei materiali in ingresso al fine di suddividerlo correttamente, in base alla tipologia e al grado di preparazione per il caricamento dei forni.

Tutti i mezzi vengono pesati all'ingresso e all'uscita.

Per alcuni materiali, come la tornitura di ottone, vengono eseguiti provini di qualità e resa.

I materiali possono venire scaricati direttamente dagli automezzi ribaltabili, nel caso siano materiali alla rinfusa, come tipicamente il rottame, gli sfridi di lavorazione industriale e la tornitura. Nel caso si tratti di materiali ordinati in pacchi, come tipicamente i pani o semilavorati di leghe metalliche, si usa il carrello per scaricare i pianali dei carri e disporre il materiale a parco.

Alcune materie prime possono essere stoccate direttamente negli appositi box, per potere poi essere prelevate e utilizzate tal quali come carica per i forni fusori.

Altre materie prime, in particolare quelle secondarie che derivano da lavorazione industriale, devono subire un pretrattamento prima di essere destinate allo stoccaggio e quindi all'utilizzo.

- Rottami voluminosi vengono compattati, per facilitarne il caricamento nei forni, tramite pressa-cesoia. I materiali normalmente trattati sono scarti di barre e matasse provenienti da processi di solidificazione e deformazione (generalmente riciclo interno), fasci tubieri in rame/ ottone di scambiatori di calore o profilati in altre leghe che, a causa della loro lunghezza, devono essere cesoiati e compattati.
- La tornitura proveniente dalle lavorazioni per asportazione di truciolo deve essere o essiccata o lavata e asciugata prima di potere essere introdotta nei forni fusori. Questo trattamento viene realizzato in forni a tamburo rotante, alimentati da gas naturale, oppure in appositi impianti di lavaggio, che provvedono anche alla deferrizzazione e all'asciugatura. Anche l'impianto di lavaggio utilizza bruciatori a metano per il riscaldamento dell'acqua di lavaggio e per l'asciugatura della tornitura lavata.

Lo stoccaggio avviene normalmente in box, realizzati in carpenteria metallica, aperti superiormente e su un lato per consentire l'accesso ai mezzi dedicati alla movimentazione e al carico dei forni. Possono essere utilizzate gru a ponte con ragno e pale gommate.

Tabella 3.2.1. Presenza dei trattamenti di preparazione del rottame nel campione di 9 impianti indagati

Lavorazione	Materiale	Presenza lavorazione	Quota rottame trattato dove presente la lavorazione
Cernita	Leghe di rame	31 %	4-90 %
Deferrizzazione	Leghe di rame	8 %	10%
Cesoatura	Leghe di rame	15 %	2-20 %
Vagliatura	Leghe di piombo Leghe di rame	15 %	85-100 %
Pressatura	Leghe di rame Leghe di alluminio	46 %	2-50 %
Taglio	Leghe di rame	23 %	3-5 %
Lavaggio	Leghe di rame	8 %	45-50 %
Essiccazione	Leghe di rame	31 %	8-50 %

	Leghe di alluminio		
--	--------------------	--	--

Mansioni della fase

Mansione	Posizione di lavoro	Operazione
Addetto ricevimento materie prime/ Accettazione/ piazzale	Piazzale Cabina pesa Laboratorio materie prime	Operazioni di coordinamento Operazioni di registrazione Prelievo campioni Attività registrazione, preparazione bolle Operazioni controllo qualitativo torniture
Addetto movimentazioni	Cabina pala meccanica Carrello elevatore Gru con ragno	Movimentazione materiale interno al parco Movimentazioni sfridi lavorazioni successive
Addetto cernita	Cabina vaglio	Controllo impianto vagliatura Interventi in caso di anomalia
Addetto cernita manuale	Piazzale Nastri	Selezione e raccolta in mucchi e/o cassoni di componenti di materiale estraneo o da valorizzare con altro riciclo
Addetto cesoiatura semilavorati	Cabina cesoia Area cesoia Cabina pala meccanica	Manovra cesoia Interventi in caso di incaglio Caricamento tramite gru a pinza (ragno) Prelievo dall'accumulo in uscita e stoccaggio
Addetto macinatore	Cabina Area macinatore	Coordinamento impianto Interventi di malfunzionamento
Addetto lavaggio Addetto essiccazione tornitura	Quadro / cabina impianto Cabina pala meccanica Area impianto lavaggio	Sorveglianza corretto funzionamento Interventi in caso di anomalia Alimentazione materiali detergenti Alimentazione impianto Reintegro reagenti (detersivi, additivi)
Addetto essiccazione	Quadro comando/ cabina Area essiccatore	Coordinamento impianto Interventi di malfunzionamento Laboratorio

Impianti, macchine, attrezzature

Pala meccanica
 Carrelli diesel
 Carriponte
 Impianti di cernita, vagli
 Presse impaccatrici
 Trance, cesoie
 Mulini macinatori
 Forni a tamburo rotante alimentati a metano
 Impianto lavaggio tornitura

Rischi di natura infortunistica

Tabella 3.2.2. Ricevimento e preparazione carica
Sintesi dei rischi di natura infortunistica: identificazione, danni, interventi di prevenzione

Alcune voci risultano dall'analisi statistica degli eventi infortunistici: questi rischi specifici, indicati con , riportano l'operazione pericolosa, la modalità di accadimento, il danno rilevato, i fattori di rischio che sono stati valutati evidenti

	IDENTIFICAZIONE RISCHIO →OPERAZIONE →MODALITA'	DANNO ATTESO DANNO RILEVATO	INTERVENTI DI PREVENZIONE FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI
	→ Ricevimento materie prime → Investimento da parte di carrello elevatore e suo carico	Distorsione, lussazione Frattura Eventi mortali	Interferenza fra flusso dei materiali Interferenza fra le operazioni Mancanza di visibilità Posizione di lavoro senza condizioni di sicurezza Componenti dei mezzi di trasporto non idonei e mantenuti in servizio senza manutenzione Procedure carenti Procedure non applicate
	→ Stoccaggio del materiale a parco → Lesione dovuta a contraccolpo in seguito a urto con mezzo	Contusione, trauma Distorsione, lussazione	Modalità operative sbagliate

Ricorrenze legislative segnalate nelle analisi degli infortuni gravi

Numero	Legge/ Articolo	
1	547/223	dispositivo per impedire il ribaltamento accidentale dei carichi
1	547/374	carente manutenzione delle strutture e degli impianti
1	547/382	necessità di protezione degli occhi
1	547/4	obblighi dei datori di lavoro, dei dirigenti e dei preposti
1	547/48	divieto di pulire, oliare, ingrassare organi in movimento
1	626/22	formazione dei lavoratori
1	626/35	obblighi del datore di lavoro in merito all'uso delle attrezzature da lavoro

Rischi di natura igienico ambientale

Tabella 3.2.3. Ricevimento. Preparazione carica
Sintesi dei rischi di natura igienico ambientale: identificazione, danni, interventi di prevenzione

IDENTIFICAZIONE RISCHIO	DANNO ATTESO	FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI INTERVENTI DI PREVENZIONE
Polveri aerodisperse e fumi metallici → Scarico → Movimentazioni → Selezione	Bronchite cronica, Pneumoconiosi da polveri Irritazione vie respiratorie e occhi Patologie esposizione cronica a metalli	Separazione delle aree di lavoro Frequente pulizia delle zone di accumulo Bagnatura dei cumuli Sistemi di aspirazione per impianti di trattamento materie prime Scelta DPI adeguati
Inquinanti organici	Irritazione e bruciori vie respiratorie e occhi Danni cronici	Copertura e aspirazione dei nastri di trasporto tornitura in uscita da forni di essiccazione Aspirazione localizzata con cappe localizzate sui punti di caduta, sui tamburi di cernita magnetica, nonché sui sili di raccolta materiale trattato

Esposizione a rumore → scarico rottame per ribaltamento → operazioni di tranciatura rottame	Danni uditivi Danni extrauditivi	Separazione dell'area di scarico Adozione di sistemi di caricamento meccanico mediante paranchi, nastri o altro Segregazione dell'impianto di tranciatura (permangono problemi per le sezioni di carico) Modalità operative di movimentazione Vigilare sull'impiego dei DPI
Vibrazioni → posizioni di manovra di mezzi di movimentazione → posizioni di controllo e di selezione manuale presso impianti di frantumazione e vagliatura	Traumi e alterazioni degenerative ai sistemi articolari Morbo di Raynaud Effetti sui nervi e sui muscoli	Segregazione frantoi Inserimento di posizioni e sedili smorzanti Riduzione della durata dell'esposizione
Esposizione a basse temperature Correnti e sbalzi termici → posizioni di lavoro esterne esposte ad agenti atmosferici → transiti frequenti fra reparti chiusi e posizioni esposte	Alterazioni degenerative tessuti periarticolari Malattie da raffreddamento	Chiusura delle strutture coperte Inserimento di postazioni protette Inserimento di sistemi di riscaldamento radiante

Nelle figure successive i dati verranno trattati in modo più rigoroso, con riferimento alla mediana e agli intervalli di dispersione individuati dai quartili, ricordando che in ambiente di lavoro la distribuzione che meglio riassume il comportamento delle concentrazioni di inquinanti è una distribuzione non simmetrica, chiamata lognormale.

Un metodo graficamente valido per rappresentare i dati è quello dei "diagrammi a scatola e baffi". In questo tipo di diagrammi si possono riconoscere la scatola, i baffi, i punti esterni e la scala.

La linea interna alla scatola rappresenta la mediana (questo valore indica la concentrazione in corrispondenza al 50% dei dati, cioè che divide il gruppo di dati per metà), i lati inferiore e superiore della scatola sono i cardini, che corrispondono al 1° e 3° quartile (rispettivamente le concentrazioni in corrispondenza al 25% e al 75% dei dati); la scatola quindi, per definizione, include il 50% dei dati; i baffi inferiore e superiore indicano rispettivamente il 1° e il 99° percentile. I punti inferiore e superiore indicano i valori estremi misurati del gruppo di dati.

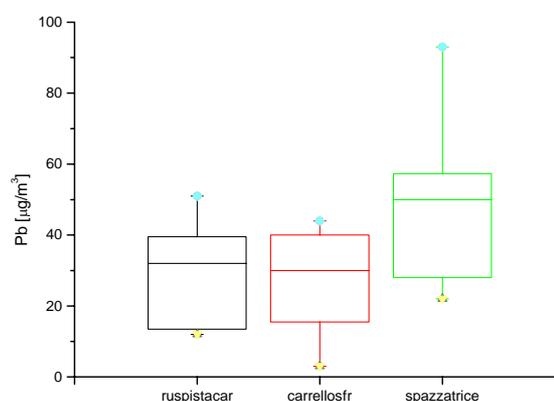
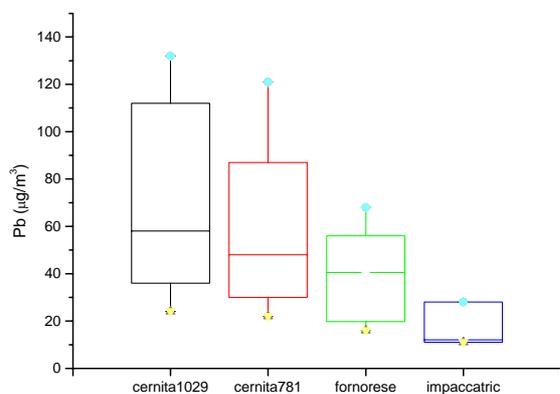
Questo tipo di rappresentazione consente di ottenere immediatamente delle informazioni:

- la posizione della mediana rispetto ai quartili, se centrale o se eccentrica, e il confronto tra la lunghezza dei baffi, informano se i dati sono disposti simmetricamente o meno rispetto al valore di tendenza centrale;
- la lunghezza dei baffi e la presenza di dati esterni informa se i dati sono concentrati o dispersi;
- è possibile controllare se sono presenti dati esterni sospetti (presumibilmente da riferire, in questo caso, a errori di prelievo o di analisi).

Fonderia di ottone (110 addetti). Periodo 1992-1998.

Figura 3.2.1. Sintesi del monitoraggio ambientale in area cernita e preparazione cariche

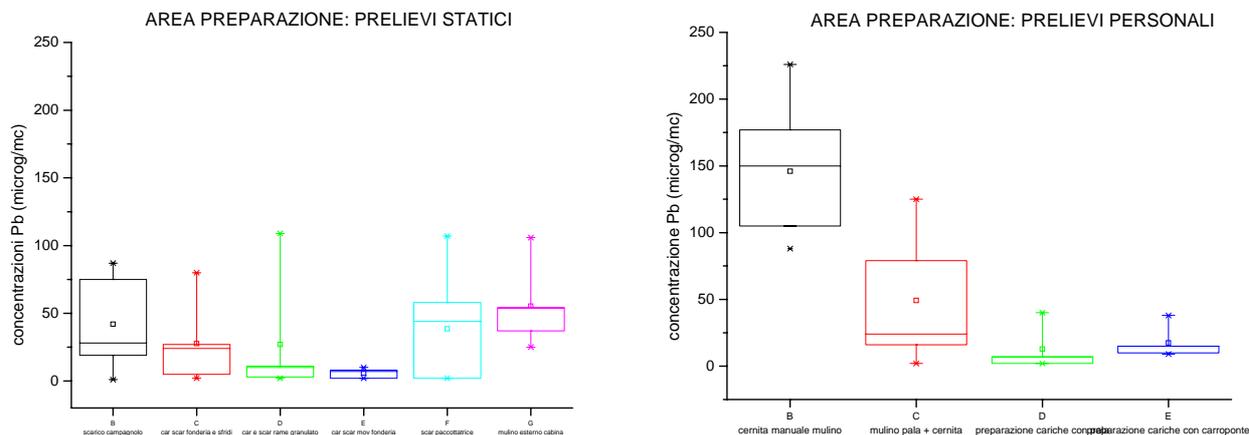
Figura 3.2.2. Sintesi del monitoraggio ambientale in area trasporti interni



L'attività presso questi impianti di cernita è stata caratterizzata da un'esposizione soggetta a elevata variabilità. La ristrutturazione delle posizioni di lavoro e l'erogazione di acqua tramite spruzzi sul rottame che percorre il tappeto danno risultati efficaci per quanto concerne il contenimento della polverosità, che in questo caso sembra derivare direttamente dalla movimentazione del rottame.

Fonderia di ottone (60 addetti). Periodo 1997-2003.

Figura 3.2.3. Sintesi del monitoraggio ambientale in area preparazione cariche: prelievi statici
Figura 3.2.4. Sintesi del monitoraggio ambientale in area preparazione cariche: prelievi personali



Le concentrazioni raccolte sono caratterizzate da elevata variabilità.

Concentrazioni contenute e meno variabili si osservano per gli addetti che operano alla preparazione della carica.

Le concentrazioni più elevate sono legate alle operazioni di scarico e di cernita, in particolare del "rottame campagnolo" (raccolta varia), cioè l'operazione che comporta le mansioni a massimo rischio sopra sintetizzate.

Interventi

Per gli addetti che operano a terra in questa area; il transito di autocarri e ruspe deve essere studiato per consentire spazi ampi. Congiuntamente vanno inserite precise disposizioni da fare rispettare, in quanto la viabilità più agevole può portare a una maggiore velocità e una conseguente maggiore pericolosità dell'area. Può essere valutata anche l'opportunità di dotare le ruspe di telecamere per la visione posteriore.

Per gli infortuni, che si riferiscono a corpi estranei nell'occhio e comportano gravità ridotte, la possibilità di ridurre in modo significativo la probabilità di questi eventi deriva da un lato dalla possibilità di limitare le emissioni in ambiente di lavoro, la velocità del vento all'interno dei reparti e di migliorare l'aspirazione localizzata, dall'altro dall'impiego di occhiali protettivi.

Per il primo gruppo di aspetti è necessario intervenire sulle emissioni che ricadono dalla movimentazione del rottame e da emissioni che ricadono da altre aree, limitando in particolare le emissioni diffuse dai forni), per il secondo aspetto si tratta di valutare questo problema in termini di vantaggio e di disagio per gli addetti. Come indicazione di massima, potrebbero essere selezionate alcune particolari fasi di esposizione per le quali imporre l'impiego di occhiali protettivi, evitando un obbligo generalizzato che nei fatti vanifica la realistica possibilità di adozione.

3.3. Caricamento e fusione

FASI DI LAVORAZIONE SPECIFICHE

Alimentazione forni fusori

Caricamento

Fusione

Aggiunta scorificanti e fondenti

Scorifica, schiumatura

Affinazione, degasaggio

Alligazione

Alluminio

Superata la fase di pretrattamento, si procede alla fusione e alla affinazione. Queste due operazioni vengono svolte principalmente in forni a riverbero, nei quali il calore sviluppato dal combustibile è riflesso dalla volta del forno verso l'interno della massa fusa.

L'operazione di scorifica riduce il contenuto di magnesio da 0.5% a 0.1% nella massa fusa. Nel passato la scorifica veniva condotta con cloro liquido, iniettando cloro sotto pressione che reagisce con il magnesio. Il cloro sotto pressione veniva erogato attraverso lance di carbone direttamente al di sotto della massa fusa, il che portava ad alte emissioni di cloro. Processi più recenti hanno sostituito la procedura delle lance di carbone. Il cloro viene immesso direttamente nella tubazione di scarico della pompa utilizzata per ottimizzare il calore prodotto nel forno a riverbero. Attualmente quindi il flusso di cloro viene aumentato fino a che deboli vapori di cloruro di alluminio appaiono alla superficie dell'alluminio fuso. Allora si diminuisce il flusso di cloro in modo che non appaiano vapori alla superficie. Le emissioni di cloro risultanti da questa procedura non sono ancora disponibili, ma la pratica industriale ha riportato quantitativi di cloro usati vicino al rapporto teorico stechiometrico. Altri agenti clorurati, come cloruro di alluminio anidro o composti organo-clorurati, sono usati nella fase di scorifica. Le operazioni sopra descritte possono essere effettuate anche adottando il fluoro come reagente. Il fluoruro di alluminio reagisce con il magnesio a dare alluminio metallico fuso e sale di fluoruro di magnesio solido che galleggia sulla superficie dell'alluminio fuso dalla quale viene rimosso.

Durante il processo di degasaggio, gas inerti ad alta pressione vengono immessi al di sotto della superficie fusa, producendo una violenta agitazione. Questa agitazione favorisce la risalita alla superficie dei gas rimasti nel fuso. In superficie i gas vengono assorbiti nel flusso galleggiante. In alcuni casi le due fasi di scorifica e degasaggio possono venire combinate.

La fase di alligazione (formazione di leghe) consiste nel combinare l'alluminio con agenti leganti che consentono di cambiarne le caratteristiche resistenziali. Agenti leganti sono tipicamente zinco, rame, manganese, magnesio e silicio. Questi ultimi vengono aggiunti alla massa fusa fino a quando non si raggiunge la corretta composizione della lega.

L'alluminio si ossida facilmente e questo è un fattore significativo nel processo produttivo. La fusione di alluminio che avvenga senza scorificanti protettivi produce uno strato di ossido usualmente chiamato schiuma.

L'operazione di schiumatura consiste nel rimuovere i fondenti contaminati dalla superficie del fuso. Questa operazione viene condotta diverse volte durante il ciclo di lavorazione, in particolare se i rottami pretrattati contengono alti livelli di contaminanti. A seguito dell'ultima schiumatura, il fuso viene versato in stampi o diretto ai macchinari per la formatura. Le schiume vengono poi trattate al fine di recuperare alluminio, per esempio inviandole a forni di fusione con sali fondenti (riducono l'ossidazione e promuovono la rimozione di impurità come Mg, Ca, Li) o separando l'ossido dal metallo tramite diverse tecniche di separazione (macinatura, sgranellatura, ecc). La frazione di ossidi di metalli, Al, Mg e Ca, può essere ulteriormente lavorata e lavata per produrre allumina che viene poi venduta all'industria cementizia.

Rame

Diversi tipi di forni sono utilizzati per il processo di fusione. Il tipo di forno e le fasi del processo dipendono dalla percentuale di rame contenuta nel materiale grezzo, dalle dimensioni e dagli altri costituenti.

Nel trattamento di fusione possono essere aggiunti ferro (nella forma di rame ferroso, rottami di ferro), carbonio (sotto forma di coke o gas naturale) e agenti flussanti per ridurre gli ossidi metallici eventualmente presenti. I fumi all'uscita dei forni contengono metalli e ossidi di metalli come quelli di zinco, piombo e stagno, che possono essere recuperati sotto forma di metalli raffinati, leghe o ossidi. Contengono inoltre polveri, SO₂ e composti organici a seconda del materiale grezzo di partenza.

Tipicamente il processo di fusione di rottami di rame a basso tenore di metallo comincia con la fusione in un forno a tino o forno rotativo, che produce scorie e rame impuro. Se si utilizza un forno a tino, questo rame impuro viene caricato ad un convertitore, nel quale la purezza aumenta fino all'80-90%, e poi ad un forno a riverbero dove il rame raggiunge purezze del 99%. In questi forni vengono aggiunti flussanti al rame e viene insufflata aria dal basso verso l'alto attraverso la miscela, al fine di ossidare le impurezze (a esempio il ferro e il piombo, che poi vengono rimossi come scoria), mentre zinco e stagno vengono eliminati per volatilizzazione. In seguito, in atmosfera riducente, l'ossido di rame viene convertito in rame metallico. Il combustibile utilizzato in questi forni è il coke.

Questo rame viene formato in lastre che sono usate come anodi nell'elettrolisi. Gli anodi sono infatti immersi in una soluzione di acido solforico contenente solfato di rame. Quando il rame si scioglie dall'anodo, esso si deposita sul catodo. A questo punto il catodo di rame, che ha una purezza del 99,99%, viene estratto e sottoposto di nuovo a formatura. Gli stadi nel forno a tino e nel convertitore possono essere evitati nel ciclo di lavorazione se il contenuto in rame del rottame utilizzato è superiore al 90%.

Anche le leghe di rame come gli ottoni e i bronzi sono utilizzate come materiali secondari in vari processi. Se non pure o mescolate con altre leghe, esse vengono processate in impianti di fusione secondaria e raffinate come descritto sopra.

Nell'alligazione, rottami contenenti rame sono caricati ad un forno di fusione con uno o più altri metalli, come stagno, zinco, argento, piombo, alluminio o nickel. Vengono aggiunti flussanti per rimuovere le impurezze e proteggere il fuso dall'ossidazione con aria. Aria o ossigeno puro vengono insufflati nel fuso per correggere la composizione della lega ossidando l'eccesso di zinco presente.

I rottami di lega pura sono utilizzati direttamente per la fabbricazione di semilavorati. Vengono utilizzati per fondere il materiale pulito forni ad induzione, e la fusione è seguita dal colaggio in forme adatte per le successive fasi di fabbricazione.

Piombo

Il trattamento di fusione porta alla produzione di piombo mediante fusione e separazione del metallo dai contaminanti metallici e non metallici e riduzione degli ossidi alla forma metallica. La fusione viene condotta in forni a tino, forni a riverbero e forni rotativi. Nei forni a tino viene prodotto un piombo con il 10% circa di antimonio, nei forni a riverbero e rotativi un piombo con il 3-4% di antimonio.

Il forno a riverbero viene caricato con rottami di piombo, parti metalliche delle batterie, ossidi ed altri residui. La carica è riscaldata direttamente fino ad una temperatura di 1260°C usando gas naturale, olio combustibile o carbone. La capacità media di un forno a riverbero è di 50 t/giorno. Circa il 47% della carica è recuperato come piombo ed è periodicamente scaricato in crogioli o stampi. Il 46% della carica è rimosso come scoria e successivamente utilizzato nei forni a tino. Il restante 7% lascia il processo sotto forma di polveri o fumi.

Nei forni a tino vengono caricati il rottame metallico pretrattato, il rottame riciclato, rottami ferrosi, coke, polveri prodotte dal processo e calcare. Il calore di processo necessario per la fusione del piombo è prodotto dalla reazione del coke con l'aria che viene alimentata al forno. Parte del coke brucia per fondere la carica, mentre il resto riduce l'ossido di piombo a piombo elementare. Quando la carica di piombo fonde, calcare e ferro vengono alla superficie del bagno fuso e formano un fondente che ritarda l'ossidazione del piombo. Il piombo fuso fluisce dal forno in un crogiolo a ritmo quasi continuo. Il piombo prodotto costituisce circa il 70% della carica. Dal crogiolo, il piombo viene solitamente formato in pani. Circa il 18% della carica è recuperata come scoria, mentre circa il 5% della carica è conservata per essere riutilizzata, e il restante 7% lascia il processo sotto forma di polveri o fumi. La capacità produttiva di un forno a tino può variare tra 20 e 80 tonnellate al giorno.

L'affinazione consiste in addolcimento, alligazione e ossidazione a seconda del grado di purezza o del tipo di lega desiderato. Queste operazioni sono condotte con processi batch che richiedono da poche ore a qualche giorno e possono avvenire in forni a riverbero; tuttavia, i forni a bacino sono i più utilizzati. Il processo di rifusione è applicato ai lingotti di leghe di piombo che non richiedono ulteriore raffinazione prima della formatura. I forni a bacino usati per l'alligazione, l'affinazione e l'ossidazione sono scaldati con gas o combustibili liquidi. Le temperature di raffinazione variano tra 320 e 700°C. I forni di alligazione fondono e miscelano lingotti di piombo e dei materiali di lega (antimonio, stagno, arsenico, rame e nichel).

I forni di raffinazione sono usati sia per rimuovere il rame e l'antimonio ottenendo piombo dolce, sia per rimuovere arsenico, rame e nichel per la produzione di leghe di piombo.

I forni di ossidazione, che possono essere a bacino o a riverbero, sono utilizzati per ossidare il piombo e per trascinare l'ossido di piombo prodotto nella corrente di aria di combustione per un successivo recupero in filtri a maniche ad alta efficienza.

Le materie prime vengono caricate, secondo un programma definito, nei forni fusori funzionanti a ciclo continuo.

Gli impianti di fusione generalmente sono forni elettrici a induzione a canale, forni elettrici a induzione a crogiolo, con la possibilità di alimentare in modo continuo o con modalità discontinue la tornitura proveniente dai trattamenti precedenti tramite un nastro trasportatore specifico.

I forni sono dotati di sistemi ausiliari, in genere dimensionati per l'insieme dei forni presenti, destinati all'evacuazione delle scorie, all'aspirazione dei fumi, alla circolazione dell'acqua di raffreddamento.

I forni elettrici sono dotati di trasformatori, batterie di condensatori per il rifasamento, convertitori e apparecchiature ausiliarie di potenza e di controllo, per consentire le necessarie regolazioni del carico elettrico. Tutte queste apparecchiature sono installate in apposite cabine elettriche.

I forni vengono alimentati direttamente dai mezzi di caricamento oppure tramite elevatori o caricatori vibranti, posizionati su rotaie per potere avanzare in fase di caricamento in corrispondenza alla bocca del forno. Il caricatore è dotato di tramoggia mobile, azionata tramite vibratori che consentono ai materiali di scendere gradualmente nel forno, al comando dell'operatore. Il caricamento della tramoggia viene effettuato tramite pale o gru.

Una volta completata la carica e aver raggiunto la fusione del metallo, tramite una raspa azionata o manualmente o tramite meccanismo idraulico dall'operatore, viene tolta la scoria che galleggia sul metallo fuso. A questo punto della lavorazione viene estratto e analizzato un provino mediante spettrometro per verificare la composizione chimica.

I forni fusori sono dotati di dispositivo di ribaltamento che consente loro di versare il metallo fuso, attraverso opportuni canali di colata, nei forni di attesa, che hanno lo scopo di fungere da polmone e di garantire la necessaria continuità operativa delle colate continue.

In alternativa l'alimentazione viene garantita dal trasporto di siviere tramite carrelli o carroponte.

All'interno dei forni, sulla superficie del bagno di metallo fuso, si forma uno strato di scoria che ha, fra l'altro, una funzione protettiva del bagno, evitandone il contatto con l'aria e la conseguente ossidazione.

Prima di versare dal forno fusorio il metallo, la scoria viene allontanata dalla superficie del bagno e fatta defluire, tramite operazione effettuata dall'operatore con raspa manuale o con dispositivo idraulico comandato, in paiole o cassoni sottostanti oppure direttamente su un canale vibrante di scarico, comune a più forni paralleli, posto inferiormente.

Questo canale vibrante ha lo scopo di fare raffreddare la scoria e impedire che si agglomeri prima di raggiungere il sistema di vagliatura. Questa soluzione rappresenta una importante innovazione, in quanto abolisce tutte le successive operazioni di raccolta, movimentazione e ripristino dei contenitori di raccolta della scoria, nonché il raffreddamento e la frantumazione, in caso di scoria compatta.

Si segnala anche l'importanza di una rapida evacuazione in quanto elimina ulteriori emissioni di vapori di metallo basso bollenti, che si evidenziano anche nelle situazioni di ottimale aspirazione dei forni, e che mantengono esposizioni a rischio per gli operatori.

I forni di attesa invece hanno una formazione di scoria molto ridotta, tanto che l'operazione di scorifica viene effettuata pochissime volte per turno di lavoro. In questo caso la scoria viene fatta fluire tramite raspa manovrata a mano in un cassonetto, che viene periodicamente svuotato e movimentato tramite gru o carrello.

Mansioni della fase

Mansione	Posizione di lavoro	Operazione
Capoturno/ Capo area	Reparto Uffici Laboratorio	Controllo e gestione del reparto Gestione del personale Controllo analisi metallo
Addetto carico	Cabina pala meccanica Carrelli Gru con ragno	Prelievo materiali da stoccaggio e alimentazione degli impianti di carica o direttamente dei forni
Addetto forni fusione	Cabina/ quadro forni Area forni Pulpito ribaltamento forni	Operazioni di conduzione, manovra e controllo Azionamento sistema di alimentazione Azionamento manipolatore carica Azionamento pala scorifica Abilitazione al ribaltamento forno per spillaggio o scorifica Prelievo del campione (con tazza) Interventi in ausilio alla carica Interventi di movimento del bagno e di scorifica Interventi pulizia pozzetti e canali di spillaggio Comando ribaltamento graduale dei forni

Impianti, macchine, attrezzature

Ruspe
Carrelli diesel
Sili stoccaggio
Pese
Elevatori di carico (skip), Canali vibranti di alimentazione
Forni crogiolo a induzione (forni di fusione)
Forni a crogiolo a combustibile (forni di fusione)
Forni a canale a induzione (forni di colata)

Rischi di natura infortunistica

Tabella 3.3.1. Caricamento e fusione

Sintesi dei rischi di natura infortunistica: identificazione, danni, interventi di prevenzione

Alcune voci risultano dall'analisi statistica degli eventi infortunistici: questi rischi specifici, indicati con , riportano l'operazione pericolosa, la modalità di accadimento, il danno rilevato, i fattori di rischio che sono stati valutati evidenti

	IDENTIFICAZIONE RISCHIO →OPERAZIONE →MODALITA'	DANNO ATTESO DANNO RILEVATO	INTERVENTI DI PREVENZIONE FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI
	→ Caricamento manuale → Schiacciamento durante operazioni di movimentazione manuale	Ferita lacero-contuse Amputazione	Condizioni ambientali con elevato calore radiante Modalità operative sbagliate
	→ Scorifica attraverso la porta del forno → Investimento da parte di materiale ustionante	Ustione da calore	Mancanza di protezione delle aperture Pavimento con scoria sdruciolevole Elevato calore radiante Materie prime non conformi (corpi cavi) Posizione di lavoro senza condizioni di sicurezza Procedure non applicate Mezzi DPI forniti non utilizzati

Fra i rischi infortunistici si evidenzino le operazioni connesse con le operazioni di caricamento del rottame nei forni (“*disincaglio di rottame da tramoggia o silo di carica forno*”, “*uso di leva per smuovere il rottame bloccato nel canale*”, “*uso di leva per facilitare l’apertura della cappa del forno*”, ecc.): più di un terzo degli infortuni del reparto fonderia sono connessi a questa fase di lavoro.

Queste problematiche possono essere superate dal radicale mutamento del sistema di carica, nonché dalle dimensioni degli impianti, in grado di limitare le fasi critiche e le difficoltà dovute a dimensioni di tramogge, skip e nastri non adeguate.

- La posizione di caricamento del rottame evidenzia spesso la necessità di rettificare l’apertura fra tramoggia e cassone di alimentazione per evitare fuoriuscite di rottame durante il caricamento del cassone. In particolare inconvenienti si possono verificare nel caso di incagli di pacchi pressati negli impianti di alimentazione.
- Risulta molto opportuno proteggere le colonne e le strutture dagli urti delle ruspe, dovuti alle modalità di impiego delle stesse da parte degli operatori, alla scarsa visibilità consentita dalle posizioni di manovra (soprattutto in retromarcia), agli spazi che possono essere ridotti.
- Anche i condotti di aspirazione possono risultare lesionabili durante l’impiego dei mezzi.
- Nel caso di accesso alle zone di caricamento (in particolare per gli interventi di disincaglio del canale vibrante di carica forno) vanno individuate le fasi in cui intervenire con minore rischio, le procedure e i dispositivi di protezione personale.

Ricorrenze legislative segnalate nelle analisi degli infortuni gravi

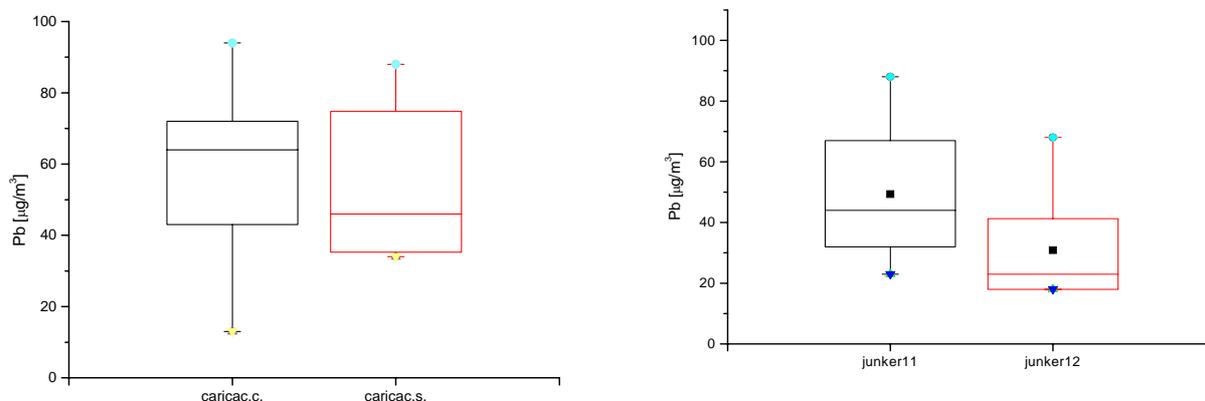
Numero	Legge/ Articolo	
3	626/4	obblighi del datore di lavoro, del dirigente, del preposto
2	547/11	posti di lavoro e di passaggio esposti alla caduta o investimento di materiali
2	547/182	posti di manovra degli apparecchi di sollevamento e di trasporto
1	547/175	dispositivi acustici e luminosi di segnalazione per i mezzi di sollevamento e trasporto
1	547/263	carenti protezioni rispetto agli spruzzi di materiali incandescenti
1	547/27	protezione delle impalcature, delle passerelle, dei ripiani
1	547/4	obblighi dei datori di lavoro, dei dirigenti e dei preposti
1	547/72	dispositivo di blocco con il funzionamento dei dispositivi di protezione
1	626/35	obblighi del datore di lavoro in merito all'uso delle attrezzature da lavoro

Rischi di natura igienico ambientale

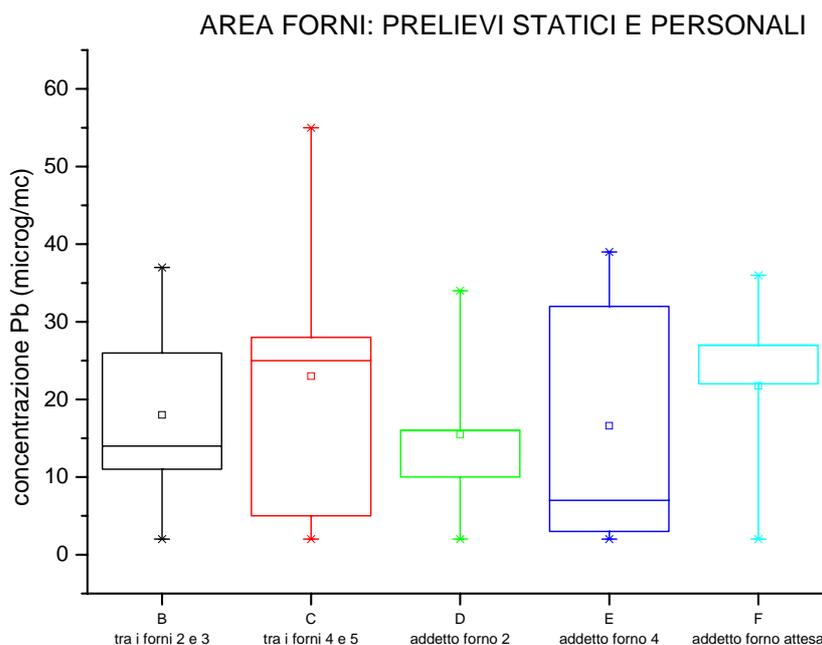
Tabella 3.3.2. Caricamento e fusione
Sintesi dei rischi di natura igienico ambientale: identificazione, danni, interventi di prevenzione

IDENTIFICAZIONE RISCHIO	DANNO ATTESO	FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI INTERVENTI DI PREVENZIONE
Polveri aerodisperse e fumi metallici → Evaporazione bagni metallici → Raccolta scoria	Bronchite cronica, Pneumoconiosi da polveri Irritazione vie respiratorie e occhi Patologie specifiche da esposizione cronica a metalli	Ridefinizione lay-out Separazione delle aree di lavoro Presidio integrale e specifico di tutte le sorgenti, compresa scorifica, accumulo e trasporto scoria DPI mancanti o inadeguati Frequente pulizia delle zone di accumulo
Esposizione a rumore → durante le fasi di caricamento del forno (in particolare con sistemi vibranti di dosatura della carica)	Danni uditivi Danni extrauditivi	Segregazione sistemi di caricamento Cabine protette per le operazioni di sorveglianza e manovra impianti Vigilare sull'impiego dei DPI
Vibrazioni → macchine di caricamento	Traumi e alterazioni degenerative ai sistemi articolari Morbo di Raynaud Effetti su nervi e muscoli	Isolamento delle strutture vibranti Inserimento di posizioni e sedili smorzanti
Stress e affaticamento da calore → fasi di stoccaggio della carica in forno → scorifica → foratura, se prevista, e spillaggio	Aggravamento problematiche cardiocircolatorie, digestive e renali	Inserimento di manipolatori manovrati da postazioni protette Inserimento di protezioni e schermi Adozione di DPI specifici
Radiazioni infrarosse e ultraviolette → operazioni di governo forno → operazioni di scorifica → operazioni di travaso	Processi di invecchiamento dell'occhio Cataratta Danneggiamento retina	Inserimento di schermi Adozione di DPI specifici

Fonderia di ottone (110 addetti). Periodo 1992-1998.
Figura 3.3.1. Sintesi del monitoraggio ambientale in area caricamento forni
Figura 3.3.2. Sintesi del monitoraggio ambientale in area fusione



Fonderia di ottone (60 addetti). Periodo 1997-2003.
Figura 3.3.3. Sintesi del monitoraggio ambientale in area forni: prelievi statici e personali



Le concentrazioni rilevate con prelievi statici e personali indicano condizioni da ritenere sempre accettabili anche considerando la variabilità dei dati.

Considerate le numerose sorgenti presenti nell'area, le condizioni osservate sono il risultato che in questa configurazione impiantistica le sorgenti sono integralmente presidiate con aspirazioni localizzate, efficaci nel contenere l'esposizione degli addetti che operano nell'area fusione.

Interventi

Infortuni

Si evidenzia in alcune situazioni il problema dell'interferenza fra percorsi dei carrelli e aree occupate da addetti a terra, oltre che la necessità di un corretto utilizzo dei carrelli.

Risulta efficace introdurre sistemi di caricamento continuo dei forni. Va comunque organizzato in modo molto preciso il movimento di ruspe e di eventuali carrelli nell'area, soprattutto con configurazioni in cui si ha il funzionamento contemporaneo di forni paralleli.

Gli infortuni occorsi durante la scorifica dei forni si riferiscono soprattutto a operazioni realizzate con utensili manovrati a mano o con l'ausilio di martello pneumatico. In particolare, l'operazione di distacco delle incrostazioni di scorie realizzata attraverso la bocca dei forni viene spesso effettuata in posizione di lavoro non adeguatamente protetta rispetto al rischio di caduta.

Con forni a crogiolo si può prevedere l'impiego di meccanismi posizionati con carroponte sopra il forno, evitando la presenza dell'operatore nella manovra. Il successo e l'efficacia di questo sistema è importante per escludere una fase di lavoro estremamente critica.

Con i forni a bacino si può prevedere di operare con l'ausilio di un piccolo mezzo oppure con utensile dalla bocca di carica, mantenendo il manipolatore della scoria nella posizione di testa a costituire una barriera e inserendo una specifica protezione sul pavimento.

Fonderie ottone. Rischio Piombo

Particolarmente efficace risulta mantenere separate le operazioni di colata rispetto a quelle preliminari di preparazione: si evita, in questo modo, la ricaduta di inquinanti dagli impianti di lavorazione a caldo, ricaduta che può coinvolgere in misura importante praticamente tutte le mansioni.

Le posizioni occupate durante lo svolgimento di queste mansioni potranno subire un miglioramento importante per quanto riguarda l'inquinamento di piombo, se si procede a una bonifica e pulizia delle strutture, in quanto si rileva abitualmente un importante contributo all'inquinamento diffuso di piombo, che deriva dai depositi di polvere su impianti e strutture che vengono mobilizzati durante le lavorazioni (si pensi principalmente agli impianti vibranti di caricamento).

In molti casi i condotti di aspirazione collocati in zona caricamento rottame andrebbero migliorati, tramite intervento sulla geometria delle cappe per contrastare le forti correnti d'aria normalmente presenti nei reparti.

Nelle condizioni migliori, l'estrazione dei fumi dal reparto viene garantita ricorrendo a un sistema di *ventilazione locale* che prevede aspirazioni inserite all'interno delle strutture che racchiudono gli impianti (*dog-house*), posizionate a distanza rilevante dalle sorgenti, sistemi che aspirano *grandi quantità di aria a bassa velocità*.

Inoltre l'estrazione di aria si effettua da involucri sigillati, cioè senza significative aperture, da cui i fumi possono sfuggire all'esterno prima di essere aspirati: in pratica involucri che fungono da grandi cappe.

Infine la disposizione degli impianti e l'inserimento di cabine di manovra (per esempio della scorifica) e di controllo garantisce una protezione più elevata degli addetti, durante i periodi di permanenza di questi all'interno delle strutture protette, periodi che possono costituire una quota preponderante dell'orario lavorativo.

L'estrazione dei fumi da involucri di segregazione consentirà benefici più rilevanti anche per quanto concerne le emissioni diffuse all'esterno del reparto, cioè per quei fumi che in alternativa fuoriescono in maniera vistosa direttamente dal capannone. E' evidente che questo sistema difficilmente può risultare efficace per proteggere le posizioni di lavoro e garantire un contenimento del rischio residuo per gli addetti, determinato da un'esposizione significativa durante interventi di breve durata, richiesti da operazioni di controllo, di pulizia, di manutenzione, realizzati in posizioni non protette, cioè all'esterno delle cabine o addirittura in prossimità della colata. La possibilità di prevenzione più efficace è affidata a una *captazione localizzata* delle diverse sorgenti di piombo durante le fasi a caldo, da realizzare in corrispondenza alle posizioni di evaporazione.

3.4. Colata, raccolta ed evacuazione

FASI DI LAVORAZIONE SPECIFICHE

Conduzione forno di alimentazione colata
Solidificazione in lingottiere statiche o oscillanti
Controllo e interventi sulle linee
Affinazione (vedere anche fase precedente)
Spillaggio
Scorifica canali forni e forni di mantenimento o di attesa

Raccolta ed evacuazione

Imbragatura e sollevamento
Posizionamento in depositi/ stalli
Caricamento mezzi
Controllo qualitativo

Per quanto concerne la metallurgia del rame e delle sue leghe, in questa fase si è registrato negli ultimi decenni un significativo progresso tecnologico: prima lo sviluppo delle colate semicontinue al posto delle colate statiche, con elevati incrementi di produttività e di qualità. Negli ultimi anni si è proceduto a un ulteriore salto tecnologico con l'inserimento delle colate continue, che permettono di raggiungere decine di tonnellate/ ora di semilavorati solidificati (barre, billette o tondi).

La colata avviene attraverso lingottiere, raffreddate tramite circolazione interna di acqua, che danno la sezione ai semilavorati tramite una pelle lungo il perimetro, iniziando così il processo di solidificazione del metallo. L'ulteriore raffreddamento dei semilavorati avviene tramite spruzzo d'acqua sulla loro superficie all'uscita delle lingottiere stesse.

I semilavorati vengono poi tagliati alla lunghezza desiderata con seghe in movimento su carrelli solidali al movimento del semilavorato.

Normalmente i sistemi di colata funzionano in automatico, sulla base di alcuni parametri impostati (tipo di lega, sezione, lunghezza di taglio). L'operatore in questo caso mantiene una funzione di supervisione del sistema e, durante il corretto funzionamento, non deve intervenire sull'impianto, mantenendo gli interventi in caso di malfunzionamento o inconvenienti produttivi.

Una volta tagliate a misura i semilavorati vengono evacuati con sistema meccanizzato o automatizzato di via a rulli e di trasportatori/ elevatori idraulici, fino a essere posizionate su bancale di accumulo.

In alternativa permangono installati sistemi di raccolta che prevedono il prelievo dei semilavorati tramite sistema di sollevamento a carro ponte.

Dal bancale di accumulo i semilavorati possono essere prelevati tramite gru o carrello, ed eventualmente trasferiti a sega di taglio a misura e quindi a lavorazioni di deformazione, oppure inviati allo stoccaggio.

Mansioni della fase

Mansione	Posizione di lavoro	Operazione
Addetto forni mantenimento	Cabina colata Area forni	Controllo parametri impianto Manovra forni di attesa ed eventuale tundish alimentazione lingottiere Pulizia scorie forni di attesa Pulizie scorie distributore (tundish)
Addetto colata	Cabina colata Area colata	Controllo impianto (temperature, sistemi raffreddamento, ecc.) e manovre lingottiere Prelievo dei campioni (con tazza) per analisi Interventi di pulizia canali Interventi preparazione avvio colata
Addetto taglio/ addetto raccolta	Cabina colata Area raccolta	Controllo e manovra sistema taglio a misura vedi mansione successiva
Addetto evacuazione/	Cabina colata	Supervisione sistemi evacuazione meccanizzati

movimentazione	Area raccolta	Trasferimento semilavorati con carroponete Marcatura semilavorati (in assenza di sistema automatico)
	Area stoccaggio semilavorati	Prelievo tramite gru o carrello dei semilavorati dalle posizioni di accumulo e alimentazione taglio successivo

Impianti, macchine, attrezzature

Forni a canale a induzione (forni di attesa)
 Impianti colata continua
 Impianti colata semicontinua
 Impianti di taglio (seghe)
 Piani di raccolta, vie a rulli
 Trasportatori, elevatori
 Carroponti

Rischi di natura infortunistica

Tabella 3.4.1. Colata, raccolta ed evacuazione

Sintesi dei rischi di natura infortunistica: identificazione, danni, interventi di prevenzione

Alcune voci risultano dall'analisi statistica degli eventi infortunistici: questi rischi specifici, indicati con , riportano l'operazione pericolosa, la modalità di accadimento, il danno rilevato, i fattori di rischio che sono stati valutati evidenti

	IDENTIFICAZIONE RISCHIO →OPERAZIONE →MODALITA'	DANNO ATTESO DANNO RILEVATO	INTERVENTI DI PREVENZIONE FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI
	<ul style="list-style-type: none"> → Interventi sulle linee a causa di inconvenienti → Intrappolamento fra organi in movimento e organi fissi 	Frattura Ustione da calore	Condizioni con elevato calore radiante Posizione di lavoro non protetta Interventi di rimozione scarti effettuati con macchina operativa Mancanza di coordinamento fra gli operatori Procedure mancanti o carenti

Ricorrenze legislative segnalate nelle analisi degli infortuni gravi

Numero	Legge/ Articolo	
2	547/366	trasporto del materiale fuso evitando contatto con i lavoratori
2	547/385	proiezione delle gambe rispetto alla proiezione di materiale incandescente
1	547/181	protezione del capo per caduta materiali dall'alto o per contatti pericolosi
1	547/374	carente manutenzione delle strutture e degli impianti
1	547/375	misure e attrezzature idonee per lavori di manutenzione e riparazione
1	547/4	obblighi dei datori di lavoro, dei dirigenti e dei preposti
1	547/5	informazione dei lavoratori autonomi in merito ai rischi specifici dell'ambiente in cui operano
1	547/68	protezione degli organi lavoratori e delle zone di operazione delle macchine
1	626/4	obblighi del datore di lavoro, del dirigente, del preposto

Interventi

Gli infortuni occorsi durante le operazioni di ripristino e di avvio delle macchina di colata continua sono da riferire in particolare a posizioni di intervento non idonee o senza condizioni di sicurezza.

Per alcune operazioni si può prevedere l'inserimento di passerella di accesso alla posizione di intervento, oppure andrà evitato l'intervento integrando e modificando la configurazione dell'involucro della macchina e il sistema di aspirazione del gruppo di colata, evitando fuoriuscita di acqua.

Per interventi sul piano di raccolta semilavorati si può prevedere di evitare o limitare gli interventi, inserendo ulteriori rulli motorizzati sui bancali di traslazione o inserendo riscontri con movimento verticale.

Per gli infortuni concernenti le fasi di scorifica dei canali e di movimentazione dei coperchi tundish, ci si può avvalere di mezzi meccanici, che però non possono escludere tutti gli interventi manuali.

I canali di colata dei forni fusori potranno essere resi più facilmente accessibili per questi lavori di ripristino tramite abbassamento meccanizzato operato con circuito idraulico.

La pulizia del tundish potrà essere resa meno frequente tramite la modifica della configurazione a monte del forno, destinata a ridurre l'afflusso di scoria a questo distributore.

Le condizioni di intervento con cui si sono determinati frequenti infortuni occorsi nell'area di raccolta ed evacuazione possono essere risolte evitando di prelevare i semilavorati dalla linea tramite imbrago, inserendo prelievo meccanizzato e sistemi di accatastamento meccanici governati da sistema elettronico.

Ulteriori movimentazioni successive possono essere risolte prevedendo sistemi a carrello a terra per trasferire i semilavorati ad altre lavorazioni o a magazzino, senza nuovamente prevedere pericolose operazioni di imbrago e disimbrago dei carichi da parte degli operatori.

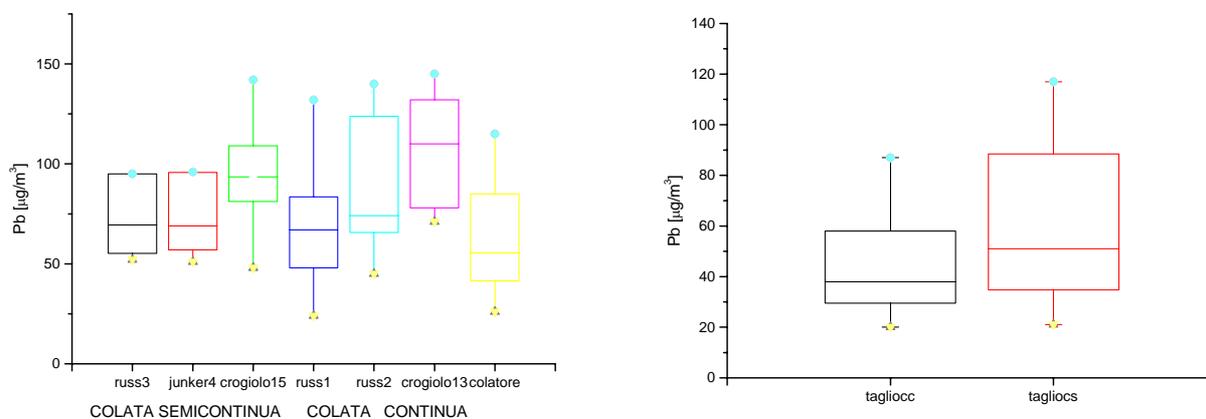
Rischi di natura igienico ambientale

Tabella 3.4.2. Colata, raccolta ed evacuazione.

Sintesi dei rischi di natura igienico ambientale: identificazione, danni, interventi di prevenzione

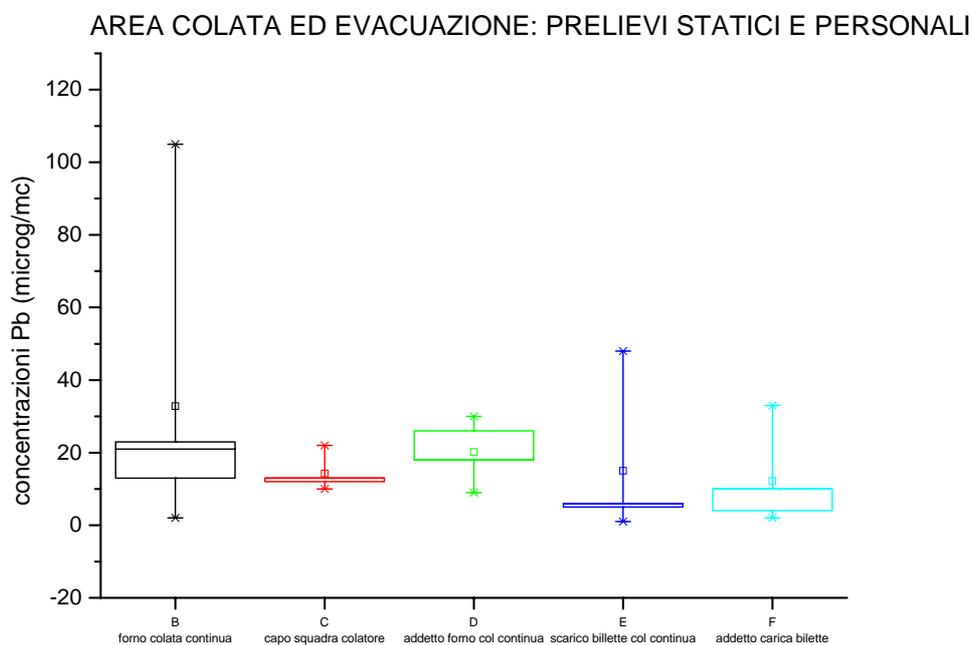
IDENTIFICAZIONE RISCHIO	DANNO ATTESO	FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI INTERVENTI DI PREVENZIONE
Polveri aerodisperse e fumi metallici → Evaporazione bagni metallici → Raccolta scoria	Bronchite cronica, Pneumoconiosi da polveri Irritazione vie respiratorie e occhi Patologie specifiche da esposizione cronica a metalli	Separazione delle aree di lavoro Presidio di tutte le sorgenti DPI mancanti o inadeguati
Esposizione a rumore → Da riferire principalmente a sorgenti esterne all'area di colata	Danni uditivi Danni extrauditivi	Cabine protette per le operazioni di sorveglianza e manovra impianti Vigilare sull'impiego dei DPI
Radiazioni infrarosse e ultraviolette → operazioni di travaso → controllo materiale fuso → operazioni di scorifica	Processi di invecchiamento dell'occhio Cataratta Danneggiamento retina	Inserimento di schermi Adozione di DPI specifici

Fonderia di ottone (110 addetti). Periodo 1992-1998.
Figura 3.4.1. Sintesi del monitoraggio ambientale in area colata
Figura 3.4.2. Sintesi del monitoraggio ambientale in area taglio barre



Le concentrazioni rilevate in corrispondenza alle mansioni di fusione risultano più elevate rispetto alle altre esaminate, a indicazione della vicinanza della principale sorgente di generazione dell'inquinante (emissioni diffuse dai forni di alimentazione colata).

Fonderia di ottone (60 addetti). Periodo 1997-2003.
Figura 3.4.3. Sintesi del monitoraggio ambientale in area colata ed evacuazione: prelievi statici e prelievi personali



Le concentrazioni misurate nelle aree indagate sono sostanzialmente contenute, a parte una elevata variabilità per il prelievo statico in corrispondenza al forno di colata continua. Il sistema di colata dal forno di attesa al tundish mediante stopper contribuisce a ridurre lo sviluppo di fumi.

3.5. Lavorazioni di deformazione

FASI DI LAVORAZIONE SPECIFICHE
Riscaldamento
Attrezzaggio, regolazione
Estrusione
Trafilatura
Laminazione, profilatura
Disincaglio, ripristino
Raccolta ed evacuazione

Estrusione e trafilatura

L'aumento della potenza delle presse ha rappresentato l'evoluzione tecnologica più rilevante, determinando un forte incremento di produttività. Da presse di qualche centinaio di t si è passati alle decine di migliaia di t.

Laminazione

Il miglioramento realizzato nella laminazione si è manifestato soprattutto nell'aumento delle masse unitarie lavorate, nelle velocità di laminazione, nell'aumento della larghezza utile, nell'incremento della lunghezza dei bancali, negli automatismi introdotti (traslazione, anse, ecc.).

La produzione attuale privilegia ormai totalmente il nastro continuo, realizzato con lavorazioni altamente automatiche. La ricottura si effettua in continuo.

Mansioni della fase

Mansione	Posizione di lavoro	Operazione
Addetto pressa/ addetto estrusione	Cabina/ quadro Linea	Controllo e manovra funzionamento Interventi attrezzaggio, alimentazione e disincagli
Addetto trafila	Cabina/ quadro Linea	Controllo e manovra funzionamento Interventi attrezzaggio, alimentazione e disincagli
Addetto attrezzaggio	Diverse macchine	Interventi rimozione incagli Interventi avvio macchine Interventi cambio utensili
Addetto macchine utensili	Officina	Lavorazione alle macchine utensili Movimentazioni attrezzi
Addetto movimentazioni/ carrellista/ addetto magazzino	Reparto	Trasporto semilavorati Trasporto prodotti finiti Trasporto attrezzi

Impianti, macchine, attrezzature

Forni di preriscaldamento a combustibile
Presse di estrusione
Impianti di trafila
Impianti di laminazione a freddo
Impianti di decapaggio
Forni trattamento termico (elettrici e a gas naturale)
Raddrizzatrici a rulli

Rischi di natura infortunistica

Tabella 3.5.1. Lavorazioni di deformazione.

Sintesi dei rischi di natura infortunistica: identificazione, danni, interventi di prevenzione

Alcune voci risultano dall'analisi statistica degli eventi infortunistici: questi rischi specifici, indicati con , riportano l'operazione pericolosa, la modalità di accadimento, il danno rilevato, i fattori di rischio che sono stati valutati evidenti

	IDENTIFICAZIONE RISCHIO → OPERAZIONE → MODALITA'	DANNO ATTESO DANNO RILEVATO	INTERVENTI DI PREVENZIONE FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI
	→ Alimentazione trafila → Caduta materiale movimentato a mano	Frattura Amputazione	Manovra gravosa effettuata a mano Procedure non applicate
	→ Alimentazione trafila → Intrappolamento tra organi in movimento e organi fissi	Contusione, trauma Amputazione	Protezione degli organi in movimento inadeguata Movimentazione gravosa effettuata manualmente Intervento di alimentazione con macchina in movimento
	→ Interventi di disincaglio trafila → Intrappolamento tra organi in movimento e organi fissi	Eventi mortali Amputazione	Componenti di macchina mal realizzati Posizione dei comandi inadeguata Posizione di lavoro non protetta Componenti non idonei mantenuti in servizio
	→ Attrezzaggio trafila → Intrappolamento tra organi in movimento e organi fissi	Contusione, trauma Frattura Ferita lacero-contusa	Protezione degli organi in movimento inadeguata Interventi di preparazione effettuati con macchina operativa Procedure non applicate
I 1 	→ Interventi disincaglio raccolta trafila → Intrappolamento tra organi in movimento e organi fissi	Eventi mortali Contusione, trauma Frattura e infrazione Ferita lacero-contusa	Protezione degli organi in movimento inadeguata Posizione dei comandi inadeguata Mancanza di segnalazioni ottiche e acustiche del funzionamento Assenza di dispositivi di comunicazione fra gli operatori Mancanza di coordinamento fra gli interventi degli operatori Procedure mancanti o carenti
	→ Raccolta prodotto trafila → Schiacciamento da materiale movimentato a mano	Contusione, trauma frattura	Movimentazioni gravose realizzate manualmente Modalità operative sbagliate
	→ Raccolta prodotto trafila → Intrappolamento tra organi in movimento e organi fissi	Contusione, trauma Ferita	Posizione dei comandi inadeguata Posizione di lavoro senza condizioni di sicurezza Interventi di rimozione incaglio effettuati con macchina operativa Procedure non applicate
I 2 	→ Interventi disincaglio e raccolta scarti estrusore → Investimento da parte di materiale in lavorazione	Ferita lacero-contusa	Protezione degli organi in movimento inadeguata Procedure non applicate
I 3 	→ Interventi disincaglio estrusore → Intrappolamento tra organi in movimento e organi fissi	Frattura Ferita lacero-contusa Amputazione	Componenti di impianti mal realizzati Protezione degli organi in movimento inadeguata Posizione di lavoro non protetta Componenti mantenuti in servizio senza manutenzione Manutenzione effettuata da personale non qualificato Intervento di disincaglio con macchina operativa
I 4 	→ Interventi in fase di raccolta prodotto estrusore → Schiacciamento in operazioni di movimentazione manuale	Distorsione, lussazione Frattura	Movimentazione gravosa effettuata manualmente Uso incongruo di attrezzo Mezzi mancanti non forniti

	→ Interventi in fase di raccolta prodotto estrusore → Contatto con parti in movimento della trafila	frattura	Componenti di impianti mal realizzati Protezione degli organi in movimento inadeguata Posizione di lavoro non protetta Mancanza di segnalazioni acustiche e ottiche del funzionamento Componenti mantenuti in servizio senza manutenzione Procedure definite ma errate
I 5 	→ Interventi di raccolta prodotto finito → Investito dal materiale o dal carrello	frattura	Interferenze fra le operazioni Modalità di trasporto Mancanza di procedure

Rischi di cesoiamento possono derivare dal movimento delle paratie insonorizzanti inserite sulle linee di trafila.

L'alimentazione dei forni di ricottura (a tunnel) può risultare problematica, a causa di rischi (posizioni di imbrago, modalità di sollevamento, carico inclinato, ecc.) nella movimentazione.

Ricorrenze legislative segnalate nelle analisi degli infortuni gravi

Numero	Legge/ Articolo	
11	547/68	protezione degli organi lavoratori e delle zone di operazione delle macchine
8	547/374	carente manutenzione delle strutture e degli impianti
7	626/35	obblighi del datore di lavoro in merito all'uso delle attrezzature da lavoro
4	547/41	protezione o segregazione degli elementi pericolosi delle macchine
4	547/375	misure e attrezzature idonee per lavori di manutenzione e riparazione
4	547/4	obblighi dei datori di lavoro, dei dirigenti e dei preposti
3	547/41	protezione o segregazione degli elementi pericolosi delle macchine
3	547/82	dispositivi di fermo della macchina durante interventi ausiliari
3	626/38	formazione e addestramento per l'uso delle attrezzature di lavoro
2	547/70	limitazione della zona pericolosa nel caso di intervento
2	626/48	disponibilità di attrezzature meccaniche per la movimentazione dei carichi
2	547/55	protezione degli organi ed elementi per la trasmissione del moto
2	547/80	preavviso di avviamento di macchine complesse
1	547/101	protezione del mandrino del tornio
1	547/109	protezione delle seghe circolari
1	547/115	protezione della pressa di estrusione
1	547/132	protezione delle zone di imbocco della trafila
1	547/169	stabilità del mezzo e del carico nell'esercizio dei mezzi di sollevamento e trasporto
1	547/171	indicazione della portata per i mezzi di sollevamento e di trasporto
1	547/181	protezione del capo per caduta materiali dall'alto o per contatti pericolosi
1	547/182	posti di manovra degli apparecchi di sollevamento e di trasporto
1	547/267	requisiti generali degli impianti elettrici
1	547/47	ricollocaemento tempestivo delle protezioni rimosse per necessità di lavoro
1	547/48	divieto di pulire, oliare, ingrassare organi in movimento
1	547/69	adozioni di misure o attrezzature particolari dovendo operare in zona pericolosa
1	547/76	riconoscibilità e accessibilità degli organi di comando per l'avvio e l'arresto della macchina
1	547/77	dispositivi dei comandi contro l'avviamento accidentale delle macchine
1	626/37	informazione in merito all'utilizzo delle attrezzature da lavoro
1	626/4	obblighi del datore di lavoro, del dirigente, del preposto

Rischi di natura igienico ambientale

Tabella 3.5.2. Lavorazioni di deformazione
Sintesi dei rischi di natura igienico ambientale: identificazione, danni, interventi di prevenzione

IDENTIFICAZIONE RISCHIO	DANNO ATTESO	FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI INTERVENTI DI PREVENZIONE
Polveri aerodisperse → Operazioni di foratura → Riduzioni di sezione → Transito su banchi e rulli → Tagli	Bronchite cronica, Pneumoconiosi da polveri Irritazione vie respiratorie e occhi	Separazione delle aree di lavoro Segregazione e aspirazione impianti Cabinatura delle postazioni di manovra Aspirazione presse a estrusione Aspirazione mole e seghe e abbattimento a secco Frequente pulizia delle zone di accumulo
Vapori di sostanze organiche → Operazioni di foratura → Degradazione sostanze distaccanti	Irritazione e bruciori vie respiratorie e occhi	Aspirazione localizzata
Esposizione a rumore → Operazioni di deformazione a caldo → Fasi di deformazione a freddo → Taglio → Impianti di raccolta e fasciatura → Gruppi pompe e centraline	Danni uditivi Danni extrauditivi	Separazione delle linee e delle aree Segregazione degli impianti Insonorizzazione dei banchi di scarico e della legatura Definizione di idonee procedure operative in particolare per le fasi di raccolta Vigilare sull'impiego dei DPI

Interventi

Pressa di estrusione

In alcune situazioni, a causa della presenza di strutture e ostacoli, può risultare problematico catturare le emissioni durante la fase di estrusione con una cappa posizionata superiormente; va quindi esaminata la possibilità di catturare le emissioni durante la prima fase di estrusione della barra mediante l'inserimento di cappa configurata con *aperture piane* oppure con *aperture con fessure*.

Questa configurazione, per risultare efficace durante tutto il ciclo di lavoro, dovrebbe potere rimanere prossima alla sorgente di emissione e quindi dovrebbe potere muoversi in modo solidale con la macchina durante l'estrusione. Si potrebbero quindi inserire due cappe laterali montate su un telaio solidale all'estrusore in traslazione, connesse tramite condotti flessibili, inseriti in zona che non disturba la lavorazione, e che mettono in connessione le cappe aspiranti e il condotto fisso dell'impianto di aspirazione.

In alternativa, se risulta impraticabile la possibilità di inserire condotti flessibili, perché interferiscono con i movimenti richiesti dalla lavorazione, si può pensare a un sistema di connessione che prevede a una parte ogni cappa laterale con un raccordo fisso, solidale alla cappa, che termina in una sezione (una sorta di *plenum*) fisso e connesso con l'impianto di aspirazione. Durante lo scorrimento delle cappe, i raccordi aprono e rendono disponibili le sezioni di aspirazione necessarie, scostando bandelle in materiale plastico, cioè una configurazione analoga a quella che protegge sezioni nascoste di scorrimento o di connessione elettrica.

COMPARTO Fase di lavorazione Operazione specifica TIPOLOGIA INFORTUNIO	LEGHE NON FERROSE Produzione di tubi con pressa a estrusione Estrusione dalla billetta incandescente (pressa da 5000 t), controllo della pressa I 2 ⚠
Modalità di accadimento	La billetta in movimento verso la zona operativa era ferma in posizione anticipata perchè l'apposito micro s'era spostato per le vibrazioni. L'operaio, per riposizionarlo, s'introduceva all'interno dell'impianto funzionante e veniva schiacciato da un sollevatore.
Mansioni coinvolte	L'infortunato era capomacchina e con lui lavorava l'addetto alle mansioni ausiliarie (lubrificazione mandrino e sostituzione di matrici e mandrino)
Osservazioni e discussione	Il lavoratore eseguiva normalmente quest'intervento e basava la propria sicurezza sulla possibilità di sgusciare dentro e fuori la macchina (che funzionava in automatico) in tempi brevi ed in sincronia col ciclo di lavorazione. Egli ed i suoi colleghi riposizionando abitualmente a mano il micro si sostituivano al corretto intervento manutentivo, che consisteva nel fissare saldamente il dispositivo alla carcassa della pressa e/o nel ridurre le vibrazioni cui esso era sottoposto. Non è possibile che i lavoratori con le stesse mansioni dell'infortunato ed i loro superiori, che frequentano regolarmente il reparto, non conoscessero questo problema, di cui si tollerava una soluzione posticcia e troppo rischiosa. In tutta la pressa numerosi spazi permettevano di accedere alle zone operative durante il funzionamento. Del resto tutto lo stabilimento presentava estese carenze sia nella sicurezza che nell'igiene del lavoro ed i lavoratori dovevano intervenire manualmente per rimediare ai difetti di attrezzature nella maggior parte obsolete e malgestite. Inoltre l'informazione, la formazione e l'addestramento degli addetti alla pressa erano assolutamente carenti; anche le procedure, circolari e ordini di servizio inerenti la sua gestione erano risibili (mentre il Documento di Valutazione dei Rischi prevedeva il rischio di morte!). Per questo gli addetti non erano in grado di riconoscere le aree pericolose, né di identificare i diversi tipi di rischi dell'impianto. Essi riuscivano ad individuare un solo rischio: il contatto con organi in movimento causato dal comportamento scorretto dei lavoratori! Inoltre, il servizio di prevenzione e protezione aziendale è risultato gravemente carente, essendo costituito da due persone non a tempo pieno di cui una sola è stata formata. Si noti che la ditta ha circa 150 dipendenti e si avvale anche di personale esterno (interinali, cooperative e lavoro temporaneo)
Fattori di rischio evidenziati	Protezione degli organi in movimento inadeguata Inadeguata/non prevista la specifica e necessaria manutenzione Interventi di manutenzione eseguiti da personale non qualificato Procedure mancanti, mal definite Informazione, formazione ed addestramento del tutto carenti Documento Valutazione Rischi generico e insufficiente nell'individuazione dei pericoli e dei rischi che non erano stimati, nella descrizione delle misure già adottate e di quelle necessarie per l'eliminazione dei rischi residui e mancante del programma delle misure per garantire il miglioramento nel tempo dei livelli di sicurezza Servizio di prevenzione e protezione aziendale + consulente inadeguato
Interventi	La pressa, nel suo complesso, è stata sanata installando adeguate protezioni fisse e mobili complete di dispositivi di interblocco che, se mantenute efficienti, possono impedire meccanicamente il ripetersi di questo infortunio. L'informazione fornita è stata giudicata sufficiente, mentre le prescrizioni inerenti formazione e addestramento, DVR e SPP non sono state ottemperate
Schemi, disegni, fotografie non vengono forniti perché gli interventi eseguiti sono del tutto banali e "al risparmio"	

COMPARTO Fase di lavorazione Operazione specifica	LEGHE NON FERROSE LAVORAZIONE A CALDO PER ESTRUSIONE BILLETTE ROTTURA DELLA CAMICIA BLOCCATA SUL GAMBO DELLA PRESSA
TIPOLOGIA INFORTUNIO	I 3 
Modalità di accadimento	<p>La “camicia” è ottone solidificato sul gambo del contenitore della pressa e periodicamente deve essere rimossa quando si cambia tipo di lega in lavorazione (periodicità settimanale). Gli addetti coinvolti nell'evento sono il capo pressa e un operaio procedono come di seguito: dall'interno della cabina di comando il capo pressa posiziona in ciclo manuale la pressa mentre l'operaio apre il cancello e posiziona un frammento di lega di scarto tra la camicia solidificata sul gambo ed il foro del contenitore della camera di estrusione. L'operaio dall'interno della camera di estrusione richiude il cancello di protezione (dotato di microinterruttore di blocco) e posiziona con la mano sinistra il pezzo di scarto di fusione sulla “camicia solidificata del gambo” mentre con la mano destra si aggrappa ad un elemento metallico della pressa. Dall'interno della cabina di comando il capo pressa, avendo visione della situazione, avvicina il gambo verso il foro di ingresso della camera d'estrusione tramite la leva ad azione mantenuta nell'intento di incastrare il pezzo trattenuto manualmente dall'operaio tra la “camicia” del gambo e il bordo del foro di ingresso. Il pezzo trattenuto manualmente dall'operaio si incastra e facendo leva schiaccia le dita della mano contro il gambo cagionando la lesione.</p>
Mansioni coinvolte	Capo Pressa e Operaio
Osservazioni Discussione	<p>I dispositivi di protezione della zona pericolosa della pressa sono rispondenti ai requisiti di sicurezza previsti dalle norme vigenti. La valutazione dell'incidento in oggetto e delle cause connesse al suo verificarsi non sono quindi connesse a carenze di tipo impiantistico e/o di idoneità dei dispositivi di protezione ma vertono sugli aspetti procedurali legati all'esecuzione delle operazioni di “rottura della camicia” dal gambo. Detta operazione è necessaria ai fini della produzione e della qualità della lega estrusa</p>
Fattori di rischio evidenziati	<p>Interventi di manutenzione effettuati con macchine in movimento Modalità operative sbagliate Procedure non applicate</p>
Interventi	<p>Istituzione di procedura operativa contemplata nel manuale informativo aziendale ed affissa nella cabina di comando della pressa e sommariamente di seguito descritta: Posizionare il contenitore a 2 - 3 cm dal gambo; aprire cancello e lasciandolo aperto avvicinarsi alla pressa ; prendere un pezzo di "camicia" ed incastrarla tra gambo e foro del contenitore; allontanarsi dalla pressa, chiudere il cancello e ripristinare l'impianto; far muovere il contenitore per rompere la "camicia"; se necessario ripetere la stessa procedura</p>
Schemi, disegni, fotografie	

Interventi

L'azienda ha provveduto alla realizzazione quella sicurezza che, se presente al quel tempo, avrebbe impedito l'evento infortunistico: quando il cancello di accesso al banco di estrusione viene aperto, il microinterruttore blocca ogni movimento del banco di estrusione e del canale di scattivatura, compreso il passo pellegrino

Schemi, disegni, fotografie

Commenti a schemi, disegni, fotografie



COMPARTO Fase di lavorazione Operazione specifica TIPOLOGIA INFORTUNIO	LEGHE NON FERROSE Raccolta prodotto finito di trafilatura Trasporto matasse con carrello elevatore I 5 
Modalità di accadimento Mansioni coinvolte	L'infortunato stava transitando nel reparto proveniente dalla cabina di comando dell'impianto di scarico matasse dove si era soffermato a parlare con un collega. Mentre attraversava la corsia centrale, per dirigersi verosimilmente verso un varco che conduce alla campata attigua veniva investito da un carrello elevatore. Il carrello trasportava 4 matasse di barre diametro di 1.550 mm Addetto al trasporto matasse con il carrello elevatore Operaio addetto ad altro reparto che stava transitando nell'area
Osservazioni Discussione	L'accesso all'area dove si è verificato l'infortunio non era adeguatamente regolamentato con idonea segnaletica orizzontale e verticale per il transito dei pedoni anche tramite l'interdizione fisica dei passaggi e la delimitazione dei percorsi pericolosi. La regolamentazione del traffico pedonale era tanto più necessaria se si tiene conto che il reparto è interessato in alcuni punti da livelli di rumorosità elevata. A causa dell'elevata rumorosità che costringe i lavoratori all'uso degli otoprotettori, era ulteriormente limitata la percezione dei mezzi in movimento, peraltro a trazione elettrica, la quale è affidata esclusivamente alla percezione visiva. Non era sufficiente ed adeguata la sola segnalazione orizzontale con strisce gialle delimitante il percorso dei mezzi di trasporto con attigua corsia pedonale in alcuni tratti usurata. La corsia dei pedoni risultava di dimensioni ristrette, in alcuni punti inesistente, ingombra di materiali in deposito o con sporgenze dovute alla presenza di macchine e impianti. Inoltre lo sviluppo del percorso era tale da indurre i pedoni ad uscire dal tracciato. Scarsa visibilità dal posto di guida del carrello elevatore durante il trasporto delle 4 matasse. La visibilità era ridotta al foro centrale delle matasse. Le matasse costituivano una sorta di tubo con diametro interno di 1.020 mm il cui foro d'uscita era collocato ad oltre 2 metri dall'operatore (spessore matasse + distanza dei montanti dalla cabina + postazione di guida). Il carrello elevatore dotato di braccio di carico, di per sé idoneo in quanto certificato CE, era tuttavia inadeguato al trasporto delle matasse in relazione al loro ingombro. Il carrello così attrezzato obbligava il conducente a sollevare le matasse fino ad un'altezza tale da consentire la visibilità attraverso il foro interno riducendo notevolmente il campo visivo. I conducenti dei carrelli elevatori operavano in un reparto frequentato da numerosi mezzi e persone che transitavano per recarsi in vari punti dello stabilimento. Il rischio dovuto al trasporto del materiale non era sconosciuto all'azienda in quanto considerato nel documento di valutazione dei rischi.
Fattori di rischio evidenziati	Interferenza fra le operazioni Pavimentazione sconnessa e sdruciolevole Mancanza di visibilità Segnaletica carente Mezzi di trasporto non idonei
Interventi	Ridefinizione delle vie di transito per pedoni e mezzi di trasporto Disposizioni ai conducenti dei carrelli per trasportare meno matasse Graduale sostituzione di tutti i carrelli elevatori con robot (in parte già in uso sperimentale)

Schemi, disegni, fotografie



3.6. Manutenzioni, lavori ausiliari. Altre movimentazioni

FASI DI LAVORAZIONE SPECIFICHE
<u>Ripristini refrattari</u>
Pulizia e asportazione scoria
Ripristini refrattari
Approvvigionamento materiali ausiliari
Pulizia e raccolta scarti
Demolizioni refrattarie
Rifacimenti refrattari
Manutenzione macchine
Lavorazioni con macchine utensili
Movimentazioni varie

Mansioni della fase

Mansione	Posizione di lavoro	Operazione
Addetto manutenzione meccanica	Reparto	Interventi vari
Addetto manutenzione elettrica	Reparto	Interventi vari
Muratore/ Addetto rifacimenti refrattari	Area forni Area colata Area rifacimenti	Pulizia canali Demolizioni refrattarie Rifacimenti refrattari
Addetto pulizie	Tutto il reparto	Raccolta specifica delle posizioni non percorribili
Addetto macchina spazzatrice	Cabina macchina operatrice	Percorre le aree pavimentate (piazzali, reparti)
Addetto raccolta sfridi e scorie	Cabina macchina operatrice	Conduzione della macchina Manovra carroponte per movimentazione cassoni Raccolta con attrezzature della scoria

Rischi di natura infortunistica

Tabella 3.6.1. Manutenzioni, lavori ausiliari. Altre movimentazioni

Sintesi dei rischi di natura infortunistica: identificazione, danni, interventi di prevenzione

Alcune voci risultano dall'analisi statistica degli eventi infortunistici: questi rischi specifici, indicati con , riportano l'operazione pericolosa, la modalità di accadimento, il danno rilevato, i fattori di rischio che sono stati valutati evidenti

	IDENTIFICAZIONE RISCHIO →OPERAZIONE →MODALITA'	DANNO ATTESO DANNO RILEVATO	INTERVENTI DI PREVENZIONE FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI
	→ Manutenzione impianti → Caduta da luoghi elevati	Frattura	Piano d'appoggio pendente Mancanza ponteggi per lavori in quota Inadeguatezza di scale Procedure non applicate
I 6 	→ Manutenzione impianti → Intrappolamento tra organi in movimento e organi fissi	Contusione, trauma Frattura Ferita lacero-contusa	Protezione organi in movimento inadeguata Posizione di lavoro senza sicurezza Componenti non idonei mantenuti in servizio Interventi di manutenzione effettuati con macchina operativa Procedure non applicate
	→ Manutenzione impianti → Schiacciamento durante il trasporto	Frattura	Modalità di sollevamento non sicure Procedure definite, ma carenti
	→ Pulizia e raccolta scarti → Caduta percorrendo dislivelli	Frattura	Modalità operative sbagliate Movimento non coordinato senza attenzione
	→ Movimentazione con carrello elevatore → Investimento da parte del mezzo o	Frattura	Nessuno di questi infortuni ha individuato precisi fattori di rischio

	contraccolpo		
	<ul style="list-style-type: none"> → Movimentazioni durante le fasi di manutenzione → Schiacciamento durante movimentazioni manuali 	Frattura	Presenza di ingombri e ostacoli Movimentazione gravosa effettuata manualmente Dispositivo di aggancio non idoneo Intervento effettuato da personale non qualificato Modalità operative sbagliate Mezzi DPI forniti non utilizzati

Ricorrenze legislative segnalate nelle analisi degli infortuni gravi

Numero	Legge/ Articolo	
3	547/374	carente manutenzione delle strutture e degli impianti
2	547/19	assicurazione della stabilità delle scale semplici portatili
2	547/4	obblighi dei datori di lavoro, dei dirigenti e dei preposti
2	626/37	informazione in merito all'utilizzo delle attrezzature da lavoro
2	626/4	obblighi del datore di lavoro, del dirigente, del preposto
1	374/110	protezione delle seghe circolari rispetto alla zona non utilizzata
1	547/11	posti di lavoro e di passaggio esposti alla caduta o investimento di materiali
1	547/18	requisiti delle scale semplici portatili
1	547/27	protezione delle impalcature, delle passerelle, dei ripiani
1	547/375	misure e attrezzature idonee per lavori di manutenzione e riparazione
1	547/41	protezione o segregazione degli elementi pericolosi delle macchine
1	547/55	protezione degli organi o elementi di trasmissione del moto
1	626/35	obblighi del datore di lavoro in merito all'uso delle attrezzature da lavoro
1	626/38	formazione e addestramento per l'uso delle attrezzature di lavoro
1	626/48	disponibilità di attrezzature meccaniche per la movimentazione dei carichi
1	626/89	cuffie di protezione delle mole abrasive

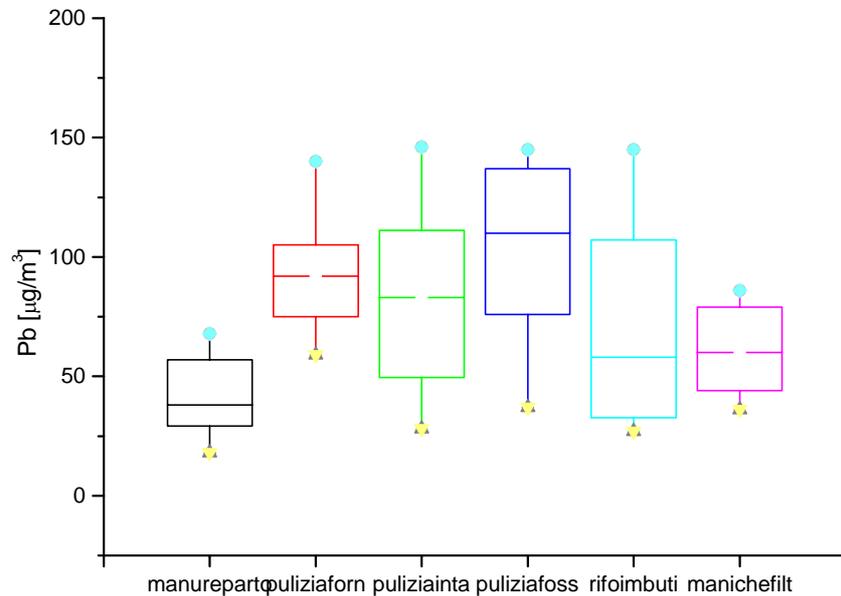
Rischi di natura igienico ambientale

Tabella 3.6.2. Manutenzioni, lavori ausiliari. Altre movimentazioni.
Sintesi dei rischi di natura igienico ambientale: identificazione, danni, interventi di prevenzione

IDENTIFICAZIONE RISCHIO	DANNO ATTESO	FATTORI DI RISCHIO EVIDENTI INTERVENTI DI PREVENZIONE
Polveri aerodisperse e fumi metallici → Interventi su impianti in funzione → Raccolta scarti → Pulizia e spazzamento aree	Bronchite cronica, Pneumoconiosi da polveri Irritazione vie respiratorie e occhi Patologie croniche da esposizione a metalli	DPI mancanti o inadeguati Frequente pulizia delle zone di accumulo
Esposizione a rumore → Dovuta all'attività dei diversi impianti Operazioni effettuate con specifici utensili e attrezzature	Danni uditivi Danni extrauditivi	Definizione di idonee procedure operative per le modalità di intervento Vigilare sull'impiego dei DPI
Vibrazioni → impiego di strumenti vibranti → posizioni di intervento presso vagli e frantoi	Traumi e alterazioni degenerative ai sistemi articolari Morbo di Raynaud Effetti su nervi e muscoli	Valutare la sostituzione delle attrezzature di lavoro con altre che producono meno vibrazioni. Impiego di guanti antivibranti
Esposizione a basse temperature Correnti e sbalzi termici → posizioni di lavoro esterne esposte ad	Alterazioni degenerative tessuti periarticolari Malattie da raffreddamento	Le condizioni di mitigazione dipendono dagli interventi strutturali inseriti in corrispondenza alle diverse fasi di lavoro

Fonderia di ottone (110 addetti). Periodo 1992-1998.

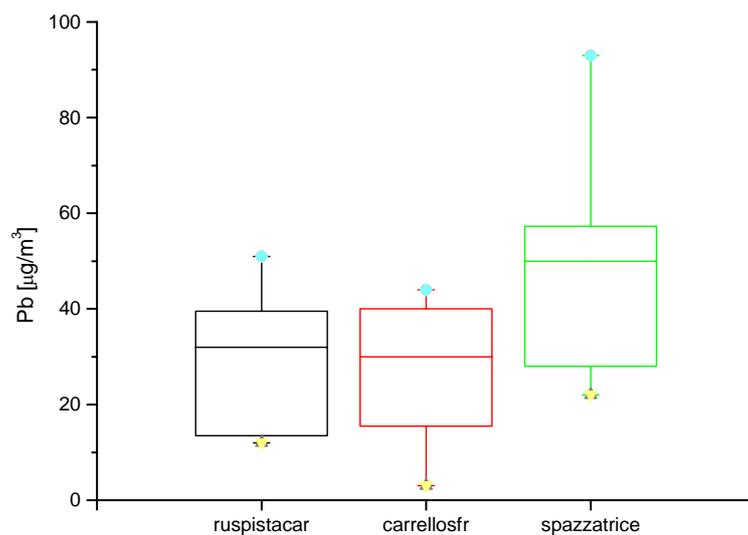
Figura 3.6.1. Sintesi del monitoraggio in area manutenzione e ripristini: prelievi statici e prelievi personali



Risulta sostanzialmente accettabile solo la mansione di manutentore di reparto, mentre le altre mansioni sono da ritenere tutte a rischio alto.

Fonderia di ottone (110 addetti). Periodo 1992-1998.

Figura 3.6.2. Sintesi del monitoraggio riferiti ai trasporti interni: prelievi statici e prelievi personali



Le concentrazioni di piombo misurate per il conduttore pala meccanica (ruspista) che alimenta gli impianti di fusione e per il carrellista che evacua i cassoni delle scorie indicano concentrazioni sostanzialmente accettabili.

Più critica la situazione per il conducente della spazzatrice industriale, dove l'inquinamento è soggetto a maggiore variabilità.

COMPARTO Fase di lavorazione Operazione specifica TIPOLOGIA INFORTUNIO	LEGHE NON FERROSE Intervento di manutenzione Smontaggio cuscinetto I 6 ⚠ Incastrato dal cuscinetto che scende per gravità durante lo smontaggio
Modalità di accadimento	Intervento sul cuscinetto che fa parte dell'aspo avvolgitore su cui viene avvolta la barra estrusa dalla pressa. L'aspo ha un movimento verticale di salita e discesa e rotatorio per l'avvolgimento della barra estrusa. Doveva essere verificata l'efficienza del cuscinetto in quanto l'albero dell'aspo avvolgitore era fuoriuscito dal cuscinetto rimanendo in posizione sollevata. L'operazione veniva effettuata nel locale sotterraneo sotto l'impianto. Mentre l'infortunato tava svitando le viti del coperchio di contenimento, prima con l'ausilio di attrezzi e poi manuale, l'aspo è sceso per gravità incastrandogli la mano sinistra tra il coperchio e l'albero dello stesso aspo
Mansioni coinvolte	Addetti alla manutenzione meccanica
Osservazioni Discussione	E' ipotizzabile che il mandrino facente parte dell'aspo avvolgitore, sia rimasto per un certo tempo in posizione sollevata, forse appoggiato alle lamiere del pavimento, per poi scendere improvvisamente a seguito delle sollecitazioni impresse durante le operazioni per la rimozione del cuscinetto. Era in corso un intervento di riparazione senza aver verificato preliminarmente il motivo della anomala posizione dell'aspo. Non si era provveduto a collocare dispositivi di blocco che impedissero la discesa dell'aspo durante l'intervento di riparazione. Dall'esame della scheda per la sicurezza relativa alla pressa e del Manuale aziendale di Istruzioni per la manutenzione meccanica non risultano indicati i rischi specifici connessi agli interventi di manutenzione/riparazione dell'impianto di raccolta del materiale estruso del reparto. Non risultano predisposte procedure di sicurezza specifiche relative agli interventi di manutenzione/riparazione che devono seguire i manutentori meccanici del reparto, in particolare riferiti all'impianto di raccolta del materiale estruso. Il responsabile della manutenzione del reparto era a conoscenza della situazione.
Fattori di rischio evidenziati	Intervento di manutenzione con macchina operativa Procedure carenti
Interventi	E' stata impartita una disposizione aziendale relativa alla messa in sicurezza degli dell'impianto prima di procedere ad ogni intervento di manutenzione

Schemi, disegni, fotografie



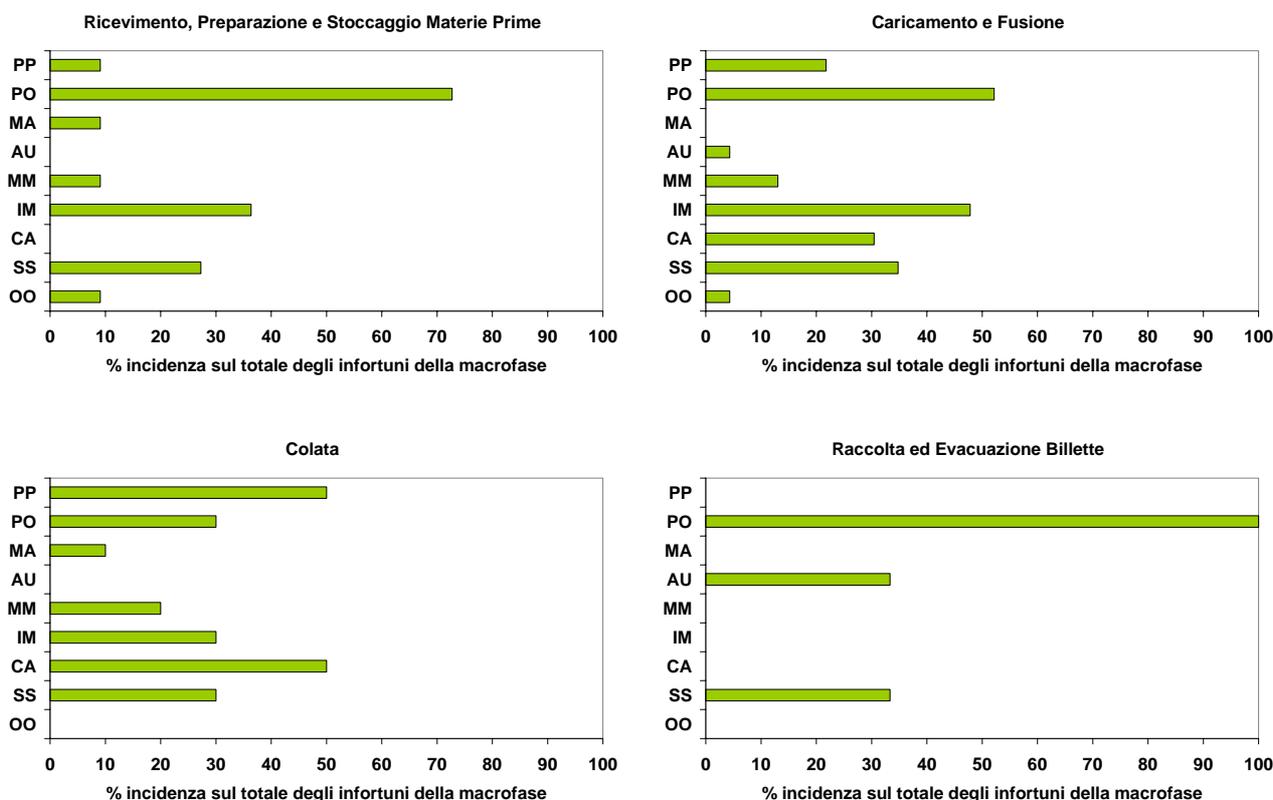
3.6. Analisi rischi e interventi comuni a più fasi

3.6.1. Fonderia ottone. Rischio infortunistico

L'esame della situazione infortunistica delle fonderie esaminate ha potuto evidenziare le criticità:

- interferenza fra l'area di azione degli addetti a terra e il transito dei mezzi,
- interventi di scorifica dei forni di fusione,
- operazioni di ripristino e di avvio della macchina di colata,
- scorifica dei canali e movimentazione dei coperchi tundish,
- raccolta ed evacuazione billette.

Figura 3.6.1. Fonderia ottone. Incidenza (%) dei fattori di rischio sul totale degli infortuni della macrofase



I fattori di rischio da riferire alle modalità di intervento (procedure operative) mettono in luce, per questa lavorazione, una situazione molto diversa rispetto ai comparti fonderie di seconda fusione e ferroleghie, mentre si individua un profilo simile alla acciaieria elettrica. Soprattutto nella fase di avvio e nella fasi successive alle ristrutturazione dei reparti risulta fondamentale evitare l'errore di trasferire la filosofia di lavoro consolidata e occorre ridefinire le modalità di intervento che si sono rivelate non corrette non corrette.

3.6.2. Fonderia ottone. Rischio piombo

Per collocare il rischio piombo riferito alla rifusione di leghe di ottone, sono riportati nelle Figure 3.6.2 e 3.6.3 gli andamenti di tutti i rilievi effettuati ogni anno per il monitoraggio ambientale, con la medesima metodologia.

I valori di tendenza centrale e di variabilità di questi dati consentono di osservare, nel corso degli anni la consistenza del rischio l'efficacia della prevenzione.

Figura 3.6.2. Fonderia secondaria di ottone (60 addetti)
Sintesi dei rilievi (statici e personali) aerodispersi di piombo del monitoraggio ambientale

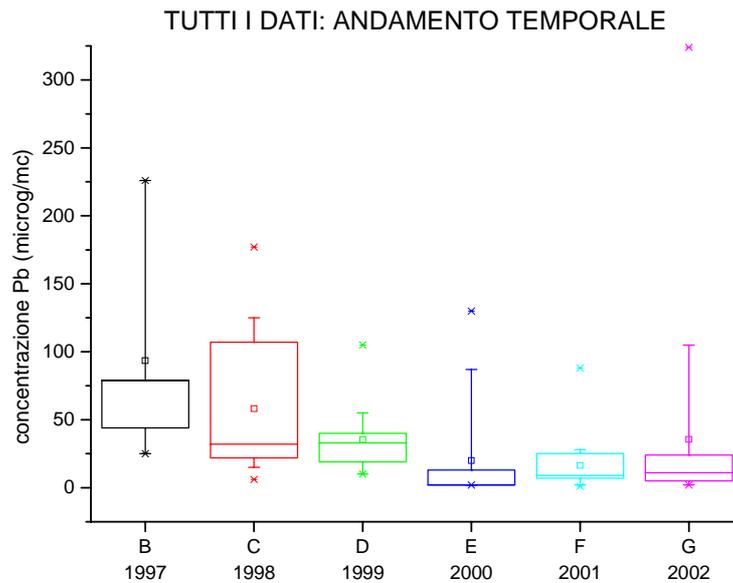
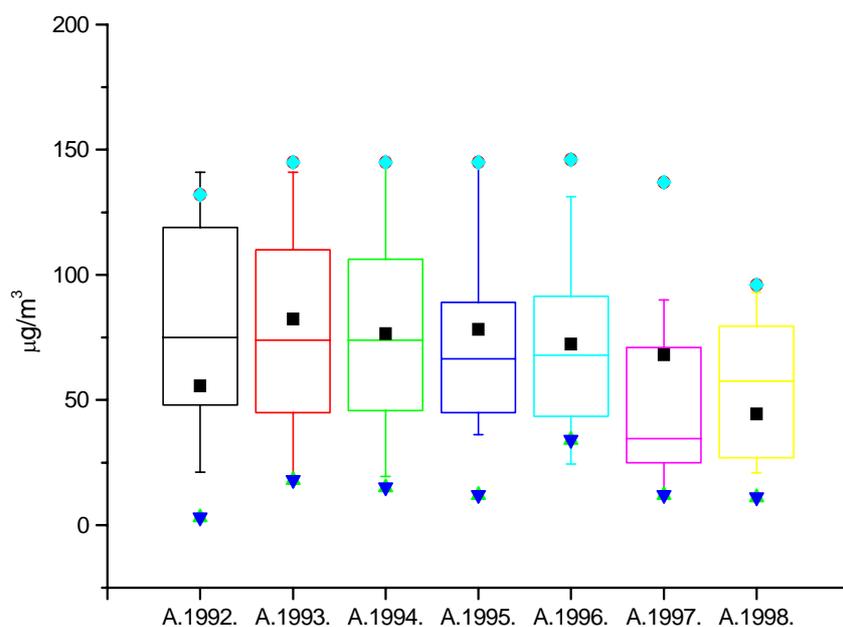


Figura 3.6.3. Fonderia secondaria di ottone (110 addetti).
Sintesi dei rilievi (statici e personali) aerodispersi di piombo del monitoraggio ambientale

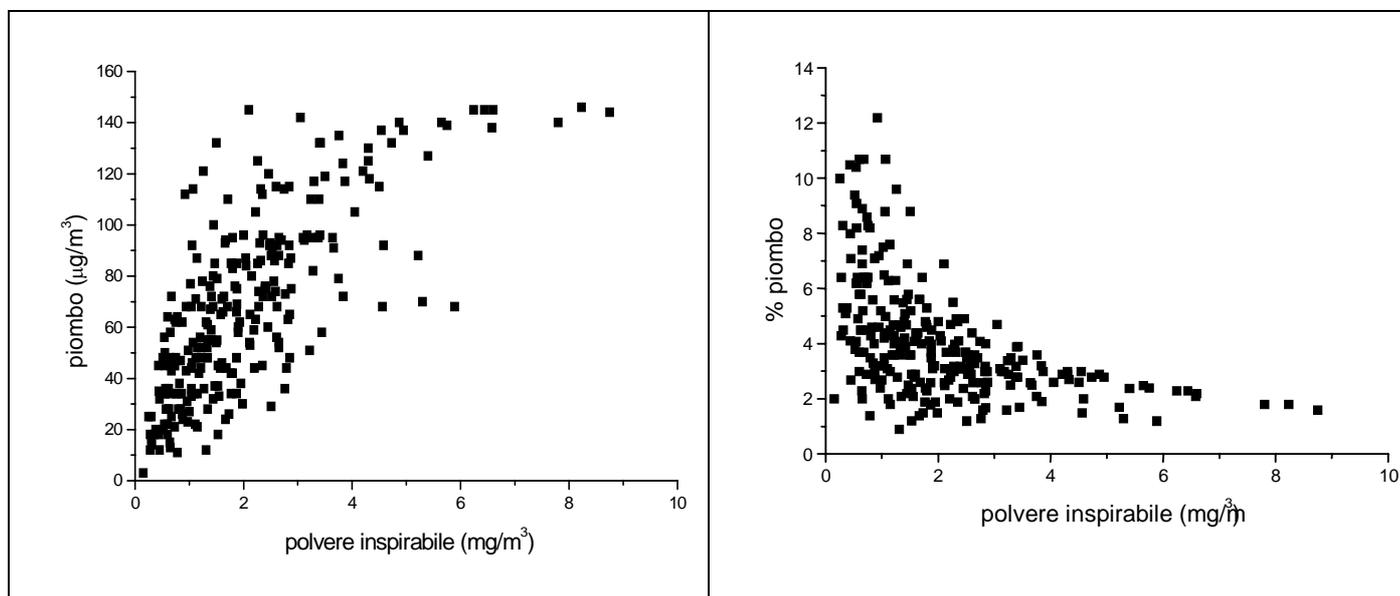


3.6.3. Fonderie di ottone. Caratteristiche dell'inquinante aerodisperso

La Figura 3.6.4, riferita a tutti i prelievi, mette in relazione la concentrazione di polvere ispirabile e la concentrazione di piombo: all'aumentare della polvere ispirabile si osserva un aumento della concentrazione di piombo. Dalla Figura 3.6.5 si può rilevare che il contributo del piombo decresce all'aumentare della concentrazione: il piombo costituisce cioè un ingrediente della polvere più significativo a basse concentrazioni e riduce il suo contributo quando la polverosità è maggiore.

Questi dati, riferiti alle mansioni degli addetti di tutto il reparto, fanno dunque pensare alla sovrapposizione quanto meno di due contributi: un inquinamento di fondo dovuto al piombo (con modalità ubiquitarie, cioè che riguarda tutte le mansioni), che deriva dalle diverse posizioni in cui si ha fusione, evaporazione e successiva ossidazione in aria, inquinamento che interessa non solo gli addetti alle lavorazioni a caldo, ma anche quelli addetti ad altre mansioni; un secondo contributo di polvere con altra composizione e derivante da ulteriori sorgenti, che si sovrappone e che interessa in modo differenziato le diverse mansioni.

**Figura 3.6.4. Figura 3.6.5. Fonderia secondaria di ottone (110 addetti).
Sintesi di 257 rilievi (statici e personali) aerodispersi di piombo del monitoraggio ambientale**



SEMILAVORATI LEGHE NON FERROSE

CAPITOLO 4 IMPATTO E RISCHIO AMBIENTALE

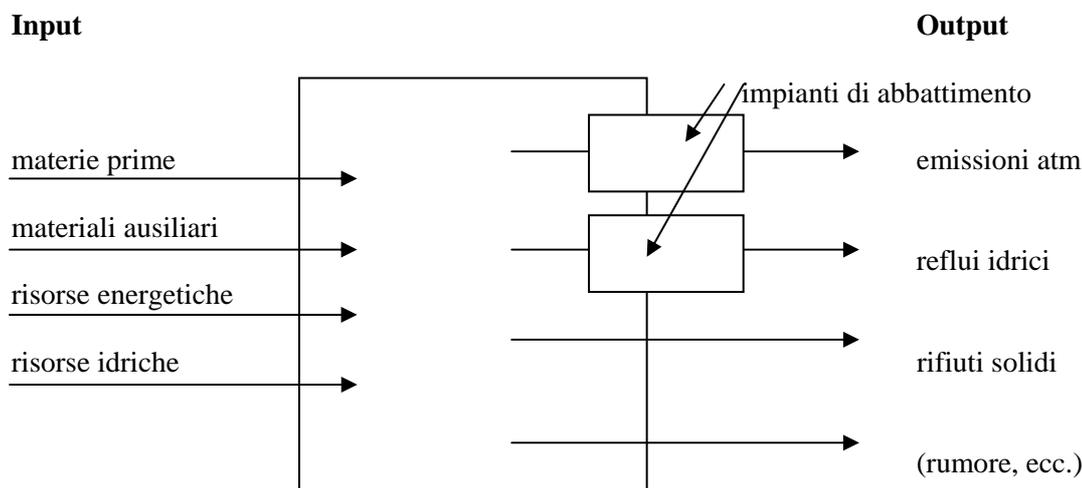
- 4.1. Fattori di impatto e rischio ambientale**
- 4.2. Consumo delle risorse**

4.1 Fattori di impatto e rischio ambientale

4.2 Consumo delle risorse

Per inquadrare l'attività di produzione di semilavorati in leghe non ferrose si fa riferimento allo schema sintetico presentato in Figura 4.1, quantificando il consumo di risorse e i fattori di impatto con riferimento a 1 unità di prodotto (semilavorato) o per 1 unità di prodotto finito (deformato a freddo o a caldo).

Figura 4.1. Schema sintetico per individuare i carichi ambientali dell'attività di fonderia



Alluminio

**Tabella 4.1. Alluminio secondario
Consumo di risorse e fattori di generazione di rifiuti**

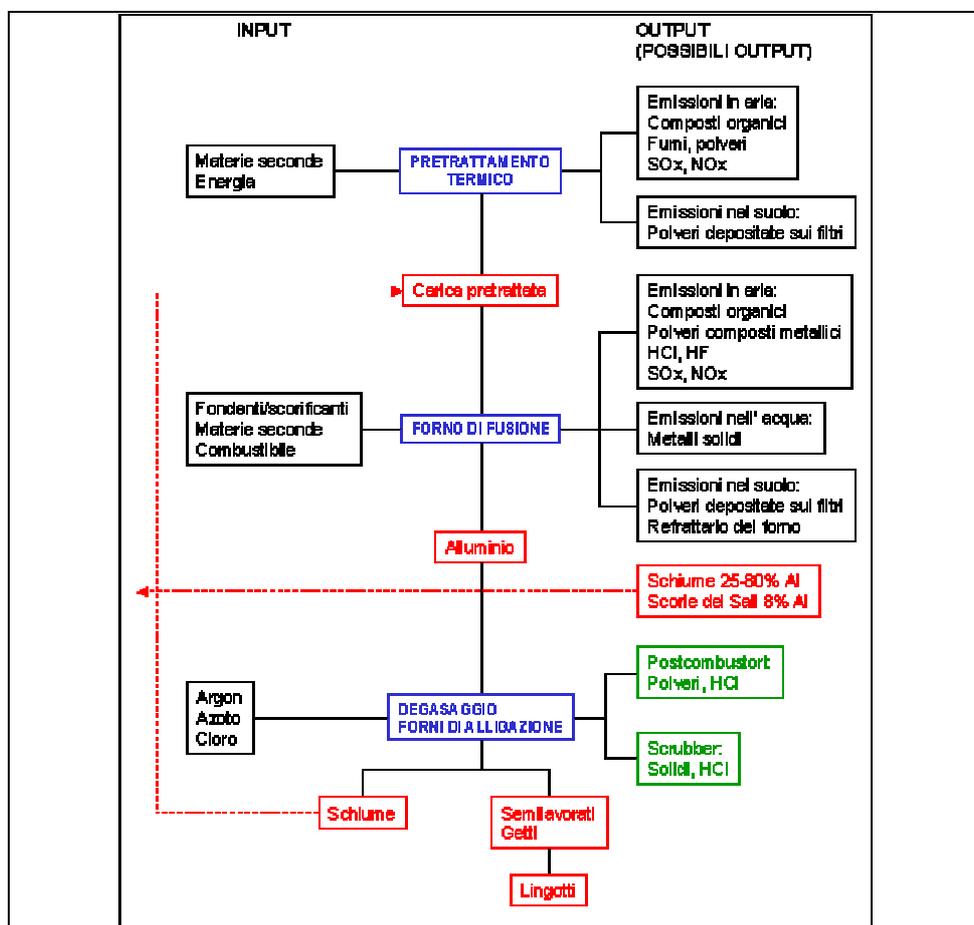
	input	Output (fonte: APAT)	
Trattamento effluenti (kg/ t metallo)		100-200	Rifiuto NP + P
Scorie saline e scorie nere (kg/ t metallo)		1 - 100	Rifiuto NP + P
Refrattari (kg/ t metallo)		20 - 40	Rifiuto NP +P

Tabella 4.2. Fattori di emissione per la produzione di alluminio (fonte: Rapporto IReR 2002)

LINEA	REPARTO	PRESIDIO	PT		SO ₂	NO _x	NMVOC
			FET E.P.A. (Kg inq/Mg prd)	FET Corinair (Kg inq/Mg prd)			
PRETRATTAMENTO	Fornace di purificazione	Non presidiato	7,25	7,25	1,75	0,3	1,2
		Filtro a manica	1,65	1,65			
		Elettrofiltro	np	np			
IMPIANTO FUSORIO	Forno a riverbero	Non presidiato	2,15	2,15	0,45	0,38	0,1
		Filtro a manica	0,65	0,65			
		Elettrofiltro	0,65	0,65			
	Forno a crogiolo	Non presidiato	0,95	0,95	1,25	0,85	1,25
		Filtro a manica	np	np			
		Elettrofiltro	np	np			
RAFFINAZIONE	demagging cloro (Kg/Mg Cl)	Non presidiato	500	500			
		Filtro a manica	25	25			
		Elettrofiltro	np	np			
COLATA		Non presidiato			0,01	0,005	0,07
FORNI AD ANELLO		Non presidiato				0,75	0,002
LAMINAZIONE ED ESTRUSIONE		Non presidiato				0,35	0,045

Gli inquinanti che possono essere prodotti all'interno della lavorazione di alluminio secondario sono polveri, composti metallici, acido cloridrico (HCl) e prodotti di combustione incompleta, composti organici. I problemi principali riguardano le emissioni di cloruro di alluminio e del suo prodotto di idrolisi, l'acido cloridrico (Figura 4.2).

Figura 4.2. Input ed output della produzione di alluminio secondario; fumi e polveri possono contenere composti organici volatili (COV) e diossine (fonte: Rapporto IRer 2002)



Le maggiori fonti di emissioni nel processo di pretrattamento dei rottami sono da imputarsi alle operazioni di frantumazione e vagliatura e ai forni (in particolare quelli di essiccamento degli scarti). I fattori di emissione delle operazioni di pretrattamento non sono ancora stati sufficientemente caratterizzati e documentati. Per quello che riguarda invece le fonti di emissioni nel processo di fusione/affinazione, esse sono da imputare alle operazioni di carica, di aggiunta di fondenti e di scorificanti.

Pretrattamento

Le tecniche di pulitura meccanica comprendono operazioni come la frantumazione, la riduzione in frammenti e la vagliatura e producono particolato metallico e non. Le fasi di arrostitimento ed essiccamento nel processo pirometallurgico comportano emissioni di particolato e vapori organici, che vengono convertiti in anidride carbonica e vapore da postcombustori posizionati a valle. Possono essere presenti anche emissioni di gas, a seconda della composizione dei contaminanti, tra cui cloruri, fluoruri e ossidi di zolfo. I gas di combustione che lasciano gli essiccatori trascinano spesso del particolato, che può essere in parte ridotto grazie all'uso di scrubber a umido o di filtri a maniche usati in congiunzione con i postcombustori. La polvere generata meccanicamente dai forni a cilindri rotanti utilizzati per i rottami costituisce la principale fonte di emissioni del processo a caldo dei rottami. Le emissioni possono essere controllate convogliandole verso filtri a maniche. Le emissioni derivanti dai forni, che sono prevalentemente costituite da fumi di sali, vengono solitamente abbattute da scrubber. I forni producono emissioni che variano molto al variare della composizione dei rottami alimentati; generalmente durante le operazioni di macinazione e quelle a questa connesse (vagliatura, trasferimenti) vengono generate grandi quantità di polveri.

Fusione e affinazione

Le emissioni associate ai forni a riverbero rappresentano una frazione significativa in termini di particolato totale e gas generati dall'industria di processo di alluminio secondario. Le operazioni condotte nel crogiolo producono particolato organico e inorganico, vapori di sostanze organiche non combuste e anidride carbonica. Ai bruciatori dei forni sono imputabili emissioni di CO, CO₂, SO_x e NO_x; queste vengono tenute comunque separate nel computo delle emissioni del processo produttivo. Le emissioni associate alle operazioni di aggiunta di fondenti sono dipendenti sia dal tipo di agente che dalla quantità richiesta, quindi sono funzione della qualità delle materie prime (rottame, scorie ecc.). Questi sono in genere composti da sali (agenti scorificanti/ fondenti) come il cloruro di sodio, il cloruro di potassio o la criolite. Inoltre cloruri di alluminio e magnesio possono essere generati dalla reazione tra i sali e la massa fusa. Nel passato la fase di scorifica rappresentava la principale fonte di emissioni all'interno della produzione di alluminio secondario. Modificazioni al processo originario recentemente introdotte, secondo le quali il cloro gassoso viene miscelato all'alluminio fuso dalla condotta di scarico della pompa di circolazione del forno, consentono di ridurre le emissioni di cloro; le emissioni totali di cloro sono in stretta relazione con le caratteristiche del processo di scorifica (efficienza, ecc.) e con le specifiche del prodotto (contenuto di magnesio delle materie prime e conseguente entità della riduzione). Inoltre, dal momento che il contenuto di magnesio diminuisce durante il processo di scorifica, si assiste a un incremento delle emissioni imputabile a una via via minore efficienza del processo. Il processo di scorifica condotto con cloruro di alluminio, così come quello condotto con fluoruro di alluminio, producono emissioni altamente corrosive. La scorifica con cloro porta alla formazione di cloruro di magnesio, che si unisce alle nebbie che lasciano le scorie. L'eccesso di cloro reagisce con l'alluminio per dare cloruro di alluminio in fase vapore alle temperature del forno, che poi condensa in nebbie submicroniche quando si raffredda. Questo composto è altamente igroscopico, reagisce quindi con vapore acqueo a dare acido cloridrico. Sia l'acido cloridrico che il cloruro di alluminio sono sostanze irritanti e corrosive. Inoltre il cloro gassoso che non reagisce può lasciare il forno e sommarsi alle emissioni. Quando si effettua la scorifica con fluoro, si ha la formazione di fluoruro di magnesio come sottoprodotto. L'eccesso di fluoro si combina con l'idrogeno a dare acido fluoridrico. Quindi le principali emissioni risultanti da questa operazione sono nebbie altamente corrosive composte da fluoruro di alluminio, fluoruro di magnesio e acido fluoridrico, in fase vapore o come polveri. Tuttavia l'uso di fluoro al posto di cloro come agente per la scorifica riduce le emissioni totali. Gli scrubber sono consigliati per il controllo delle emissioni derivanti dal processo di scorifica.

Riassumendo, i gas che lasciano i forni sono tipicamente composti da prodotti di combustione, cloro, acido cloridrico, cloruri di metalli come zinco, magnesio e alluminio, ossido di alluminio e diversi metalli e composti metallici, a seconda della qualità delle materie prime utilizzate.

Composti inquinanti

Polveri e metalli vengono prodotti dai gas di combustione e da scarti e fondenti usati nel processo. Alcuni metalli, presenti come contaminanti, vengono emessi durante la fase di fusione e concorrono a formare polveri. La produzione di fumi dovuti alla presenza di carbonio organico e la presenza di cloruri possono portare alla formazione di diossine, che vengono adsorbite sulle polveri. La post-combustione è tra i metodi più usati per distruggere il materiale organico non reagito che lascia la zona di combustione; l'iniezione di calce, bicarbonato di sodio e carbone è un altro metodo praticabile. La maggior parte delle installazioni usa inoltre filtri a manica o filtri ceramici per abbattere le polveri fino ad avere emissioni comprese tra 0.6 e 20 mg/Nm³.

Da forni a riverbero sono attese emissioni delle seguenti sostanze: composti di manganese, nichel, piombo, cromo, antimonio, cobalto, selenio, cadmio e arsenico.

I processi pirometallurgici di pretrattamento, usati per rimuovere le impurità dal materiale desiderato, possono portare alla volatilizzazione di metalli quali Zn, Bi, Pb, Sn, Cd, As e Ga. La scelta della temperatura di esercizio è un fattore chiave per questo stadio del processo, inoltre un'appropriata tecnica di abbattimento polveri consente la captazione degli ossidi di questi metalli.

Le diossine possono essere un problema rilevante nella produzione di alluminio, in particolare nella produzione secondaria. Questo tipo di industria fa assegnamento su materie prime che sono gli scarti di altre industrie. Sebbene vi sia un accordo sul diverso grado di purezza degli scarti, le impurità presenti nei rottami possono portare alla formazione di diossine durante una combustione incompleta o via sintesi de-novo.

Rame

Tabella 4.3. Fonderie di ottone
Materie prime, materiali ausiliari, consumo di risorse (intervallo dei valori rilevati)

	input	
Prodotti lavaggio tornitura (kg/ t tornitura)	2	
Rottame e tornitura in ingresso (kg/ t semilavorato)	538-668	
Leghe (kg/ t semilavorato)	281-312	
Rottame da riciclo interno (kg/ t semilavorato)	190-250	
Energia elettrica (kWh/ t semilavorato)	332-348	Principali utenze: forni a induzione di fusione forni a induzione per colata forni trattamento termico
Gas naturale (mc/ t semilavorato)	34-38	Principali utenze: forni essiccazione tornitura forni preriscaldamento semilavorati forni trattamento termico
Refrattari forni (kg/ t semilavorato)	2,9	
Malte e cementi refrattari (kg/ t semilavorato)	0,6	
Acqua (mc/ t capacità forni)	16,25	Acqua totale in circolo (forni e colate)
Acqua (mc/ t semilavorato)	1,10	Consumo (50% spurgo + 50% evaporazione)
Acqua (mc/ t prodotto finito)	7.7 – 8.6	Principali utenze: raffreddamento forni fusori (con ricircolo) raffreddamento colate (con ricircolo) raffreddamento presse decapaggi
Barra (kg/ t prodotto trafilato)	1333	

Con gli output si individuano i fattori di impatto dell'attività, che possono essere quantificati sia a monte che a valle di tipici sistemi di abbattimento e/o depurazione, tenendo conto di eventuale riciclo effettuato all'interno dell'attività produttiva per acqua e rifiuti (previo eventuale trattamento).

Tabella 4.4. Fonderie di ottone
Fattori di emissione, reflui idrici, fattori di generazione di rifiuti (intervallo dei valori rilevati)

	output	
Altri metalli da cernita (kg/ t semilavorato)	0,1	
Materiali pericolosi da cernita (kg/ t semilavorato)	0,012	PCB, PCT, pile
Ceneri di Cu da essiccatore (kg/ t semilavorato)	0,1	
Scoria (kg/ t semilavorato)	100	
Essiccazione (g polveri/ t semilavorato)	2	Emissioni canalizzate dopo filtrazione a secco
Forni induzione fusione (g polveri/ t semilavorato)	3	
Colata (g polveri/ t semilavorato)	2-4	
Colata (g polveri/ t semilavorato)	> 80	Emissioni diffuse (stima)
Refrattari (kg/ t semilavorato)	0,89	
Fanghi dopo trattamento reflui (kg/ t prodotto finito)	2,80	
Emulsioni oleose (kg/ t prodotto finito)	0,9	
Oli minerali e sintetici (kg/ t prodotto finito)	0,2	
Imballaggi (kg/ t prodotto finito)	0,7	Tutte le attività

Il principale inquinante derivante dalle attività di produzione di rame secondario è il particolato. Come per le altre industrie metallurgiche secondarie, i processi pirometallurgici utilizzati per separare e raffinare il metallo desiderato danno origine ad emissioni di ossidi di metalli e sostanze parzialmente. Allo stesso modo, l'operazione di essiccazione di trucioli al fine di rimuovere l'eccesso di olio e i fluidi da taglio, può portare ad emissioni di composti organici volatili (COV) e prodotti di combustione incompleta combuste quali il monossido di carbonio (CO). Si può avere anche formazione e conseguente emissione di diossine, per la possibile presenza di cloro nel materiale secondario e per l'effetto catalitico del rame sulla reazione di formazione delle diossine.

Tabella 4.5. Fattori di emissione per la produzione di rame (fonte: Rapporto IRER 2002)

LINEA	REPARTO	PRESIDIO	PT	Pb
			FET(Kg inq/Mg prd)	FET(Kg inq/Mg prd)
IMPIANTO FUSORIO	Crogiolo			
	rottame di ferro	Non presidiato	0,002	
	cavi di rame isolati	Non presidiato	120	
		Elettrofiltro	5	
	rottami di rame e ottone	Non presidiato	35	
		Elettrofiltro	1,2	
	Forno elettrico			
	Rame	Non presidiato	2,5	
		Filtro a manica	0,5	
	Ottone e bronzo	Non presidiato	5,5	
		Filtro a manica	3	
	Forno ad induzione elettrica			
	Rame	Non presidiato	3,5	
		Filtro a manica	0,25	
	Ottone e bronzo	Non presidiato	10	
		Filtro a manica	0,35	
	Emissioni fuggitive	Non presidiato	np	
	Forno a riverbero			
	Lega con alto cont piombo (58%)	Non presidiato	np	25
	Ottone rosso-giallo	Non presidiato	np	6,6
	Altre leghe (7%)	Non presidiato	np	2,5
		Rame	Non presidiato	2,6
	Ottone e bronzo	Filtro a manica	0,2	
		Non presidiato	18	
	Emissioni fuggitive	Filtro a manica	1,3	
		Non presidiato	np	
	Forno a rotazione			
	Ottone e bronzo	Non presidiato	150	
		Elettrofiltro	7	
	Emissioni fuggitive	Non presidiato	np	
	Cubilotto			
	Ottone e bronzo	Non presidiato	11	
		Elettrofiltro	0,5	
	Emissioni fuggitive	Non presidiato	np	

Il processo di fusione utilizza grossi volumi di aria per ossidare i solfuri, lo zinco ed altri componenti indesiderati del rottame. Questo processo di ossidazione genera particolato nel gas esausto. Nei gas effluenti esiste un ampio spettro di dimensioni e concentrazioni di particelle in considerazione della variabilità nel progetto del forno e nella qualità delle cariche. Un altro fattore di differenziazione nella quantità di emissioni è la concentrazione di zinco presente nei materiali alimentati all'impianto. Lo zinco, in quanto basso bollente, si volatilizza e viene ossidato producendo grandi quantità di ossido di zinco sotto forma di particelle submicroniche.

I filtri a maniche sono la tecnologia più efficace per l'abbattimento delle emissioni nelle fonderie secondarie di rame. La loro efficienza può superare il 99%, anche se possono essere necessari dei sistemi di raffreddamento al fine di prevenire il danneggiamento del tessuto dei filtri da parte dei gas caldi. I precipitatori elettrostatici non sono adatti per questa applicazione in quanto hanno una bassa efficienza di abbattimento per i particolati densi come gli ossidi di piombo e zinco. Gli scrubber a umido non sono efficaci perché riescono a rimuovere soltanto particelle più grandi di 1 µm e gli ossidi sono generalmente submicronici.

Le emissioni di particolato associate ai forni essiccatori possono anch'esse essere controllate con filtri a maniche. I gas esausti prodotti con temperature di essiccamento inferiori a 150°C non necessitano di raffreddamento prima dei filtri. La combustione dei fili elettrici genera grandi quantità di particolato, principalmente composti organici solo parzialmente combustibili. Queste emissioni possono essere controllate mediante l'uso di inceneritori a fiamma diretta (postcombustori). I postcombustori possono raggiungere efficienze superiori al 90% se la temperatura di combustione è superiore a 1000°C. Se lo strato isolante contiene composti organici clorurati, come il PVC, verrà prodotto HCl, che non viene abbattuto dai postcombustori e che verrà emesso in atmosfera, a meno di impiegare scrubber a umido.

In ogni processo associato alla fusione secondaria del rame possono verificarsi emissioni diffuse. Si hanno emissioni nel corso del pretrattamento dei rottami, nella fase di carica dei rottami nei forni contenenti metalli fusi, nel trasferimento di rame fuso da un'operazione all'altra e nella manipolazione dei materiali. Quando i rottami vengono caricati nei forni, si hanno emissioni diffuse se i rottami non sono sufficientemente compatti da permettere che una carica completa entri nel forno prima di iniziare il riscaldamento. L'introduzione di materia addizionale sulla superficie del metallo liquido produce significative quantità di materiali volatili e fumi. Se questi fumi superano la capacità dei sistemi di captazione, possono uscire attraverso le porte di carica. La formatura dei rottami in bricchette è un metodo per evitare la necessità di caricare in più fasi.

Nel caso in cui non sia possibile evitare di caricare in più fasi, le emissioni diffuse vengono ridotte spegnendo i bruciatori nella fase di carica. Ciò riduce la portata di gas esausti e permette al sistema di controllo dei gas esausti di sopportare l'aumento temporaneo delle emissioni.

Le emissioni diffuse di fumi di ossidi metallici vengono generate anche nella fase di stampaggio del metallo fuso in stampi. Altre polveri possono essere prodotte dalla grafite o da altri distaccanti utilizzati negli stampi. Il processo di raffinazione elettrolitica produce emissioni di nebbie di acido solforico.

Molti residui di lavorazione sono riciclabili all'interno del processo o in processi associati. I produttori di metalli non ferrosi, per esempio piombo, zinco e stagno, usano molti dei residui di lavorazione dell'industria del rame come materie prime per i loro processi. Alcuni impianti hanno incorporato queste lavorazioni all'interno del processo al fine di recuperare altri metalli dagli scarti.

Monossido di carbonio

I processi di fusione che usano forni che richiedono di mantenere atmosfere riducenti possono produrre concentrazioni significative di monossido di carbonio. Questo è il caso della fusione di rame di alta qualità in forni a tino in combinazione con la formatura per la produzione di fili elettrici, dal momento che questi prodotti richiedono un accurato controllo del livello di ossigeno al fine di ottenere alta conducibilità. Il processo opera in condizioni riducenti e il contenuto di monossido di carbonio nei gas effluenti può essere elevato (tipicamente 5000 mg/Nm^3). I bruciatori possono essere utilizzati con funzione di post-combustori anche per minimizzare le emissioni di CO e per mantenere la qualità desiderata del prodotto. Tipicamente la produzione di CO nella lavorazione nei forni a tino per la produzione di semilavorati o cavi elettrici si aggira tra 2000 e 11000 g/ton di rame. In alcuni impianti si utilizzano postcombustori per rimuovere idrocarburi dai gas quando venga processato rottame con un contenuto non trascurabile di materiale organico. Il CO viene distrutto allo stesso tempo e le emissioni conseguenti sono dell'ordine di 45 g/t di rame.

Il monossido di carbonio viene prodotto anche all'interno dei forni a tino e in alcuni casi può quindi essere emesso con i gas effluenti. La postcombustione risulta essere uno dei metodi preferiti per rimuovere il CO, ottenendo concentrazioni in uscita nell'intervallo $10\text{-}200 \text{ mg/Nm}^3$. Un efficiente sistema consiste nell'introdurre ossigeno alla sommità del forno, al di sopra della zona di reazione al fine di creare una zona di post-combustione all'interno del corpo del forno. Questo sistema consente non solo di abbassare notevolmente il livello di CO e di idrocarburi incombusti, ma anche di distruggere altri composti organici indesiderati.

Composti organici e diossine

Lo stadio di conversione nel processo secondario è una potenziale fonte di emissioni di composti organici, specie se il rottame contaminato da materiale organico è aggiunto al convertitore e non viene raggiunta la combustione completa. In questo caso le emissioni sono principalmente di tipo diffuso.

I composti organici che possono essere emessi includono anche le diossine, le quali risultano dalla combustione parziale di oli, materiale plastico e materiale derivante dal settore elettrico ed elettronico presenti nella carica e dalla sintesi de-novo, se i gas effluenti non vengono raffreddati con sufficiente rapidità. Può essere praticato il trattamento dei rottami per rimuovere i contaminanti organici, anche se sempre più spesso vengono utilizzati postcombustori che trattano i gas prodotti, seguiti da un rapido raffreddamento. Nel caso in cui non risultasse possibile trattare i gas uscenti dal forno in un postcombustore, si può operare un'ossidazione introducendo ossigeno al di sopra della zona di fusione. E' anche possibile identificare il tipo di contaminante organico del materiale secondario così che si possa definire la migliore combinazione di pretrattamento e sistema di abbattimento da utilizzare al fine di prevenire emissioni di fumi e nebbie, e delle diossine associate.

Piombo

Tabella 4.6. Piombo. Materie prime, materiali ausiliari, consumo di risorse (intervallo dei valori rilevati)

	input	
Accumulatori (kg/ t semilavorato)	1150-1296	da inviare al forno riducente
Rottami piombo (kg/ t semilavorato)	100-335	direttamente al forno di rifusione
Altri materiali a base di piombo (kg/ t semilavorato)	150-780	Ossidi e scorie; fanghi e fumi
Tornitura e rottami acciaio (kg/ t semilavorato)	150-262	desolforante per forno rotativo
Carbone (kg/ t semilavorato)	90-175	riducente per forno rotativo
Calcare (kg/ t semilavorato)	8-67	scorificante per forno rotativo
Zolfo (kg/ t semilavorato)	0,8-3,6	affinante per leghe in forno a bacino
Soda caustica (kg/ t semilavorato)	8-16	affinante per leghe in forno a bacino neutralizzazione acque
Nitrato di sodio (kg/ t semilavorato)	1,2-2,3	affinante per leghe in forno a bacino
Elementi alliganti (Sn, Se, As, Cd) (kg/ t semilavorato)	0,5-2,1	alliganti per leghe
Antimonio (Sb) (kg/ t semilavorato)	4,5	
Gas naturale (mc/ t semilavorato)	138	
Ossigeno (mc/ t semilavorato)	240	

Con gli output si individuano i fattori di impatto dell'attività, che possono essere quantificati sia a monte che a valle di tipici sistemi di abbattimento e/o depurazione, tenendo conto di eventuale riciclo effettuato all'interno dell'attività produttiva per acqua e rifiuti (previo eventuale trattamento).

Tabella 4.7. Piombo. Fattori di emissione, reflui idrici, fattori di generazione di rifiuti (intervallo valori rilevati)

	output	
Polipropilene (kg/ t semilavorato)	32	da frantumazione e selezione batterie
Scorie ("metalline") (kg/ t semilavorato)	140	
Ceneri di Cu da essiccatore (kg/ t semilavorato)	0,1	
Scoria (kg/ t semilavorato)	100	
Essiccazione (g polveri/ t semilavorato)	2	Emissioni canalizzate
Forni induzione fusione (g polveri/ t semilavorato)	3	dopo filtrazione a secco
Colata (g polveri/ t semilavorato)	2-4	
Colata (g polveri/ t semilavorato)	> 80	Emissioni diffuse (stima)
Refrattari (kg/ t semilavorato)	0,89	
Fanghi dopo trattamento reflui (kg/ t prodotto finito)	2,80	
Emulsioni oleose (kg/ t prodotto finito)	0,9	
Oli minerali e sintetici (kg/ t prodotto finito)	0,2	
Imballaggi (kg/ t prodotto finito)	0,7	Tutte le attività

Tabella 4.8. Fattori di emissione per la produzione di piombo (fonte: Rapporto IRer 2002)

LINEA	REPARTO	PRESIDIO	PT	PT	Pb	Pb	SO2
			FE TSP (Kg/Mg Me prd)	FE FUG (Kg/Mg prd fin)	FE TSP (Kg/Mg Me prd)	FE FUG (Kg/Mg prd fin)	FE TSP (Kg/Mg)
PRETRATTAMENTO	Raffinazione (Kg/Mg carica)	Non presidiato	16-35	0.8-1.8	4-8	0.2-0.9	
		Presidiato	np				
IMPIANTO FUSORIO	Crogiolo	Non presidiato	153 (92-207)	4.3-12.1	52 (31-70)	0.1-0.3	27 (9-55)
		Presidiato	1.12 (0.11-2.49)		0.15 (0.02-0.32)		
	Forno a riverbero	Non presidiato	162 (87-242)	4.3-12.1	32 (17-48)		40 (36-4
		Presidiato	0.5 (0.326-0.77)				
LAVORAZIONE	Distillazione Kettle	Non presidiato	0,02	0,001	0,006	0,0003	
		Presidiato	np				
	Ossidazione Kettle	Non presidiato	<=20	np			
		Presidiato	np				
	Gettata	Non presidiato	0,02	0,001	0,007	0,0004	
		Presidiato	np				
Le emissioni fuggitive sono stimate al 5% delle emissioni di base non controllate							
IMPIANTO DI CONTROLLO APPLICABILI	TIPOLOGIA DI FORNO	EFFICIENZA					
Filtro a manica	Forno	98,4					
	Forno a riverbero	99,2					
Ciclone+filtro a manica	Forno	99					
Ciclone umido+filtro a manica	Forno a riverbero	99,7					
Camera di calma+ciclone+filtro a manica	Forno a riverbero	99,8					
Scrubber Venturi+deminster	Forno	99,3					

Nella produzione di piombo secondario sono presenti varie sorgenti di emissioni di metalli pesanti. La maggior parte delle emissioni di piombo deriva dalle operazioni dei forni a riverbero e dei forni a tino.

Nella fase di preparazione dei rottami vengono emesse piccole quantità di particolato, costituito da metalli pesanti, nebbie di acido solforico e polveri di altri componenti delle batterie. La frantumazione produce principalmente polveri.

Le emissioni associate alle operazioni di mantenimento sono fumi, polveri, particelle di fuliggine e prodotti di combustione tra i quali figura l'anidride solforosa (SO₂). Le emissioni di SO₂ derivano dalla combustione dello zolfo presente eventualmente nel rottame e nel combustibile. La dimensione delle particelle di polveri varia tra 5 e 20 µm, mentre i fumi sono costituiti da particelle con un diametro tra 0.07 e 0.4 µm, la dimensione media essendo di 0.3 µm. Di solito per controllare queste emissioni si usano filtri a maniche la cui efficienza supera il 99%.

I forni di fusione a riverbero emettono particolato e ossidi di zolfo e azoto. Il particolato è costituito da ossidi, solfuri e solfati di piombo, antimonio, arsenico, rame e stagno e da particelle di piombo metallico. Le emissioni vengono controllate con camere di sedimentazione e raffreddamento seguite da filtri a maniche, con efficienza che supera il 99%. Il particolato è composto mediamente da 40% di piombo, 20-30% di stagno e 1% di zinco. Le emissioni di SO₂ vengono talvolta ridotte mediante l'uso di scrubber a umido.

I forni a tino sono caratterizzati dalla presenza di rilevanti emissioni dalle porte di carico, dal canale di colata della scoria, dal crogiolo del piombo e dal camino del forno. Tali emissioni sono costituite da gas di combustione (CO, idrocarburi e ossidi di zolfo e azoto) e particolato. Il particolato emesso è più fine di quello associato ai forni a riverbero e può essere controllato mediante scrubber e filtri a maniche posti a valle dei refrigeranti. Da studi condotti su forni a tino si è evidenziata una concentrazione media di piombo nelle emissioni diffuse del 23%. Il particolato recuperato dalle cappe poste nella zona di carico e di colata ha un contenuto di piombo del 61%.

I forni a bacino utilizzati per la fusione, la raffinazione e l'alligazione sono sorgenti di emissioni minori. I forni sono dotati di cappe che aspirano i fumi e le polveri, che successivamente passano attraverso filtri a maniche, con efficienza di abbattimento superiori al 99%. Misure eseguite sul particolato emesso da forni a caldaia, a monte del sistema di trattamento, hanno evidenziato un diametro medio delle particelle di 19 µm, con dimensioni delle particelle variabili tra 0.05 e 150 µm. Analisi chimiche hanno mostrato che la composizione del particolato in questione comprendeva tra 12 e 17% di piombo, tra 5 e 17% di stagno e tra 0.9 e 5.7% di zinco.

Le emissioni provenienti dai forni di ossidazione vengono controllate mediante filtri a maniche. Il particolato emesso contiene principalmente ossido di piombo, ma anche piombo ed altri metalli. Le dimensioni delle particelle di ossido vanno da 0.2 a 0.5 µm. Le emissioni controllate possono essere stimate in 0.1 kg per tonnellata di piombo prodotto, sulla base di una efficienza di rimozione del 99% nei filtri a maniche.

La maggior parte degli impianti di fusione di piombo secondario sono quindi equipaggiati con filtri a maniche, la cui efficienza può raggiungere il 99.9%. Soltanto in presenza di gas effluenti con particolari problemi si rende necessario l'uso di precipitatori elettrostatici o scrubber a umido (es. rimozione di SO₂).

Emissioni non trascurabili di composti organici (VOC e diossine) possono derivare da combustione incompleta di materiale carbonioso contenuto nelle scorie di partenza: questi vengono ridotti con l'uso di post-bruciatori, con i metodi già descritti nel Cap. 2.

Le efficienze dei diversi sistemi di riduzione delle emissioni sono riportate in Tabella 4.9.

Tabella 4.9. Efficienza di sistemi di abbattimento per l'industria del piombo secondario

Dispositivo di abbattimento	Tipo di forno	Efficienza di abbattimento (%)
Filtri a manica	Forno a tino	98.4
	Forno a riverbero	99.2
Ciclone a secco + filtro a manica	Forno a tino	99.0
Ciclone a umido + filtro a manica	Forno a riverbero	99.7
Camera di sedimentazione + ciclone a secco + filtro a manica	Forno a riverbero	99.8
Scrubber di Venturi + separatore di condensa	Forno a tino	99.3