

PRODUZIONE FERROLEGHE

CAPITOLO 1 NOTIZIE GENERALI SUL COMPARTO FERROLEGHE

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

1.1 Individuazione del comparto

Il settore *Ferroleghie* comprende l'attività di preparazione delle ferroleghie, cioè in termini rigorosi “*la produzione di prodotti ferrosi che non si prestano né alla laminazione, né alla fucinatura e che costituiscono correttivi utilizzati in siderurgia*”.

Si distinguono quattro raggruppamenti:

- *ferroleghie al silicio* (FeSi a vari tenori con silicio dal 10 al 95%) e *siliciuro di calcio*;
- *ferroleghie al manganese* (FeMn carburato e affinato, SiMn), *ghisa silico manganesifera*;
- *ferroleghie al cromo* (FeCr carburato, FeSiCr, FeCr superaffinato);
- *ferroleghie speciali* (FeMo, FeV, FeTi, ecc.) utilizzate in quantità ridotte, ma fondamentali per la produzione di acciai speciali.

La specificità di questa attività metallurgica è costituita dall'utilizzo di forni elettrici a tino chiuso di riduzione ad arco-resistenza, forni tipicamente utilizzati per la produzione appunto di ferroleghie, ma anche di allumina (corindone), di carburo di calcio, e di carburo di silicio.

Il principio di fabbricazione per la elettrometallurgia consiste nella *riduzione chimica* di uno o più minerali da parte del carbon fossile o dei suoi derivati, che quindi agiscono con funzione *riducente*.

Il processo di fabbricazione prevede, con l'attuale tecnologia basata sull'impiego del forno elettrico, l'uso di energia elettrica, che quindi è da considerare come “*uso elettrico obbligato*” per fornire il calore di fusione, cioè l'energia elettrica non è sostituibile per questo processo produttivo.

1.2. Contesto produttivo, sociale e storico

1.3. Localizzazione geografica delle aziende

1.4. Profilo economico – finanziario

La localizzazione geografica di queste attività metallurgiche è stata dettata, in misura importante, dalla disponibilità di energia elettrica prodotta per via idraulica, che si aveva durante il periodo estivo di maggiore disponibilità idrica, da dirottare a un impiego caratterizzato da assorbimento di significative potenze elettriche con continuità temporale.

Nella situazione italiana sono stati inseriti stabilimenti con forni ad arco-riduzione nelle zone prealpine con produzioni anche solo stagionali in insediamenti dove veniva praticato interscambio con altre produzioni effettuate con gli stessi forni.

E' abbastanza curioso pensare che prima degli anni settanta, cioè prima del forte incremento del costo dell'energia, ci si potesse trovare di fronte al problema di allocare la potenza elettrica disponibile e si rispondeva a questa esigenza con l'inserimento di attività produttive particolarmente energivore e dipendenti dalla fornitura elettrica.

Successivamente il surplus di disponibilità idrica (più precisamente la disponibilità notturna) è stato utilizzato per il pompaggio in quota della portata idrica già sfruttata, ma ora trattenuta dopo essere stata *turbinata* in centrale e non restituita al naturale deflusso fluviale.

Come prima indicato, per la produzione di ferroleghie vengono utilizzati forni di riduzione ad arco-resistenza caratterizzati da elevata flessibilità di produzione, regolata in funzione della carica, in grado cioè di produrre un'ampia gamma di leghe.

1974

Vengono censiti 49 forni per ferroleghie (fonte: Assider): l'età media dei forni è elevata, praticamente tutti sono entrati in funzione da diversi anni, a conferma di un assetto produttivo ormai consolidato e non più in espansione.

La struttura dell'offerta nazionale (circa 250.000 t/ anno con una capacità produttiva installata di 450.000 t/ anno) copre circa il 50% del consumo interno, è di tipo oligopolistico, essendo in quegli anni il numero dei produttori nazionali circa una decina.

I produttori in quel periodo sono aggregabili in diversi gruppi.

Produttori siderurgici:

Falck, stabilimento (50%) di Novate Mezzola (SO)

1995

A metà degli anni '90 il settore in Italia viene osservato in un momento in cui lo sfruttamento della base produttiva e del personale attivo, è ridotto ai minimi termini storici: poco più di 500 addetti, rispetto ai 1500 del comparto, non sono in cassa integrazione o di fronte alla prospettiva della chiusura della fabbrica.

Nel 1995 solo 12 forni dei 38 installati in Italia risultavano funzionanti: la produzione si era concentrata sulle leghe FeCr carburato e FeMn carburato e affinato, cioè quelle meno penalizzanti rispetto ai costi del prodotto estero: lo sfruttamento della capacità produttiva era molto differenziato in base alla tipologia di prodotto ed era determinato sostanzialmente dalla competitività economica determinata dai prodotti di importazione.

Per alcuni anni, la condizione di "sopravvivenza o estinzione" è rimasta una sorta di costante del settore, vulnerabile rispetto ai costi energetici, ma soprattutto rispetto alla concorrenza economica del prodotto importato, legato in maniera esclusiva al comparto siderurgico come mercato di vendita e quindi alle sue crisi: la sopravvivenza del settore si è tradotta in una ulteriore riduzione delle unità produttive in attività.

In quegli anni, i forni di riduzione ad arco-resistenza venivano parzialmente utilizzati per il trattamento, oltre che tradizionalmente di minerali, anche di residui dell'industria metallurgica (scorie, fumi derivanti da impianti di abbattimento) e quindi il comparto avrebbe avuto la possibilità di acquisire una strategica importanza nel settore industriale nella valorizzazione e nel riciclo dei rifiuti del settore metallurgico.

Dagli anni '90 in questo contesto non è stato effettuato alcun investimento significativo, in quanto non direttamente remunerativo, e quindi anche le condizioni degli impianti e degli ambienti di lavoro non hanno usufruito di alcuna significativa innovazione.

2005

All'inizio del 2005 l'attività di produzione ferroleghie in Italia viene condotta in un unico sito produttivo localizzato in provincia di Brescia.

Figura 4. Unità produttive installate e attive (novembre 1992)

Figura 5. Forni installati e attivi (novembre 1992)

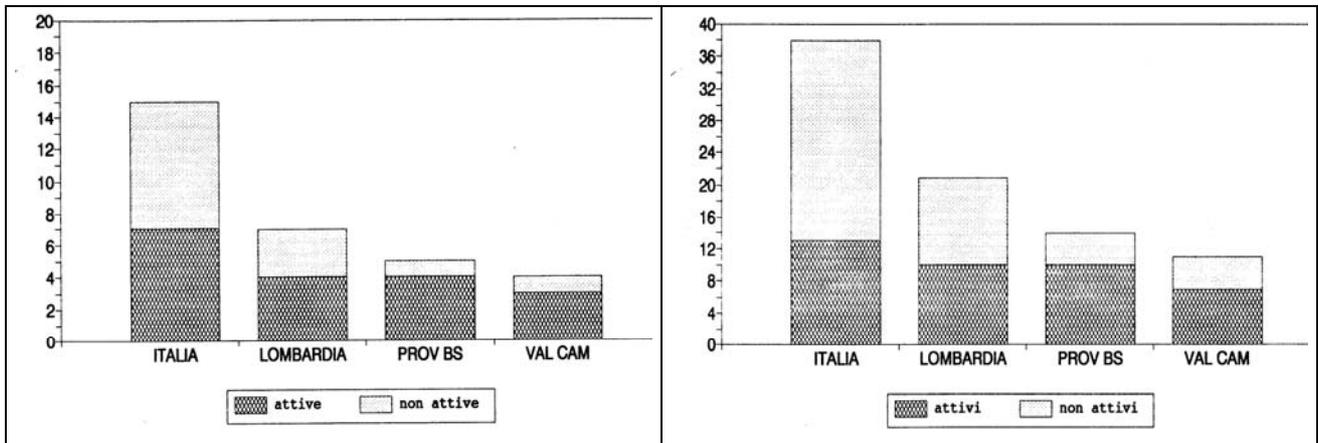
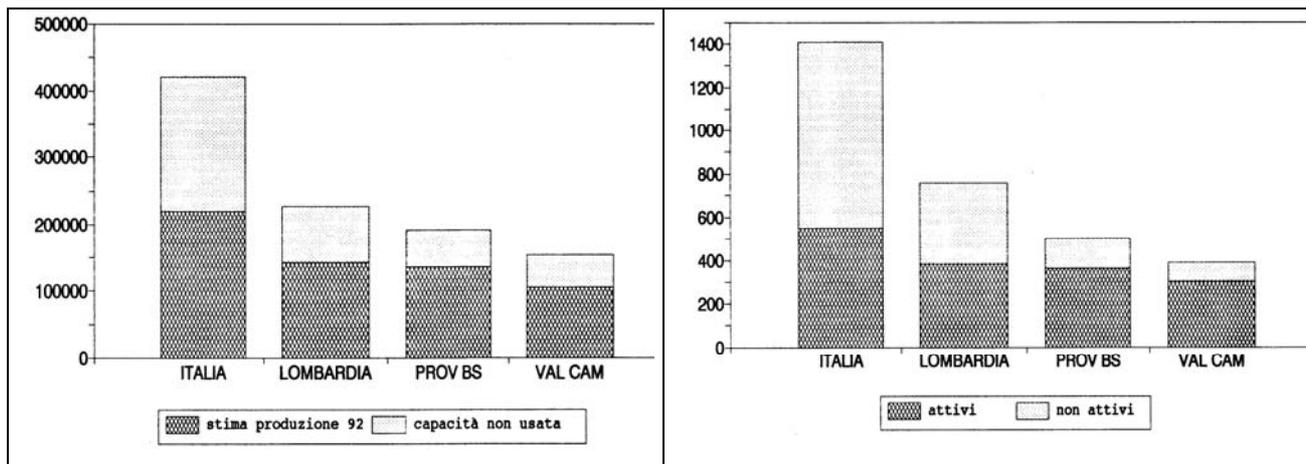


Figura 6. Capacità produttiva e produzione (novembre 1992)

Figura 7. Dipendenti comparto ferroleghie (novembre 1992)



La consistenza del comparto nel 1992 (Figura 4) è riassumibile in 13 società con 15 unità produttive in attività e 38 forni, di cui 13 in funzione; di queste 5 società sono presenti con 5 unità produttive e 14 forni installati in provincia di Brescia nel momento di massima espansione dell'attività.

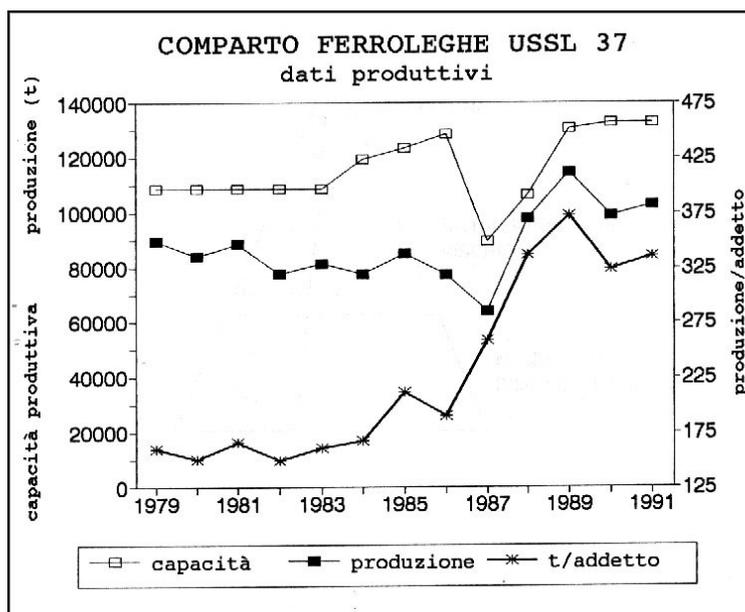
La produzione stimata nel 1992 è di circa 225.000 t a fronte di una potenzialità di circa 421.700 t/ anno (Figura 6), così distribuita: 63% in Lombardia, 60% nella provincia di Brescia, 46%, percentuali riferite al totale nazionale, in Valle Camonica.

Il numero degli occupati (Figura 7), che era di 2000 addetti nel 1979, nel novembre 1992 era sceso a 1400. Escludendo gli addetti in cassa integrazione, i dipendenti attivi nel novembre 1992 sono 549, di cui 384 in Lombardia, 364 in provincia di Brescia, 304 in Valle Camonica.

Il comparto ferroleghie in Valle Camonica

La Figura 8 sintetizza i dati produttivi riferiti alle 3 unità produttive localizzate in Valle Camonica, delle 5 in provincia di Brescia, con riferimento al periodo temporale in cui si è verificata la massima espansione produttiva.

**Figura 8. Comparto ferroleghie Valle Camonica (3 unità produttive, 8 forni)
il periodo dell'indagine di comparto coincide con la massima espansione della produzione**



1.5. La realtà infortuni

Questa sintesi riportata in Tabella 1 si riferisce ai dipendenti delle unità produttive del comparto ferroleghie intercettati con questo lavoro. Sono esclusi da questi dati sintetici gli addetti e gli infortuni riferiti ai dipendenti delle ditte esterne che operano all'interno delle attività di produzione ferroleghie.

I dati si riferiscono a unità produttive localizzate in provincia di Brescia, la cui attività ha coinvolto una quota importante dell'attività italiana, nel periodo di massima attività, cioè all'inizio degli anni '90:

- tutta la capacità produttiva delle aziende lombarde (144.000 t/anno);
- il 50% delle ferroleghie prodotte in Italia.

Il numero di addetti a cui si riferiscono i dati infortunistici costituiscono un campione ampio e significativo dell'intero comparto: infatti si riferisce alle aziende della provincia di Brescia che negli anni considerati hanno sempre superato il 65% degli addetti del comparto nazionale.

Dal 2001, con la cessazione dell'attività di produzione nelle aziende della Valle Camonica, rimane attiva una sola unità produttiva nella provincia di Brescia.

Tabella 1. Comparto FERROLEGHE. Sintesi dati infortunistici

numero aziende	anno	addetti	infortuni	mortali	giorni infortunio	ore lavorate	IF	IG	durata media (gg)
3	1979	562	87	0	3443	920961	94	3,74	40
3	1980	557	77	0	2804	939396	82	2,98	36
3	1981	534	72	2	2977	907987	79	3,28	41
3	1982	522	41	0	1107	890505	46	1,24	27
3	1983	507	31	0	1285	738717	42	1,74	41
3	1984	465	32	0	1000	672443	48	1,49	31
3	1985	403	37	0	1298	642713	58	2,02	35
3	1986	406	28	0	706	562966	50	1,25	25
2	1987	248	46	0	2377	362300	127	6,56	52
4	1988	304	42	0	1513	418474	100	3,62	36
4	1989	319	36	0	1.117	552.920	65	2,02	31
4	1990	321	42	0	1.400	557.119	75	2,51	33
4	1991	343	35	0	1.851	505.310	69	3,66	53
3	1992	287	44	0	2.181	474.683	93	4,59	50
3	1993	246	23	0	964	399.031	58	2,42	42
3	1994	215	15	0	450	336.438	45	1,34	30
3	1995	252	27	0	990	417.043	65	2,37	37
3	1996	267	29	0	1.289	407.259	71	3,17	44
3	1997	215	27	0	991	324.381	83	3,06	37
2	1998	187	23	0	784	300.919	76	2,61	34
2	1999	200	26	0	843	244.548	106	3,45	32
2	2000	211	28	0	801	331.752	84	2,41	29
1	2001	62	5	0	48	90756	55	0,53	10
1	2002	66	10	0	162	88672	113	1,83	16
1	2003	60	4	0	189	87861	46	2,15	47

Infortuni riferiti esclusivamente agli addetti dipendenti delle unità produttive della siderurgia elettrica

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

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

Con riferimento al periodo di massima espansione dell'attività (anni '80 e '90) nelle Figure 9-12 successive sono riportate le informazioni aggregate e riferite alle diverse fasi di lavorazione, la cui lettura è significativa in quanto consente di osservare il fenomeno in modo disaggregato, consentendo di ricavare immediati confronti e priorità.

Figura 9. Comparto ferroleghie Valle Camonica. Frequenza degli infortuni
Figura 10. Comparto ferroleghie Valle Camonica. Gravità degli infortuni

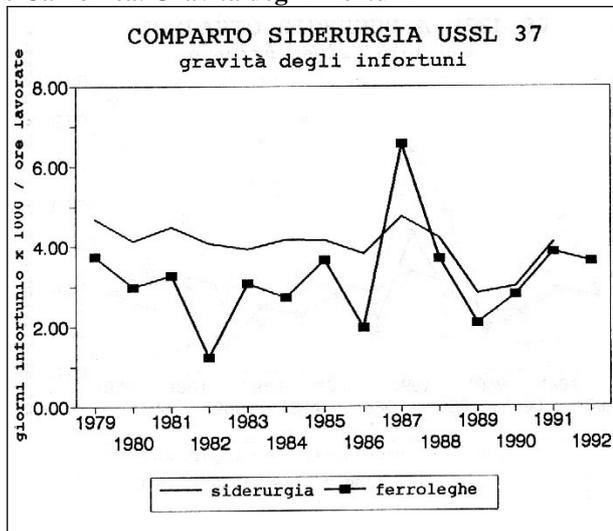
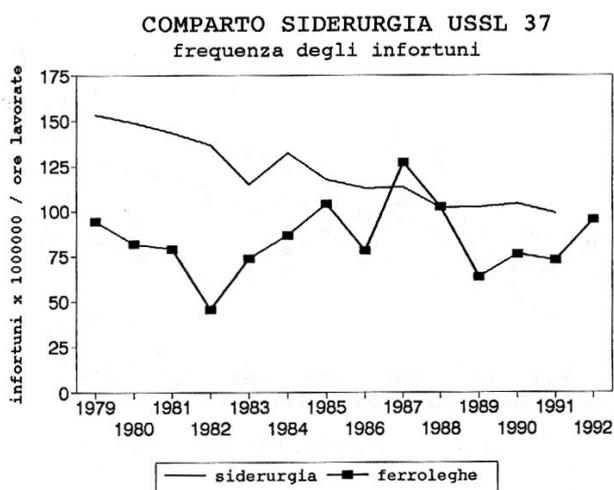
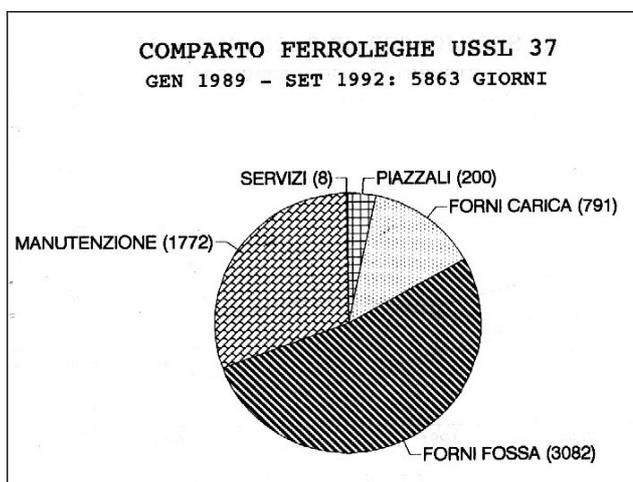
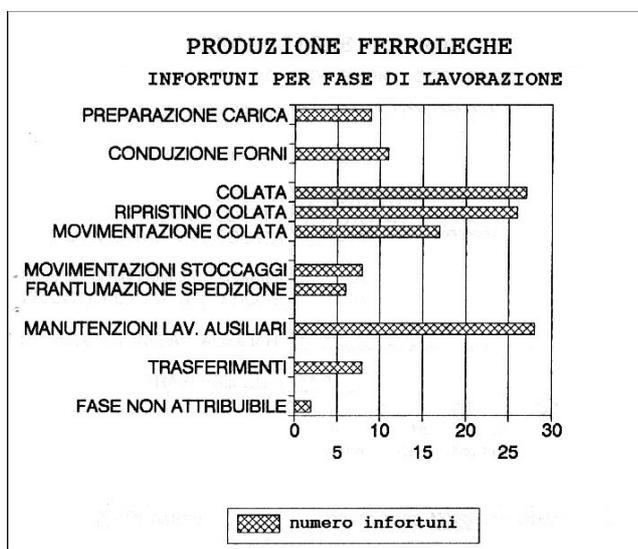


Figura 11. Comparto ferroleghie Valle Camonica. Infortuni suddivisi per fase di lavorazione
Figura 12. Comparto ferroleghie Valle Camonica. Giorni di infortunio suddivisi per fase di lavorazione



1.6. Le malattie professionali

Si rinvia alle sintesi presentate nel precedente Capitolo "Presentazione e struttura comparto metallurgia". Per una corretta valutazione dei dati si deve tenere conto della mobilità lavorativa degli esposti fra le diverse attività, in particolare in Valle Camonica dove l'attività di produzione ferroleghie è stata presente in un importante sito produttivo congiuntamente all'attività di acciaieria e di forgiatura.

PRODUZIONE FERROLEGHE

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

Le materie prime arrivano negli stabilimenti tramite autocarri e vagoni ferroviari, vengono scaricate e stoccate nei parchi materie prime, in piazzali o box.

Insieme ai minerali nei forni di riduzione vengono trattati altri sottoprodotti delle attività metallurgiche (scorie derivanti da fusione, minerali fini scartati da vagliatura e polveri provenienti da impianti di abbattimento) e ricicli provenienti dalle lavorazioni interne.

Le materie prime vengono prelevate con ruspa e, dopo frantumazione principalmente della scoria riciclata, avviate tramite nastri o mezzi ai sili di caricamento dei forni, previa dosatura delle cariche (Figura 1).

Produzione ferro-cromo

Le principali materie prime impiegate sono:

- Cromite (45%)
- Coke (13%)
- Quarzo (12%)

Vengono inoltre utilizzate altre materie prime quali scaglia di ferro, silicio metallico, ferrolega a basso titolo e polveri da abbattimento fumi provenienti dal ciclo di produzione dell'acciaio e delle ferroleghes stesse.

Produzione ferroleghes al manganese

Le principali materie prime impiegate sono:

- Minerale di manganese (45%)
- Quarzo (13,5%)
- Coke (13,5%)

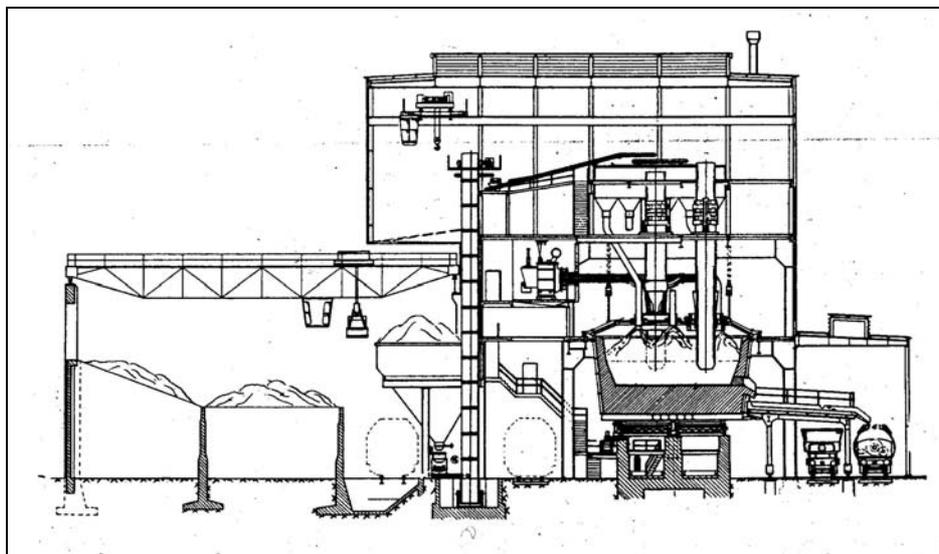
Altre materie prime impiegate sono: scoria, spato, calcare, scaglia di ferro e polveri abbattimento fumi.

Produzione ferro-silicio

Le principali materie prime impiegate sono: quarzo, coke, ossidi di ferro. Vengono inoltre utilizzati in quantità minore altri ossidi metallici.

Il prodotto finito è composto in prevalenza da Si (70-90%), il resto è ferro e in piccole quantità alluminio, calce e carbonio.

Figura 1. Disposizione tipica delle attività di produzione delle ferroleghes



Il caricamento dei forni ad arco-riduzione avviene direttamente dall'impianto di dosatura oppure mediante l'uso di mezzi meccanici a pala.

Durante la lavorazione i forni sono presidiati tramite cappe aspiranti fisse; le polveri abbattute vengono ricaricate previa pellettizzazione.

Il ciclo di lavorazione della ferrolega è continuo e si procede ogni qualche ora allo spillaggio del materiale fuso (ferrolega e scoria) previa operazione di bussaggio (perforazione del mantello refrattario del crogiolo) e convogliamento in canale di colata.

Lo spillaggio delle ferroleghie generalmente avviene in paiole e in vasche rivestite da fini di ferrolega, dove il prodotto solidifica. La ferrolega viene raffreddata nelle vasche tramite getti d'acqua, ottenendo una prima frantumazione grossolana.

La scoria può essere spillata separatamente in paiole, oppure avviata a una separazione gravimetrica e convogliata in canale, granulata tramite immersione in acqua, se *loppa* senza interesse metallurgico da smaltire, oppure raccolta in fosse o paiole, raffreddata, frantumata e riciclata alla riduzione.

Nel caso di produzione di ferroleghie affinate, cioè a basso tenore di carbonio, è necessario procedere a un'ulteriore lavorazione termica (dove si conducono processi di affinazione ossidante, partendo dalla ferrolega carburata fusa trattata con minerale precedentemente essiccato): la ferrolega viene spillata in siviera e trasferita ai forni di affinazione, dove costituisce la carica liquida del processo.

Per l'affinazione normalmente sono utilizzati forni elettrici ad arco, il cui caricamento avviene in maniera tradizionale con rotazione della volta, tramite ceste o sili a valve, oppure direttamente tramite foro nella volta. Durante la fusione i forni sono generalmente presidiati da *cappa a pressione bilanciata* (si veda Acciaieria: Impatto e rischio ambientale dell'attività). Il ciclo di lavorazione prevede caricamento, fusione, affinazione e svuotamento del forno. La ferrolega viene colata in vasche o contenitori di solidificazione in movimento per ottenere strati sottili e facile frantumazione successiva.

La scoria derivante dall'affinazione viene utilizzata per trattamenti metallurgici della ferrolega carburata fusa prima dell'affinazione, effettuato tramite insufflazione di gas inerte.

Le ferroleghie solidificate vengono trasferite, dopo completo raffreddamento, all'impianto di frantumazione e vagliatura. I fini vengono riciclati come carica dei forni o utilizzati, in misura ridotta, per il rivestimento delle vasche di colata.

La spedizione del prodotto viene effettuata in modo sfuso con caricamento direttamente dei cassoni dei trasporti, oppure tramite sacconi o fusti.

Le lavorazioni a freddo della ferrolega, cioè frantumazione e confezionamento, possono essere decentrate in altri siti rispetto alla produzione del metallo.

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

Le principali fasi di lavorazioni delle ferroleghie sono schematizzate in Figura 2.

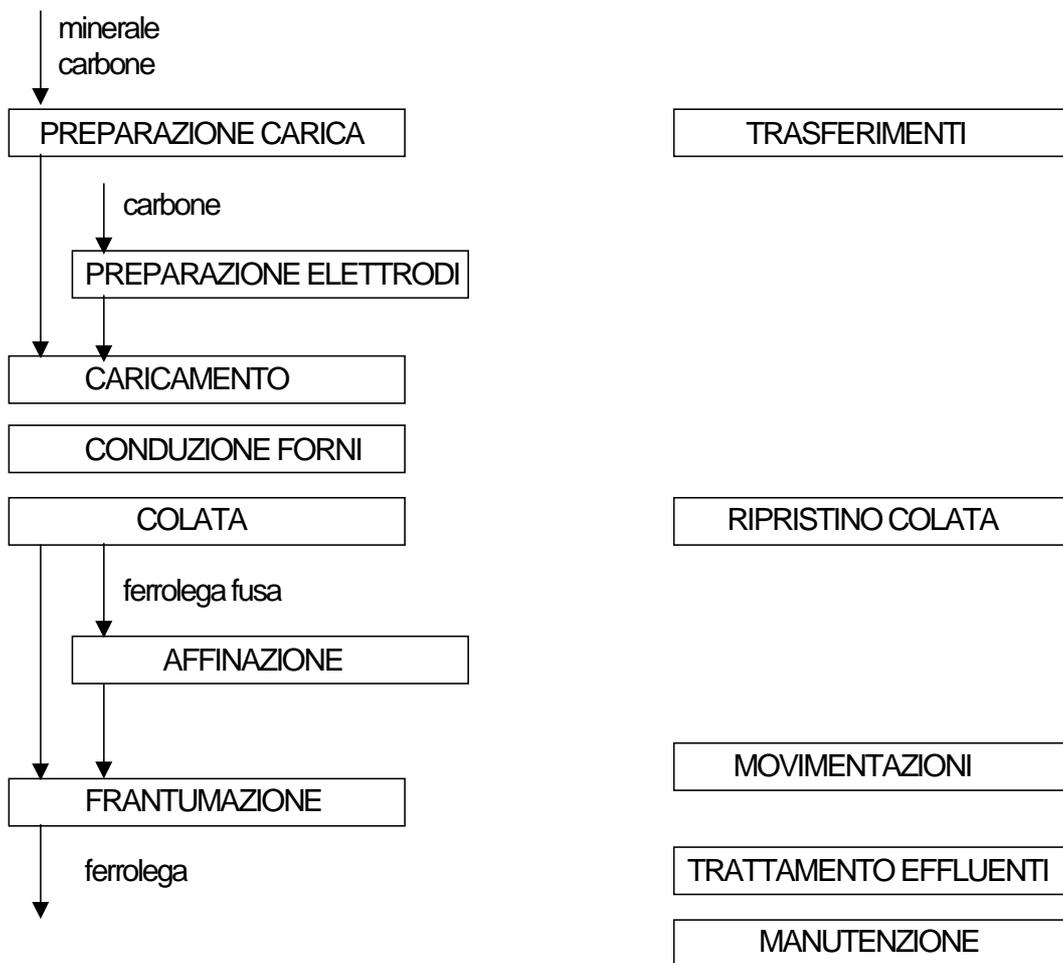
Si è ritenuto importante distinguere due gruppi di lavorazioni:

- a sinistra sono allineate le lavorazioni realizzate in sequenza destinate a trasformare i minerali e le altre cariche in ferroleghie: 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 coinvolgono in misura impegnativa soprattutto le fasi di lavorazione connesse al ripristino degli impianti e delle attrezzature dopo la colata: queste attività ausiliarie si riferiscono anche a *eventi non ripetitivi* (realizzati spesso 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.

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.

Figura 2. Schema a blocchi produzione ferroleghie



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 1.

Tabella 1. Materie prime, materiali ausiliari, sottoprodotti, prodotti del comparto ferroleghie

Materie prime <i>Materiali ausiliari ed energetici</i>	Sottoprodotti	Prodotti
PREPARAZIONE CARICA PREPARAZIONE FERROLEGA		
minerali minerali fini da vagliatura ferroleghie fini da vagliatura scorie da produzione ferroleghie (riciclo interno) polveri da abbattimento (riciclo interno) <i>coke metallurgico</i> quarzo spatofluore scaglia di ferro dolomite pasta elettrodica ricicli interni da produzioni carburate e affinate <i>Ossigeno</i> <i>Argon</i> <i>Polveri di copertura</i> <i>refrattar</i>	loppa scoria	Ferrolega carburata Ferrolega affinata (temperatura, composizione, inclusioni nei parametri di colata)
TRATTAMENTO SOTTOPRODOTTI		
Loppa Polveri (fumi) <i>Acqua</i>	Colaticci, croste (riciclo interno)	Loppa granulata Polveri da abbattimento (<i>pellets</i>) (riciclo interno)
PREPARAZIONE PRODOTTO FINITO		
Ferroleghie solidificate <i>Energia elettrica</i> <i>i</i>	Fini da vagliatura	Ferroleghie frantumate

2.3. Fattori di rischio lavorativo

Nonostante alcune specificità produttive diverse fra azienda e azienda, è possibile considerare il comparto ferroleghie con una configurazione omogenea e confrontabile del processo.

Figura 2. Sintesi dei principali rischi riferiti alle diverse fasi di lavorazione

MANSIONI	RISCHI PRINCIPALI							
	POLVERI, FUMI, GAS, VAPORI	RUMORE	VIBRAZIONI	AGENTI ATMOSFERICI	CALORE	FATICA SFORZI FISICI	LAVORO A TURNI	RITMI ELEVATI LAVORI PERICOLOSI
PREPARAZIONE M.P.	*	*	*	*				
PREPARAZIONE ELET.	*				*			
CARICA FORNO	*	*			*		*	*
COLATA	*	*	*		*	*	*	*
LAVORAZ. MECC.	*	*	*					*
IMPIANTI DEPOLVER.	*	*		*		*		
MANUTENZIONE	*	*	*	*	*	*	*	*
GRUISTI	*	*					*	*

Nell'attività di produzione ferroleghie sono individuabili numerosi fattori di rischio di varia natura.

La sintesi riportata nella Tabella 2 non elenca tutti i rischi, ma seleziona solo quelli che si sono rilevati come evidenti nelle indagini condotte e ha la funzione di indicare le priorità di rischio presenti nel comparto.

In particolare, per quanto concerne i rischi infortunistici, si è fatto riferimento alle indagini sistematiche condotte per più anni nelle aziende del comparto della Valle Camonica, riferito a tre realtà produttive.

L'organizzazione del lavoro osservata nelle unità produttive indagate dipende in misura rilevante da alcune configurazioni impiantistiche inserite nell'area di colata e di raccolta del materiale fuso, che si ripercuote in particolare, sull'intensità e gravosità delle operazioni di ripristino da effettuare al termine di ogni ciclo di spillaggio.

In questo settore non si è osservata la presenza di personale esterno con la medesima incidenza delle altre lavorazioni metallurgiche. Nessuna lavorazione coinvolta dal normale funzionamento dell'attività produttiva vede impiegato personale esterno, che circoscrive la sua presenza ad alcune attività di manutenzione e ovviamente di ristrutturazione.

Per quanto concerne l'attività di ristrutturazione e di installazione si determina un profilo di rischio tipico dell'attività di costruzione, che rimandiamo a documenti più specifici, e all'attività di funzionamento degli impianti, realizzato in genere con modalità che vedono affiancato il personale esterno e i dipendenti che dovranno poi condurre le nuove installazioni.

Rischi di tipo trasversale

Con questa definizione vengono considerati i rischi per la sicurezza e la salute da ricondurre, in termini sintetici, al rapporto tra l'operatore e l'organizzazione del lavoro.

Per il comparto ferroleghie alcuni di questi assumono un ruolo evidente.

Stabilità della propria occupazione

Questo comparto ha subito recenti e significativo ridimensionamento occupazionale, legato sostanzialmente alla scelta di affidare all'importazione l'approvvigionamento dei materiali ottenuti dal comparto, quanto meno per una quota significativa del consumo interno.

Lavoro in continuo, sistema di lavoro a turni, lavoro notturno

Il lavoro con continuità temporale determina una condizione di stress.

Nelle situazioni osservate l'attività di produzione ferroleghie viene condotta con turnazioni continue riferite all'intera settimana (21 turni/ settimana). Il sistema di lavori a turni e il lavoro notturno sono determinati dalle modalità di lavorazione continua.

Nel comparto esaminato si è osservato in prevalenza una modalità di turnazione particolare, che prevede 24 ore di riposo successivo a ogni turno di lavoro: questa modalità comporta il continuo cambiamento del turno a ogni rientro lavorativo, in alternativa al tradizionale modo di cambiamento del turno con modalità settimanale.

Intensità e responsabilità della mansione

Nell'attività di produzione ferroleghie sono state osservate condizioni di impegno con caratteristiche fortemente divergenti e anche opposte. Comunque in questo comparto è risultato fortemente prevalente un profilo di impegno lavorativo che prevede numerose operazioni da effettuare manualmente e che comporta un significativo impegno fisico.

Condizioni climatiche esasperate

Nell'attività di produzione ferroleghie si è in presenza di calore radiante significativo: vanno sottolineati in particolare gli interventi preliminari allo spillaggio, di conduzione della colata e soprattutto di ripristino dei campi e dei canali di colata da effettuare in condizioni anche di elevato stress termico che si sovrappone all'elevato metabolismo richiesto da queste operazioni.

Problematiche omogenee con il comparto siderurgia

Le caratteristiche qualificanti del settore, dal punto di vista dei rischi e delle problematiche ambientali, sono assimilabili a quelle del più esteso comparto siderurgico: infatti si ritrovano operazioni e condizioni di lavoro paragonabili a quelle presenti nella siderurgia integrale, in particolare per quanto concerne il trattamento delle materie prime e le operazioni di colata, nella siderurgia elettrica, nonché situazioni di lavoro ora non più presenti nel contesto industriale italiano, quali la conduzione dei forni Martin-Siemens.

Il forno impiegato per la produzione di ferroleghie è del tipo ad arco-resistenza. La produzione di leghe di manganese e di cromo a basso tenore di carbonio viene realizzata mediante processi di affinazione del metallo fuso, che utilizzano il forno elettrico ad arco, cioè la tipologia impiantistica normalmente utilizzata per la produzione dell'acciaio.

Le tecniche di bussaggio e di colata, nonché delle successive operazioni di tappatura, ripristino e trattamento della scoria, sono assimilabili a quelle adottate per la produzione di ghisa all'altoforno.

Le lavorazioni meccaniche effettuate sul metallo presentano invece le problematiche tipiche del settore dei materiali da costruzione.

A questo settore e alla siderurgia integrale per la produzione di ghisa da minerale, si può fare riferimento per inquadrare le problematiche concernenti la preparazione della carica nell'industria delle ferroleghie.

Infine i rischi derivanti dall'utilizzo di elettrodi continui ad autocottura (tipo Soderberg) sono riscontrabili anche nell'industria primaria dell'alluminio, dove si utilizzano elettrodi dello stesso tipo.

Visto la ridotta estensione del comparto ferroleghie, negli anni passati si è evidenziata l'opportunità di fare riferimento a questi comparti per avere termini di confronto in merito ai rischi e all'esposizione degli addetti,

nonché per valutare la possibilità di trasferire soluzioni di contenimento dei rischi stessi.

Ci si è chiesti cioè se quanto realizzato per l'intera siderurgia e nell'industria di trasformazione delle materie prime fosse possibile trasferire e adottare anche nel più ristretto ambito delle condizioni di lavoro del comparto ferroleghie per contenere i rischi lavorativi e l'impatto esterno.

Criteri e priorità di intervento

Le indagini condotte e l'esame della letteratura consentono di affermare che:

1. le conoscenze rispetto ai rischi lavorativi e agli effetti sulle persone sono sostanzialmente acquisite;
2. l'origine dei rischi interni ed esterni è comune, almeno per quanto concerne gli aspetti più rilevanti.

Le problematiche che emergono osservando il ciclo produttivo delle ferroleghie devono essere organizzate secondo criteri, con l'obiettivo di individuare relative priorità di intervento.

In termini sintetici è stato possibile individuare, per le condizioni di lavoro esaminate nell'ultimo periodo disponibile (1990-95), alcune valutazioni riferibili all'intero comparto:

- condizioni di lavoro tendenzialmente pesanti, in quanto gravose operazioni e pesanti movimentazioni venivano effettuate senza ausilio di sistemi meccanici; già si è ricordato che le condizioni del settore in via di estinzione nel contesto italiano, hanno nella realtà fermato qualunque significativa innovazione, in particolare rivolta al contenimento dei rischi in ambiente di lavoro;
- il ruolo della formazione manteneva elevati spazi di intervento, soprattutto per quanto concerne la conoscenza di rischi specifici (per esempio metalli) e la conoscenza di fenomeni critici per la sicurezza (per esempio esplosioni da vapore).

I parametri di cui tenere conto sono numerosi.

Diffusione dell'esposizione

I rischi determinati dalla lavorazione coinvolgono cittadini esterni all'insediamento e addetti interni.

Si può osservare che, per quanto concerne i rischi di incidente rilevante, la legislazione italiana (DPR 175/88 e segg.) ritenga di dover prioritariamente tutelare la popolazione esterna.

Intensità dell'esposizione

In base agli standard ambientali confrontati con i fattori di emissione per l'esterno, e alle concentrazioni accettabili in ambiente di lavoro è possibile costruire una mappa degli esposti.

Fattibilità tecnologica

Questo criterio potrebbe consentire di distinguere le soluzioni semplici e quelle meno semplici, determinando una naturale sequenza di intervento.

Fattibilità economica

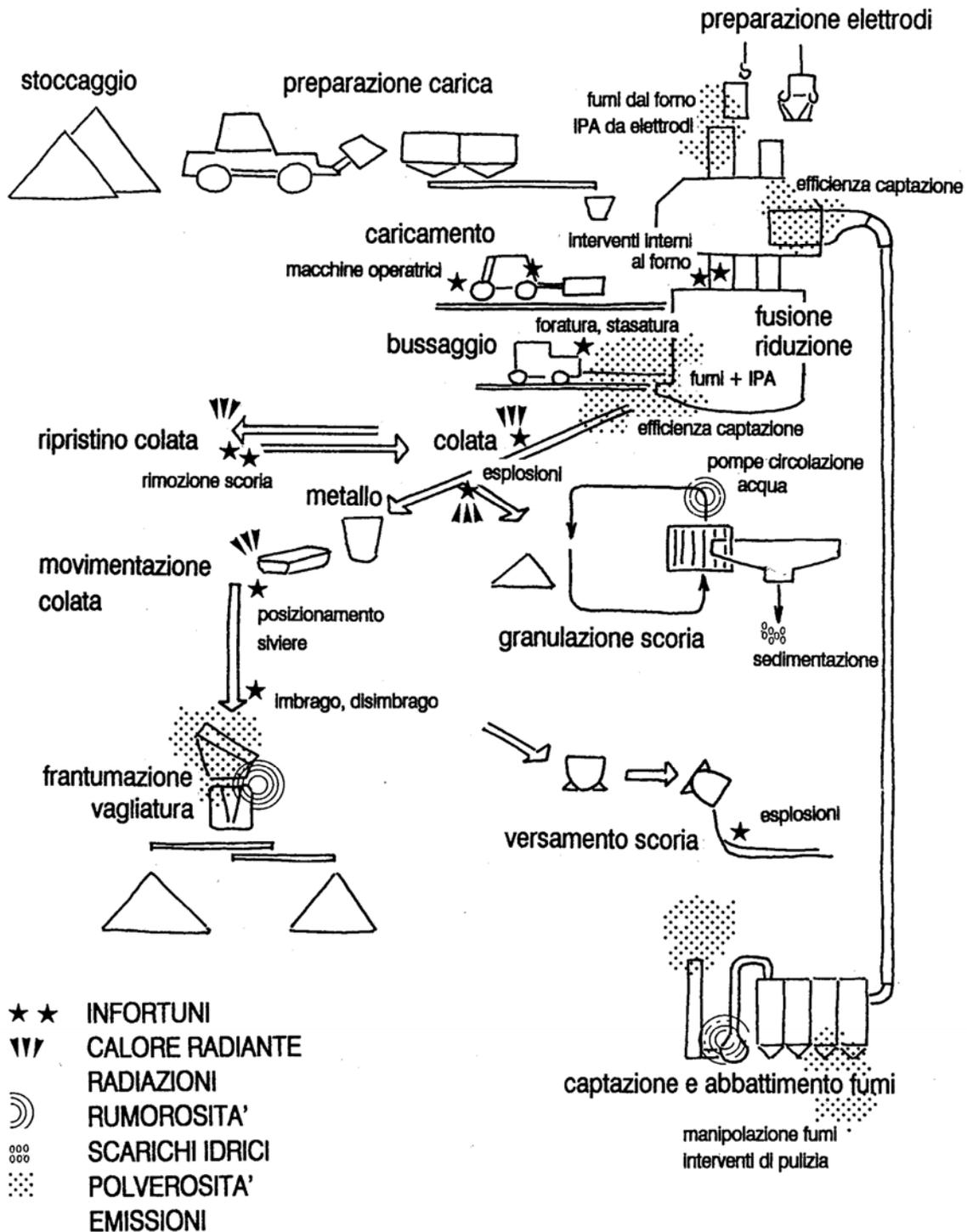
I costi richiesti dagli interventi vanno confrontati con i benefici che ne derivano.

2.4. Impatto e rischio ambientale

In Figura 3 vengono visualizzate in maniera sintetica e affiancata le evidenze di rischio lavorativo e di impatto ambientale, che emergono dalle diverse esperienze.

Di seguito queste evidenze vengono discusse, riportando alcune valutazioni con riferimento alle priorità, alla legislazione che le regola e alle tecnologie disponibili per un loro contenimento.

Figura 3. Ciclo produttivo delle ferroleghie
Evidenze dell'ambiente di lavoro e dell'impatto ambientale



Aerodispersi

- importanza: centrale
- legislazione: esistente e adeguata per regolare l'abbattimento dell'emissione canalizzata
insufficiente per regolare la captazione, con conseguenze negative soprattutto per l'ambiente di lavoro
- tecnologie: disponibili per l'abbattimento (sistemi a secco, sistemi misti, abbattimento a umido ad alta efficienza)
complesse per la captazione delle emissioni secondarie
- controllo: obiettivo generalmente perseguito per le emissioni primarie
obiettivo non conseguito per la captazione delle emissioni secondarie in alcune tipologie impiantistiche

Emissioni rumorose

- importanza: primaria e secondaria
deriva da impianti tecnologici (frantoi) e da impianti ausiliari (impianti di aspirazione, scambiatori di calore, sistemi di pompaggio, ecc.)
- legislazione: esistente
- tecnologie: disponibili intervenendo innanzitutto con adeguata localizzazione degli impianti rumorosi ed eventualmente con insonorizzazione

Scarichi idrici

- importanza: secondaria
scarichi da impianti di raffreddamento e granulazione della scoria (non c'è effluente diretto da processo produttivo): presenza di metalli
- legislazione: esistente
- tecnologie: disponibili
sedimentazione, riciclo acque di raffreddamento e di granulazione scoria

Fumi

- importanza: primaria o secondaria
in funzione della necessità di effettuare il riciclo delle polveri abbattute, cioè stoccaggio, manipolazione, interventi di manutenzione e pulizia, che comportano ingresso in condotti, assorbimento di CO, formazione di carbonili
- legislazione: esistente per quanto concerne stoccaggio e smaltimento
ma inadeguata a verificare l'entità dei ricicli effettuati
sottovalutata, in genere, l'esposizione degli addetti che conducono le lavorazioni;
manutenzione e pulizia spesso effettuate da personale esterno
- tecnologie: disponibili per controllo dell'impatto sull'ambiente
da perfezionare per mitigare l'esposizione degli addetti.

PRODUZIONE FERROLEGHE

CAPITOLO 3 ANALISI DEI RISCHI, DANNI E PREVENZIONE

- 3.1. Trasferimenti**
- 3.2. Preparazione carica. Preparazione elettrodi**
- 3.3. Caricamento e conduzione forni. Colata e ripristino**
- 3.4. Frantumazione e spedizione**
- 3.5. Manutenzioni e lavori ausiliari. Movimentazioni e stoccaggi**
- 3.6. Analisi rischi e interventi riferiti a tutte le fasi**

3.1. Trasferimenti

FASI SPECIFICHE

Trasferimenti a terra in reparto
Salita e discesa scale/ dislivelli in reparto
Salita e discesa da carroponte
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 infortunistica sviluppata per il comparto produzione ferroleghie rappresentano il 6% del totale.

Rischi di natura infortunistica

Tabella 1. Trasferimenti. Evidenze infortunistiche riferite a indagine di comparto

TRASFERIMENTI

5 infortuni	trasferimenti a terra in reparto
2	salita e discesa da carroponte
1	trasferimento in bicicletta

Un gruppo di 8 infortuni, sul totale di 142, costituisce una bassa percentuale (6 %) se confrontata con quella che si registra in altri settori metallurgici.

Fattori di rischio prevalenti

strutture e spazi (4 casi)

pavimentazione sconnessa (2 casi)

progressione con scarsa attenzione (3 casi)

Prevenibilità

Per tutti gli infortuni si è valutata una prevenibilità di semplice attuazione

Ripetizioni

fase: trasferimento a terra in reparto (11)

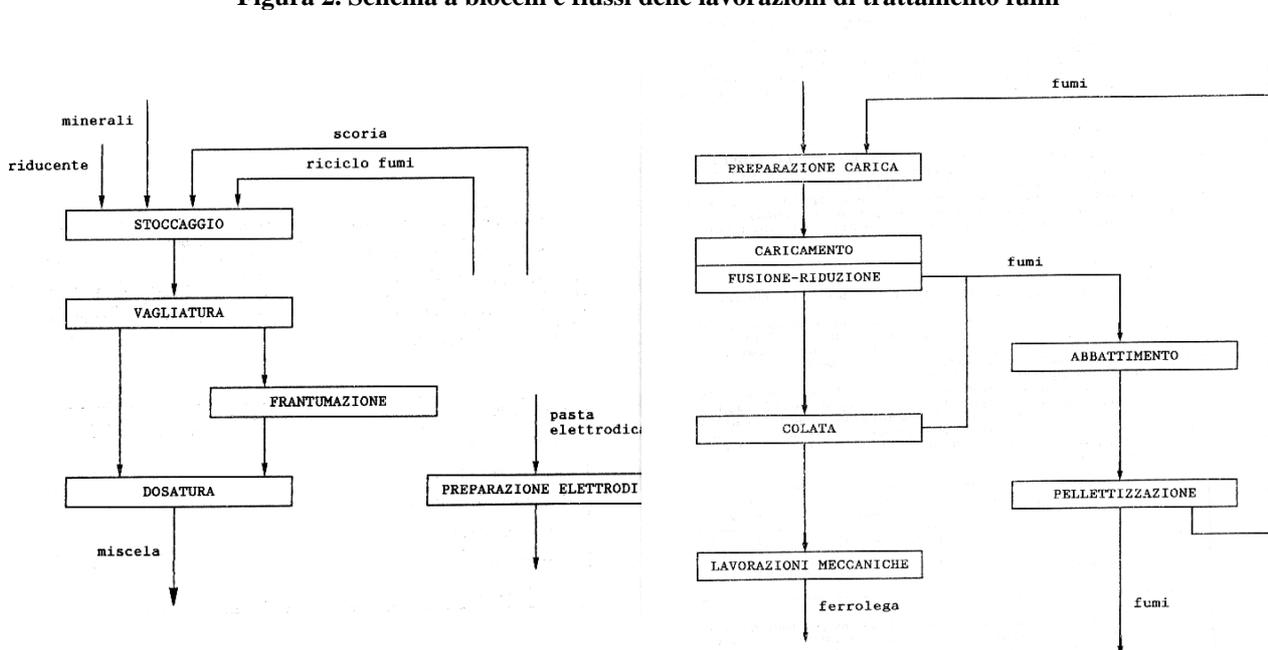
modalità: inciampo/scivolamento in piano (22)

4 infortuni

3.2. Preparazione carica. Preparazione elettrodi

FASI DI LAVORAZIONE SPECIFICHE
Stoccaggio
Frantumazione, vagliatura
Essiccazione, calcinazione
Movimentazione
Pesatura, miscelazione
Conduzione impianto pellettizzazione fumi
Riciclo fumi
Calandratura camicie
Saldatura camicie
Caricamento pasta elettrodica

Figura 1. Schema a blocchi e flussi delle lavorazioni implicate nell'area preparazione
 Figura 2. Schema a blocchi e flussi delle lavorazioni di trattamento fumi



Le materie prime giungono allo stabilimento trasportate con autocarri o vagoni ferroviari e stoccate in cumuli all'aperto, in box e sili. I materiali vengono vagliati e le pezzature più grosse frantumate; quindi, trasportati con mezzi meccanici o tramite nastri, vengono alimentati ai sili di stoccaggio dell'impianto cariche, con il quale gli addetti tramite nastri, tramogge e celle di pesatura preparano le cariche dei forni.

Figura 3. Scarico minerale. Figura 4. Parco materie prime



Figura 5. Figura 6. Operazioni di gestione stoccaggio, frantumazione e vagliatura



Gli elettrodi impiegati sono continui del tipo Söderberg. Sono formati da una camicia di lamiera, che funge da contenitore periferico, riempita di pasta elettronica. Le camicie sono preparate mediante calandratura ed elettrosaldatura. La preparazione dell'elettrodo viene effettuata direttamente sopra forno, a un livello superiore individuato come piano camicie, saldando la camicia sull'elettrodo sottostante. La camicia viene quindi riempita con la pasta elettronica.

È stato introdotto anche l'uso di elettrodi preformati, dove la cottura è stata effettuata in specifici forni, eliminando le operazioni di preparazione in loco dell'elettrodo e di distillazione della maggiore quota di elementi bassobollenti dall'impasto di coke e catrame.

Figura 7. Camicie in lamiera. Figura 8. Elettrodo preformato



Le fasi del ciclo di lavorazione ferroleghie ove sono presenti emissioni sono: essiccazione del minerale, fusione-riduzione, bussaggio, spillaggio, raccolta e raffreddamento. Queste fasi possono essere in vario modo presidiate da captazioni primarie e secondarie. I fumi vengono filtrati in impianti a maniche. La polvere, previa eventuale pellettizzazione, viene reimpressa nella carica.

Si possono configurare sistemi a riciclo continuo, oppure sistemi che prevedono periodici smaltimenti, in relazione alle concentrazioni di alcuni metalli presenti nelle polveri.

Mansioni della fase

Mansione	Posizione di lavoro	Operazione
Addetti alla movimentazione materie prime	A terra / su macchina operatrice	Hanno il compito di trasportare le materie prime mediante benna o pala.
Gruista	Cabina carroponte	Svolge il compito di riempire le tramogge di carica.
Addetti impianto di frantumazione	In cabina	Hanno il compito di sorvegliare il funzionamento del frantoio e di intervenire in caso di incagli.
Addetti calandratura camicie	Officina	Effettuano la piegatura delle lamiere
Addetti saldatura camicie	Officina / piano camicie	Effettuano la puntatura delle lamiere dopo la piegatura e successivamente la saldatura delle camicie sull'elettrodo, direttamente sopra il forno.
Addetti pasta elettronica	Piano camicie	Hanno il compito di riempire l'elettrodo con la pasta elettrodica.
Addetti conduzione impianto abbattimento e pellettizzatore	Cabina	Hanno il compito di sorvegliare il funzionamento dell'impianto, di condurre la pellettizzazione dei fumi e di provvedere alla movimentazione degli stessi.
Addetti alla manutenzione	Varie	Hanno il compito di effettuare interventi di riparazione o ripristino dell'impianto.

Impianti, macchine, attrezzature

Pala gommata, carroponte, tramogge, frantoi
Impianto di vagliatura e miscelazione
Calandra, puntatrice, saldatrice ad elettrodo, paranco

Il parco materie prime è collocato generalmente all'aperto, anche se in alcuni casi i materiali sono stoccati all'interno di capannoni.

Il fondo dei piazzali è privo di pavimentazione; in alcuni casi il terreno si presenta sconnesso.

I carroponte sono dotati di cabina di lavoro.

L'impianto di vagliatura e miscelazione delle cariche è dotato di cabina di stazionamento, anche se gran parte dell'attività viene svolta al di fuori di questa.

Rischi di natura infortunistica

Transito autocarri
Operazioni di disincaglio e ripristino del frantoio
Interventi di controllo presso impianto miscele
Caduta dentro i box di stoccaggio delle materie prime
Contatti con parti in tensione: elettrodi
Impiego di macchine utensili: calandra e simili
Movimentazione benne con paranco per caricamento pasta elettrodica
Movimentazione e allungamento elettrodi preformati

L'analisi degli infortuni effettuata presso 3 aziende nel periodo 1989–1992 ha portato a discutere con gli interessati e i rappresentanti delle aziende e dei lavoratori tutti gli infortuni con gravità superiore a 3 giorni, con la finalità di ipotizzare le soluzioni preventive. Le informazioni considerate sono state le seguenti:

- numero di giorni di assenza dal lavoro
- natura e sede della lesione
- reparto in cui si è verificato l'evento
- mansione dell'infortunato

- fase lavorativa
- modalità di accadimento
- fattori di rischio, suddivisi nei seguenti gruppi: Strutture e spazi, Condizioni ambientali, Impianti e macchine, Movimentazione meccanica, Attrezzature e utensili, Manutenzione, Procedure organizzative, Dispositivi di Protezione individuale
- prevenibilità.

Le evidenze che emergono dall'analisi degli infortuni occorsi nell'area preparazione sono riportate in Tabella 2. Gli elementi emersi consentono di orientare le priorità degli interventi.

Nelle fasi di *Preparazione carica* e *Preparazione elettrodi* si evidenziano infortuni durante gli interventi presso l'impianto di miscelazione e pesatura per controlli e disincagli in posizioni pericolose.

In queste fasi si è rilevata una elevata incidenza del fattore di rischio *Strutture e spazi* e carenti *procedure organizzative* (si veda Figura 44 nel successivo paragrafo 3.6).

Tabella 2. Preparazione carica. Preparazione elettrodi. Evidenze infortunistiche riferite a indagine di comparto

PREPARAZIONE CARICA	
PREPARAZIONE ELETTRODI	
1 infortunio	preparazione carica
4	operazioni/controlli presso impianto miscele
3	movimentazione cariche
1	approvvigionamento pasta elettrodica
Fattori di rischio prevalenti	
<u>procedure organizzative (4 casi)</u>	
informazioni carenti rispetto ai rischi (2 casi): in un caso l'operatore utilizza pala con benna bagnata per caricare minerale essiccato provocando una proiezione del minerale stesso; nell'altro caso si tratta di operatore, appena assunto, che esegue per la prima volta l'operazione in area pericolosa	
<u>strutture e spazi (4 casi)</u>	
pavimentazione con insufficiente pulizia (2 casi)	
Prevenibilità	
Per due infortuni non si conoscono sufficienti elementi	
Per tutti gli altri sette si è valutata la possibilità di prevenire con semplici interventi, soprattutto di tipo tecnico	
Ripetizioni	
<i>fase: operazioni presso impianto miscele (25)</i>	
<i>modalità: urto in piano (22)</i>	
2 infortuni	

Gli interventi

Buona parte degli infortuni è stata giudicata prevenibile con l'adozione di semplici interventi tecnici e organizzativi:

- migliore formazione dei neo assunti
- utilizzo di materiali e attrezzature perfettamente asciutti in presenza di materiali ad elevata temperatura.

Rischi di natura igienico ambientale

I lavoratori addetti all'area materie prime e agli impianti fumi sono esposti agli agenti atmosferici.

I mezzi meccanici impiegati espongono a rumore e a vibrazioni che interessano soprattutto la colonna lombare. È presente una significativa polverosità condizionata dalle caratteristiche dell'area che può essere aperta o parzialmente chiusa.

Con riferimento a indagini ambientali condotte in anni passati, si pone il problema di dare significato a concentrazioni ottenute con metodi ritenuti ora superati.

Per rileggere i dati riferiti alle “polveri totali” in termini di “frazione inalabile”, tenendo conto dei primi studi comparativi condotti in ambiente industriale, vengono suggeriti i seguenti fattori di conversione:

per processi a caldo (fusione e raffinazione metalli, ecc.): fattore di conversione 1,5;

polveri derivanti da manipolazione materie prime, frantumazione: 2,5;

saldatura, fumi: 1,0.

In estrema sintesi: i sistemi di prelievo adottati per le “polveri totali” sono sostanzialmente sovrapponibili ai sistemi di prelievo delle “polveri inalabili” per quanto riguarda le particelle di dimensioni più fini, mentre non restituiscono pienamente la tossicità che deriva dalle particelle di dimensioni più elevate.

Tabella 3. Preparazione carica. Abbattimento fumi. Inquinanti aerodispersi

Posizione/ Addetto	n. prelievi	PT GM mg/m ³	PT GSD	FR GM mg/m ³	FR GSD
FRANTOIO	3	22.97	1.90		
	3			2.04	2.66
FRANTOIO (anche frantoio fermo)	4	12.87	3.57		
	4			1.76	2.35
TRAMOGGE CARICA	5	13.50	2.27		
	5			3.32	1.45
TRAMOGGE (anche nastri fermi)	7	7.64	2.54		
	7			2.70	1.59
ADDETTO FRANTOIO	4			1.06	3.41
IMPIANTO FUMI	7	1.82	1.98		
PELETTIZZATORE	7	22.17	1.46		
	7			3.73	1.57
MANUTENTORE FUMI	6	20.18	1.72		
	4			2.23	2.41
PALISTA	4	2.70	2.65		
MANUTENTORE MECCANICO	4	5.52	1.45		

Per quanto riguarda gli aerodispersi, misure di area hanno rilevato valori di polverosità totale da un minimo di 1,90 mg/m³ a un massimo di 32,99 mg/m³; misurazioni effettuate con campionatore personale durante le operazioni di manutenzione dell’impianto di abbattimento fumi hanno rilevato valori di polverosità totale da 4,32 fino a 48,56 mg/m³; la frazione respirabile varia da 0,04 a 3,18 mg/m³.

Per quanto riguarda l’esposizione a rumore i dati a nostra disposizione indicano valori di Leq superiori a 90 dB(A) determinati dall’impianto di aspirazione. Le esposizioni personali degli addetti dell’area indicano:

- capoturno: Leq = 83,8 dB(A);
- palista: Leq = 86,2-87,3 dB(A);

Figura 9. Fumi dei forni che interessano l’area di carica

Figura 10. Tramogge di caricamento forni: intervento in prossimità delle celle di carico



I rischi connessi alla preparazione degli elettrodi sono i rischi della saldatura, a cui si aggiunge l'esposizione ai fumi provenienti dal forno con la presenza di IPA generati dalla distillazione di idrocarburi dagli elettrodi. In situazioni con inadeguata aspirazione di fumi primari la zona di preparazione elettrodi è direttamente esposta a queste emissioni in concentrazioni elevate.

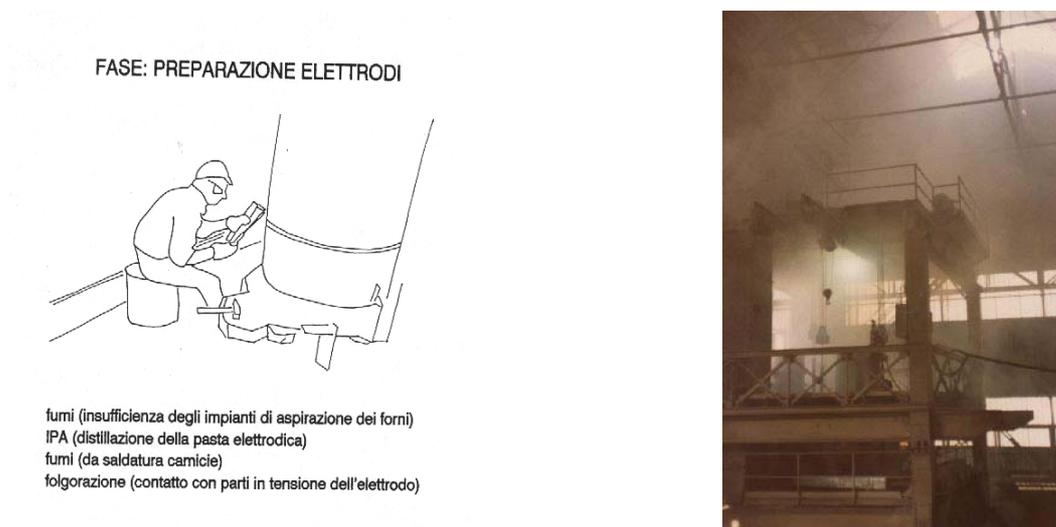
Tabella 4. Preparazione elettrodi. Inquinanti aerodispersi

Posizione/ Addetto	n. prelievi	PT GM mg/m ³	PT GSD	Pb mg/m ³
OFFICINA CAMICIE	4	0.81	1.62	
MONTAGGIO CAMICIE	4	3.53	1.61	
SALDATORE CAMICIE	4	3.80	2.34	0.10-0.40
CARICATORE PASTA	4	4.90	1.15	

I dati, con impianto dotato di efficace aspirazione, evidenziano anche il rischio di inalazione di piombo per i saldatori camicie. Per completare si ricorda che la pasta elettronica è composta da antracite, carbone, pece e catrame; pertanto le emissioni diffuse del forno hanno anche questi componenti. Un altro fattore di rischio è l'esposizione ad alte temperature.

Figura 11. Preparazione camicie elettrodi: rischi diretti e indiretti

Figura 11bis. Fumi dei forni che interessano l'area di preparazione e allungamento elettrodi



Tenendo conto del lay-out delle lavorazioni, nell'area di preparazione carica trovano collocazione normalmente gli impianti di abbattimento fumi, che possono essere reimmessi nei forni per la loro riduzione. Questa area vede quindi presenti per la maggioranza del tempo di esposizione gli addetti e i manutentori degli impianti fumi.

Tabella 5. Area fumi. Inquinanti aerodispersi

Posizione/ Addetto	n. prelievi	PT GM mg/m ³	PT GSD	FR GM mg/m ³	FR GSD
IMPIANTO FUMI	7	1.82	1.98		
PELLETTIZZATORE	7	22.17	1.46		
	7			3.73	1.57
MANUTENTORE FUMI	6	20.18	1.72		
	4			2.23	2.41

Figura 12. Area materie prime e impianti di abbattimento

Figura 12bis. Posizione di intervento dei manutentori fumi per lo stoccaggio provvisorio di maniche



Rischi di natura trasversale

Il lavoro viene svolto prevalentemente in solitudine.

Appalto a ditta esterna

Nessuna ditta esterna

Riferimenti legislativi

D.P.R. n° 547/55:

- art. 8: pavimenti e passaggi
- art. 10: protezione aperture tramogge
- art. 11: posti di lavoro del frantoio non protetti
- art. 15: spazi esigui nel reparto frantumazione e miscele.
- art. 16: scale fisse non conformi
- art. 27: mancanza di parapetti su tramogge e linea ferroviaria sopraelevata
- art.28: insufficiente illuminazione piazzale stoccaggio.
- Art. 41: mancanza protezione volano frantoio.
- art. 47: rimozione protezioni reparto miscele
- art. 55: mancanza protezioni cinghie di trasmissione dei nastri dell'impianto miscele
- art. 80: avviamento su impianto miscele
- art. 82: dispositivo di blocco su impianto miscele
- art. 132: dispositivi di sicurezza calandra

- art. 224: segnalazione vie di circolazione
- art. 267: quadri elettrici aperti.
- Art. 281: camicie elettrodi non protette
- art. 318: lampade elettriche portatili utilizzate su impianto miscele
- Art. 344: saldatura camicie elettrodi con parti in tensione
- art. 374: carente manutenzione delle attrezzature e degli impianti elettrici

D.P.R. N° 303/56:

- art. 20: mancanza aspirazione fumi su saldatrice
- art. 21: polverosità piazzali stoccaggio materie prime e frantoio.
- art. 16: mancanza raccolta acque di pioggia

D. Lgs. N° 277/91

- art. 41: insufficienti provvedimenti riduzione del rumore sul frantoio materie prime

3.3. Caricamento e conduzione forni. Colata e ripristino

FASI DI LAVORAZIONE SPECIFICHE

Caricamento e stoccaggio forni

Manovra e sorveglianza

Operazioni realizzate in platea, compresa pulizia

Foratura (bussaggio)

Stasatura manuale e conduzione della colata

Tappatura

Movimentazione della colata liquida (siviera), solida (vasche, siviere, paiole)

Ciclo della scoria

Ripristini e pulizia canali, vasche, pozzetti

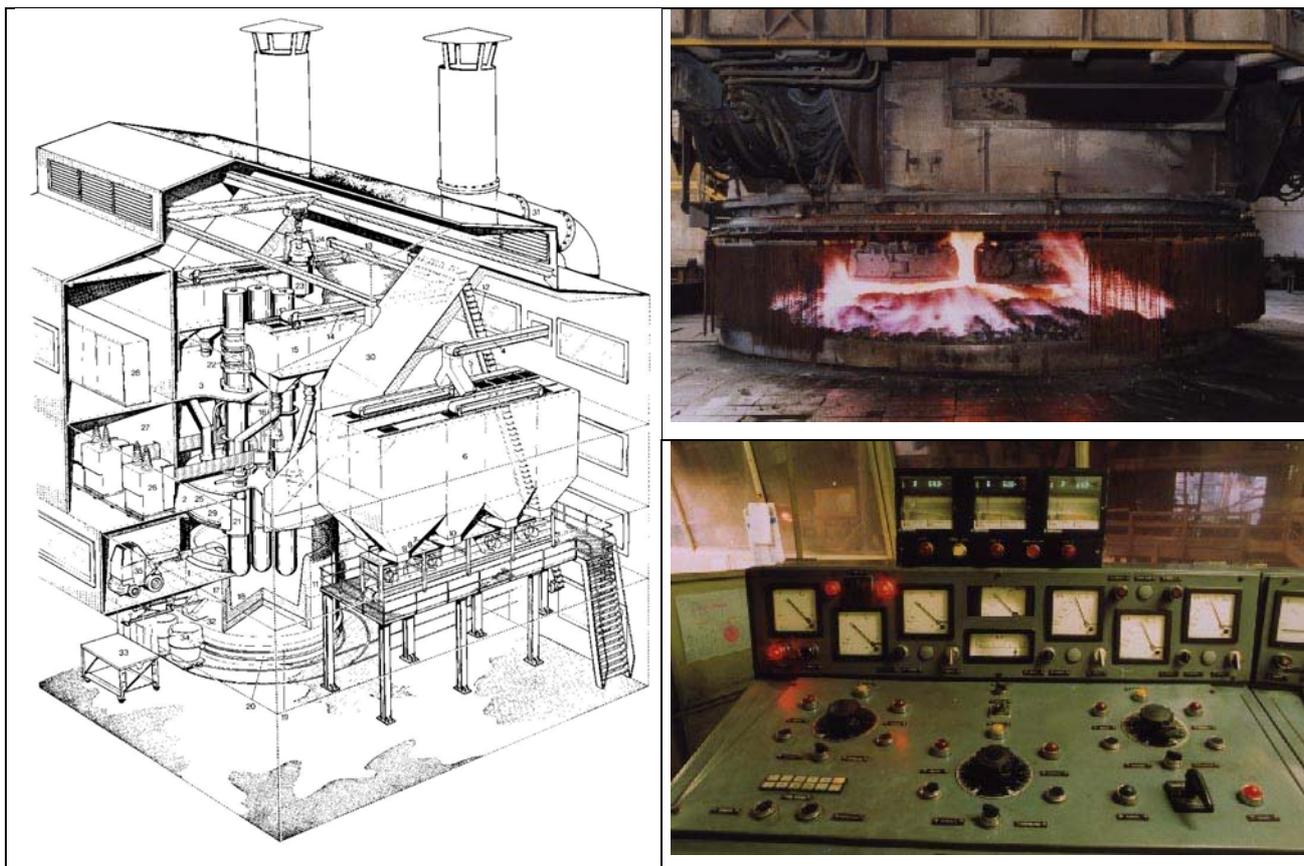
Produzione ferroleghie affinate

I forni per la produzione delle ferroleghie sono forni ad arco resistenza; il diametro del forno ne definisce la capacità. Nella configurazione prevalente si tratta di forni aperti con tre elettrodi. Il loro funzionamento è continuo con periodiche cariche e spillaggi di metallo e scoria per mantenere una situazione stazionaria di funzionamento.

Senza considerare il piano di inserimento elettrodi, si distinguono un piano di carica e un piano di colata posti a livelli diversi.

Figura 13. Tipico forno di riduzione ad arco-resistenza in cui si individuano i diversi livelli di intervento

Figura 14. Piano di carica (platea forno). Figura 15. Sala quadri



Mediante l'uso di pale meccaniche il materiale viene prelevato dai silos e tramogge e caricato nei forni; quindi viene sistemato nel forno con l'impiego di macchine stoccatrici. L'operazione di carica può essere automatica, direttamente in forno e comandata dalla cabina di controllo. In questo caso l'impiego delle macchine operatrici di platea risulta quindi limitato alle operazioni di stoccaggio.

Figura 16 Prelievo della carica. Figura 17. Operazione di stoccaggio



Lo spillaggio della ferrolega fusa avviene periodicamente con cicli di 2 – 4 ore. Durante la colata vengono eseguite le seguenti operazioni.

Bussaggio: apertura del foro di colata mediante la perforazione del forno con un perforatore meccanico. L'apertura del foro di colata può essere effettuato anche con l'impiego di lancia a ossigeno.

Questa operazione viene effettuata da piano colata oppure su piattaforma rialzata se il livello di colata prevede l'inserimento di siviere e quindi ha maggiore dislivello.

Figura 18. Bussaggio: apertura del foro di colata con perforatore

Figura 19. Bussaggio: apertura del foro di colata con lancia a ossigeno

Figura 20. Bussaggio: apertura del foro di colata con perforatore montato su macchina operatrice



Conduzione della colata: lo spillaggio della colata viene agevolato mediante interventi manuali o con macchine operatrici. Il metallo si separa dalla scoria per differenza di peso specifico in un pozzetto separatore per sfioramento oppure direttamente in vasche o siviere di raccolta. In questo caso la scoria, più leggera, fuoriesce dal primo contenitore per decantazione e viene raccolta in una paiola. Dopo il raffreddamento si rende necessaria una ulteriore separazione della ferrolega dalla scoria, separazione che viene effettuata per frantumazione e per cernita manuale. Nel primo caso, invece, il metallo e la scoria seguono percorsi diversi e non sono necessarie altre operazioni di separazione. In alternativa la colata avviene mediante due fori posti a livelli diversi del forno: dal foro posto più in alto viene eseguito lo

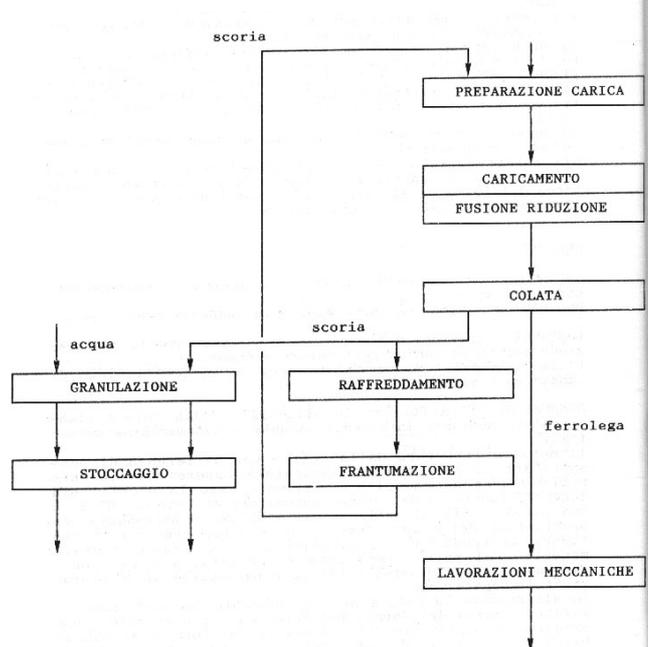
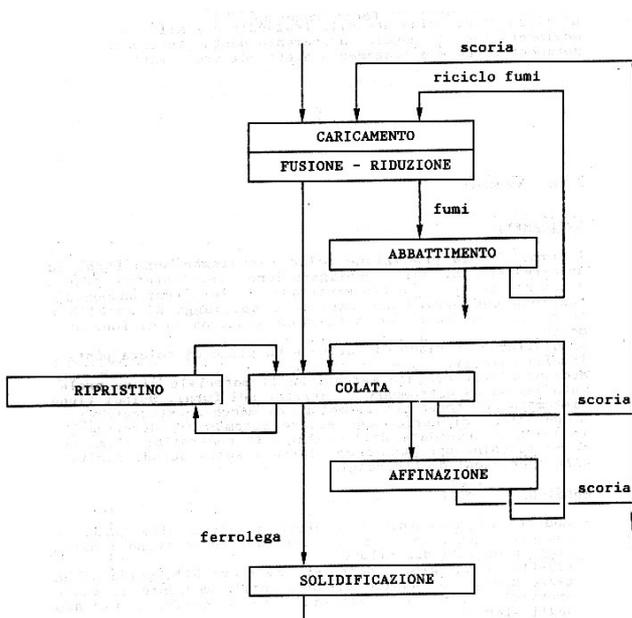
spillaggio della scoria e dal foro posto più in basso lo spillaggio del metallo; con questa tecnica di spillaggio le colate avvengono alternativamente nel tempo. Tappatura: terminato lo spillaggio viene eseguita la chiusura del foro di colata con massa a tappare. L'operazione avviene meccanicamente. La ferrolega, dopo una prima solidificazione, viene raccolta e avviata alla frantumazione.

Trasporto della colata: nel caso il metallo sia raccolto in siviere o paiole, si procede a movimentazione con carrozzone. Quando si utilizzano le vasche di raccolta il metallo viene ricavato in pezzature di diverse dimensioni, da raccogliere e imbragare per poterle avviare alla frantumazione.

Figura 21. Colata. Interventi manuali sui canali di colata
Figura 22. Figura 23. Riempimento di siviere e vasche con ferrolega



Figura 24. Schema a blocchi e flussi delle lavorazioni effettuate in area forni
Figura 25. Schema a blocchi e flussi delle lavorazioni implicate dalla scoria

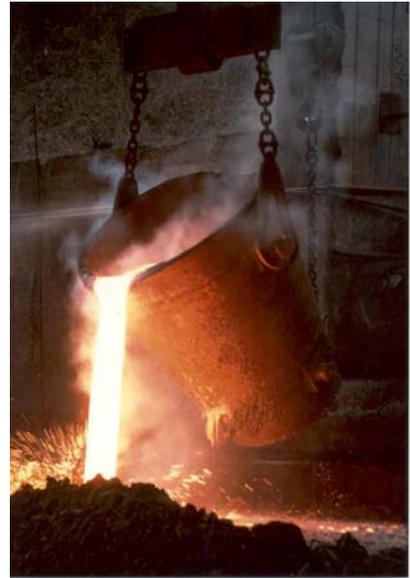


La scoria può subire diversi trattamenti.

- Viene granulata direttamente in acqua e trasportata direttamente allo stoccaggio.
- Viene raccolta in paiole eversata ancora liquida.
- Viene raccolta in paiole e, dopo raffreddamento, frantumata e stoccata.

Dopo la frantumazione, viene reimpressa nella carica nel caso di interessanti tenori di metallo presenti nella scoria stessa.

Figura 26. Figura 27. Granulazione della scoria in acqua
Figura 28. Travaso della scoria raccolta in siviera



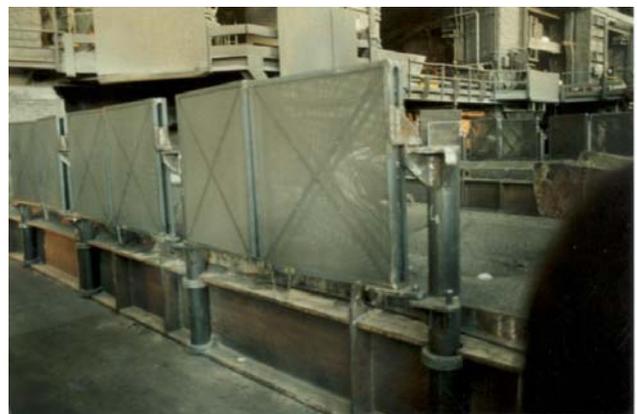
Ripristini e pulizia

Dopo ogni colata si rendono necessarie le operazioni di pulizia e rifacimento dei canali e di ripristino del foro di colata. Generalmente si procede a rivestimento dei canali con polveri fini della ferrolega in alternativa si utilizzano tradizionali canali rivestiti di materiale refrattario e ricoperti da sabbia quarzosa e polveri fini della ferrolega. Periodicamente si rende necessario il ripristino dei refrattari. Le vasche in ghisa, in cui si raccoglie il metallo, vengono a loro volta rivestite con polveri fini della ferrolega, per permettere una più agevole estrazione del metallo solidificato.

Il ripristino viene effettuato esclusivamente con modalità manuali, oppure con l'ausilio di macchine operatrici e carroponte: il vincolo per il loro impiego è generalmente dovuto agli spazi carenti.

Figura 29. Ripristino canali di colata.

Figura 30. Vasca di colata ripristinata con schermi per interventi di stasatura da effettuare durante la colata



Le ferroleghe affinate vengono prodotte in forno elettrico ad arco.

Il minerale prima di essere caricato viene essiccato. La colata viene effettuata dopo circa due ore di fusione. Lo spillaggio avviene in siviera, mediante avanzamento del forno per potere ribaltare in siviera nella campata di colata. Il prodotto viene colato in vasche e *girelle* (contenitori circolari mantenuti in rotazione durante la colata), raffreddato e frantumato.

La scoria invece subisce fuori forno trattamenti di miscelazione con ferrolega fusa carburata. Questa miscela, dopo scorificazione, va a far parte della carica del forno di affinazione.

Figura 31. Schema a blocchi e flussi delle lavorazioni implicate nella preparazione delle ferroleghe affinate

Figura 32. Preparazione ferroleghe affinate: caricamento minerale essiccato e colata in girelle

Figura 33. Preparazione ferroleghe affinate:

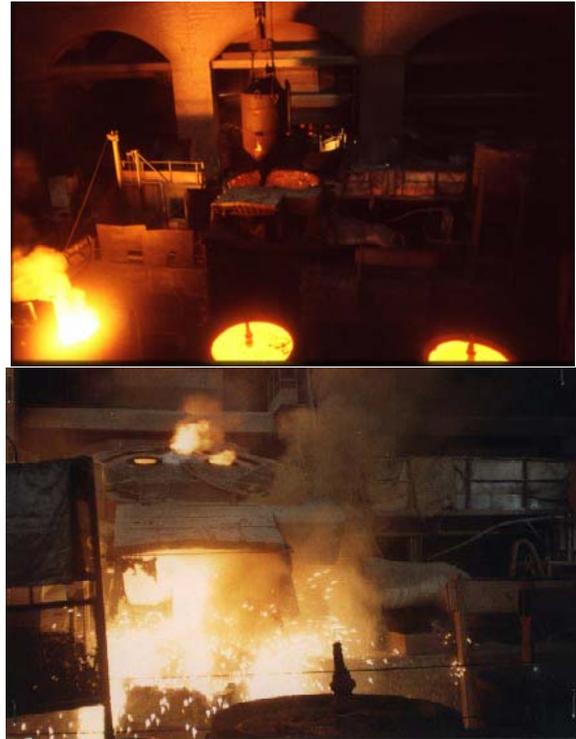
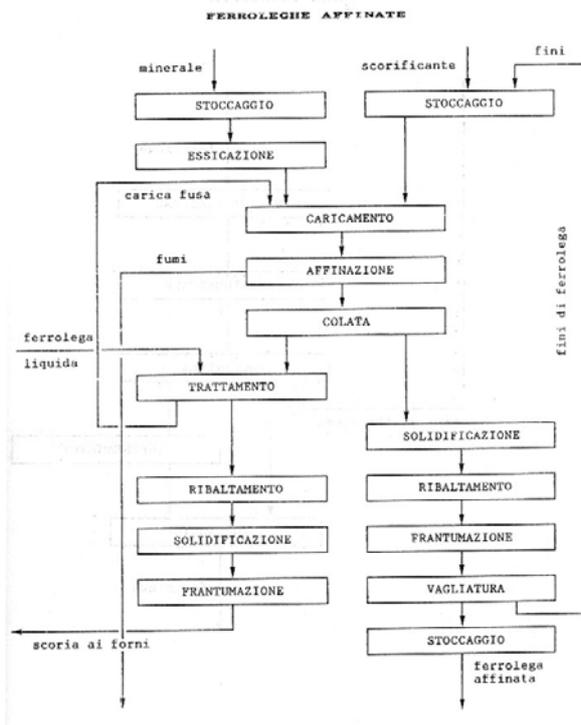


Figura 34. Figura 35. Preparazione ferroleghe affinate: colata e solidificazione in siviere e girelle



Mansioni della fase

Mansione	Posizione di lavoro	Operazione
Addetto al caricamento	su pala meccanica	Carica direttamente in forno i materiali prelevati dai silos
Addetto stoccaggio	Su macchina stoccatrice	Provvede a riporre i materiali della carica a ridosso degli elettrodi
Addetti al bussaggio	A terra	Eseguono il foro di colata mediante l'utilizzo di perforatori meccanici e lancia ad ossigeno
Addetti conduzione colata	A terra	Hanno il compito di governare la colata agevolando lo spillaggio mediante interventi di distasatura del forno. Controllano ed intervengono manualmente nei pozzetti di separazione per favorire il deflusso del metallo e della scoria.
Addetti tappatura	A terra	Hanno il compito di chiudere il foro di colata con massa a tappare.
Addetti pulizia e ripristini	A terra	Puliscono il foro e i canali dai resti della colata e ripristinano i rivestimenti delle vasche e dei canali

Impianti, macchine, attrezzature

Pala meccanica, stoccatrice

Perforatrice meccanica ad aria compressa; lancia ad ossigeno; tappatrice

Carroponte

Rischi di natura infortunistica

Gli infortuni nella fase di carica sono connessi principalmente al rischio di investimento da materiali incandescenti provenienti dalla bocca del forno e dal rischio di investimento per la circolazione di caricatrici e stoccatrici.

I principali rischi presenti nella fossa di colata sono legati alla movimentazione delle ferroleghie, della scoria e di eventuali cariche liquide nei processi di affinazione.

Pericoli di investimenti dei materiali fusi durante le operazioni di bussaggio, separazione e conduzione in genere della colata. Particolarmente pericoloso appare il pozzetto di separazione della ferroleghia dalla scoria; la sua conduzione manuale prevede l'intervento dell'addetto sia durante il flusso del materiale fuso che immediatamente dopo la colata per il ripristino.

Pericoli di esplosione per il contatto fra materiali a diverse temperature, in particolare si evidenziano le esplosioni legate al contatto dei materiali fusi con l'acqua utilizzata per la granulazione della scoria.

Infine i rischi connessi al rifacimento canali, operazioni manuali eseguite in condizioni ambientali estreme (calore, polvere) con notevoli sforzi fisici.

Le evidenze che emergono dall'analisi degli infortuni occorsi nell'area sono riportate in Tabella 6.

Gli elementi emersi consentono di orientare le priorità degli interventi.

- Le macchine operatrici non sono protette rispetto alla proiezione di materiali e mal realizzate per la salita e discesa dell'operatore.
- Interventi all'interno del forno (più frequenti laddove non esistono dispositivi idraulici per il serraggio delle placche portacorrente).

In questa fase risaltano i fattori di rischio legati alle Condizioni Ambientali e al gruppo Impianti e Macchine (si veda Figura 44 nel Paragrafo 3.6).

Tabella 6. Caricamento e conduzione forni. Evidenze infortunistiche riferite a indagine di comparto

CARICAMENTO E CONDUZIONE FORNI

6 infortuni	caricamento e stoccaggio forni
1	sorveglianza forni
1	pulizia platea
1	ripristino refrattario del forno
2	allungamento colonne elettrodo

Fattori di rischio prevalenti

impianti e macchine (11 casi)

posizioni di lavoro senza condizioni di sicurezza (6 casi): si evidenziano sulla macchina operatrice (schermi inadeguati), in platea, all'interno del forno per intervento di serraggio delle pinze per allungamento elettrodi complessiva inadeguatezza della tecnologia in uso (2 casi) da riferire alla necessità di intervento all'interno del forno per allungamento elettrodi condizioni di processo non controllabili (2 casi), che determinano soffiaggi dal forno

componenti di macchina mal realizzati (2 casi): si tratta di pala caricatrice non dotata di agevole scaletta di discesa

condizioni ambientali (6 casi)

elevato calore radiante (5 casi)

strutture e spazi (3 casi)

posizione di lavoro inadeguata come collocazione (2 casi): sempre riferita all'intervento all'interno del forno

Prevenibilità

8 infortuni sono stati giudicati prevenibili con semplici interventi tecnici (schermi adeguati e scaletta di discesa dalla macchina operatrice, protezione percorso di accesso alla cabina quadri, uso di attrezzo che evita l'ingresso in forno)

Per due infortuni si ipotizza un complesso adeguamento impiantistico

Ripetizioni

fase: caricamento e stoccaggio forni (41)

modalità: investimento da parte di materiale ustionante (33)

2 infortuni

fase: caricamento e stoccaggio forni (41)

modalità: scendendo da macchina operatrice (21)

2 infortuni

Per quanto concerne la fase di Colata le evidenze infortunistiche sono riportate in Tabella 7.

Si segnalano le seguenti fasi critiche:

Bussaggio: qualora venga realizzato con utensile perforatore sostenuto dall'operatore in posizione poco protetta; inoltre esiste il rischio di ustioni dovute ai ritorni di fiamma a causa di lance mal realizzate.

Stasatura.

Gestione del pozzetto di separazione metallo / scoria effettuata in posizione scarsamente protetta.

Nelle fasi di colata si evidenziano i seguenti fattori di rischio (si veda Figura nel Paragrafo 3.6:

- Condizioni Ambientali, principalmente legate all'elevata esposizione a calore radiante,
- Impianti e macchine, per le posizioni di lavoro non protette;
- Strutture e Spazi, zone poco agibili;
- Attrezzature e Utensili, lance e bucafori;
- Dispositivi di protezione Personale, principalmente non adeguati per queste operazioni.

Le evidenze riferite al Ripristino Colata sono inserite in Tabella 8.

Tabella 7. Colata. Evidenze infortunistiche riferite a indagine di comparto

COLATA

3 infortuni	operazioni di colata (non meglio precisate)
8	foratura
5	stasatura manuale
9	conduzione pozzetto separatore / scorifica
1	tappatura
1	prelievo provino

Fattori di rischio prevalenti

elevato calore radiante, emissioni di fumo e polveri (18 casi)

impianti e macchine (16 casi)

posizione di lavoro senza condizioni di sicurezza, mancanza di schermi (13 casi): questo rischio si individua al bussaggio, durante la conduzione della colata, del pozzetto di separazione e della scorifica, e anche nella tappatura condizioni di processo non controllabili (2 casi): nelle circostanze di due infortuni durante conduzione della colata e durante granulazione

mezzi di protezione personale (14 casi)

mezzi forniti, ma non adeguati (8 casi): operazioni di foratura, colata e pulizia effettuati con occhiali non adeguati alla specifica protezione

mezzi forniti, non utilizzati correttamente (2 casi)

attrezzature e utensili (9 casi)

materiali non idonei, attrezzi deteriorati (4 casi): utilizzo di sabbia quarzosa di granulometria non idonea, attrezzi utilizzati per tirare la colata sporchi di olio o di acqua

valvola di non ritorno della lancia a ossigeno mal posizionata (3 casi)

strutture e spazi (5 casi)

percorsi di accesso alle posizioni di lavoro pericolosi (3 casi): la conduzione della colata, con gli inconvenienti che possono verificarsi, rende non sicure alcune aree circostanti (zona tappatura, comandi aspirazione)

procedure organizzative (4 casi)

procedure non applicate (3 casi): operazione di foratura, assistenza alla granulazione, impiego della lancia a ossigeno condotti non correttamente

Prevenibilità

17 infortuni dei 27 relativi alla fase di colata sono stati valutati prevenibili con semplici adeguamenti, in particolare adeguamenti tecnici (14 casi): si tratta principalmente dell'adozione di idonee protezioni personali, poi introdotti, o di schermi adeguati; 6 casi richiedono la modifica di componenti della lancia o la modifica di strutture adiacenti la zona di colata.

In altri 6 infortuni si è valutato che l'esclusione dell'infortunio richieda, o abbia richiesto, complesse modifiche impiantistiche o tecnologiche (5 casi). Infine in 3 casi, concernenti la pulizia del pozzetto di separazione metallo-scoria, non si sono formulate soluzioni definitive, ma solo ipotesi per la prevenzione

Ripetizioni

fase: foratura (51)

modalità: investimento da parte di materiale ustionante (33)

3 infortuni

fase: foratura (51)

modalità: investimento da parte di ritorno di fiamma (34)

3 infortuni

fase: stasatura manuale (52)

modalità: investimento da parte di materiale ustionante (33)

5 infortuni

fase: conduzione pozzetto di separazione (53)

modalità: investimento da parte di materiale ustionante (33)

8 infortuni

Tabella 8 Ripristino colata. Evidenze infortunistiche riferite a indagine di comparto

RIPRISTINO COLATA

16 infortuni	pulizia bocchetta colata, canali, pozzetto separazione
2	raccolta scoria canali
3	pulizia e ripristino pozzetto di sicurezza
3	pulizia e ripristino vasca e siviera
2	posizionamento siviera vuota

Fattori di rischio prevalenti

elevato calore radiante (19 casi)

mezzi di protezione personale (12 casi)

mezzi forniti, ma non adeguati (6 casi): l'utilizzo di mezzi inadeguati non proteggeva l'addetto durante l'operazione di pulizia

mezzi forniti, non utilizzati o utilizzati non correttamente (5 casi)

impianti e macchine (10 casi)

posizione di lavoro senza condizioni di sicurezza (9 casi), senza idonee protezioni o sopra strutture a elevata temperatura

strutture e spazi (8 casi)

posizioni di lavoro inadeguata come collocazione (4 casi), tale da rendere maggiormente pericolosa l'operazione

interferenza fra zona deposito vasche e altre operazioni (2 casi)

procedure organizzative (7 casi)

procedure mancanti (5 casi), definite successivamente per le operazioni di pulizia canale e di deposito scoria

attrezzature e utensili (6 casi)

protezioni della fossa di colata inadeguate (2 casi)

sabbia quarzosa non idonea (2 casi)

mancanza di scalotto per l'accesso alle vasche (2 casi)

Prevenibilità

In 17 situazioni si sono ipotizzati provvedimenti di semplice attuazione (corretta applicazione delle norme in 5 casi, adeguamento procedurale in 2 casi, adeguamento tecnico in 9 casi).

Per 8 infortuni si individuano complessi adeguamenti, determinati principalmente dal lay-out dell'area di colata, dalla impossibilità di utilizzare carroponte in quanto sotto platea forni e dal congestionamento della zona.

Ripetizioni

fase: pulizia bocchetta o canale (58)

modalità: proiezione di materiale (14)

4 infortuni

fase: pulizia canale (58)

modalità: pulviscolo negli occhi (15)

2 infortuni

fase: ripristino vasca o canale (58)

modalità: caduta durante la discesa (21)

3 infortuni

fase: ripristino canale, posizionamento siviera (58)

modalità: caduta in fossa (27)

2 infortuni

fase: pulizia canale o pozzetto separazione (58)

modalità: investimento da parte di materiale ustionante (33)

4 infortuni

fase: pulizia canale (58)

modalità: caduta pezzi in operazioni di movimentazione manuale (41)

3 infortuni

fase: asportazione e maneggio scoria (58)

modalità: contatto con materiale tagliente (44)

3 infortuni

Il 18% degli infortuni avviene in questa fase principalmente durante la rimozione della scoria solidificata dai canali, pozzetti, vasche, effettuate con modalità manuali, imposte da una disposizione degli impianti che non consente l'impiego di mezzi meccanici, questo tipo di infortunio non si verifica con l'adozione di canali di deflusso in ghisa. Si evidenziano inoltre cadute in fosse o buche durante il posizionamento delle siviere dovute al difficoltoso disimbrago in presenza di protezioni insufficienti.

I fattori di rischio che risaltano in questa fase sono (si veda Figura 44 nel Paragrafo 3.6):

- Condizioni ambientali, per il calore elevato;
- Impianti e Macchine, per le posizioni di lavoro non protette;
- Attrezzature e Utensili, per raspe bagnate, umide o fredde;
- DPI non adeguati alle operazioni di pulizia e in alcuni casi forniti ma non utilizzati.

Rischi di natura igienico ambientale

Gli *addetti alla carica dei forni* sono esposti ai seguenti fattori di rischio:

- Temperatura elevata e radiazioni infrarosse per la presenza nel forno di materiali incandescenti.
- Rumore prodotto soprattutto dai mezzi meccanici.
- Polveri e fumi derivanti dalle emissioni diffuse e non captate e dai gas di scarico dei mezzi.

La conduzione del forno può richiedere l'ingresso all'interno del forno stesso per l'esecuzione di regolazione delle placche portaelettrodo nel caso di assenza o disfunzione dei sistemi di serraggio idraulico e di interventi di sostituzione dei componenti guasti (sistemi di raffreddamento ecc. ecc.). In questi casi gli addetti, insieme ai manutentori, operano in condizioni estreme.

I lavoratori *addetti alla colata* e a tutte le operazioni che si svolgono nella fossa di colata sono esposti a diversi fattori di rischio, tutti rappresentati in modo significativo.

Innanzitutto ricordiamo la fatica fisica. Le operazioni in fossa sono per lo più operazioni manuali che richiedono uno sforzo fisico notevole. L'uso di perforatori pneumatici comporta il rischio da vibrazioni per il sistema mano – spalla, ma anche una esposizione a rumore (Tabella 9).

Tabella 9. Area forno e area colata. Esposizione a rumorosità

Posizione/ Addetto	Leq dB(A) range	
Area carica	76.2	87.2
Area carica + macchine stoccatrici e caricatori	83.1	93.3
Area fossa di colata	73.6	87.3
Area fossa + spillaggio e bussaggio	84.5	102.7
Capoturno		83.8
Palista	86.2	87.3
Addetto forno	84.5	87.4

Tutte le operazioni in fossa si svolgono in un ambito microclimatico sfavorevole, condizioni che sono determinate prevalentemente dalla disposizione della fossa, dagli spazi disponibili e dalla ventilazione. Durante la colata il calore è intenso per la presenza di metallo e scoria fusi; durante le altre operazioni perché le vasche contenenti la ferrolegha rimangono in fossa fino al parziale raffreddamento. Altri fattori di rischio sono rappresentati dalle radiazioni infrarosse, abbagliamenti e sbalzi di luce dovuti alla colata incandescente.

Figura 36. Preparazione ferrolegha affinate: controllo della colata. Figura 37. Schermi di protezione



Le fasi più critiche per le emissioni di inquinanti aerodispersi sono il caricamento e il bussaggio – spillaggio. La presenza di emissioni diffuse e non captate è dovuta a:

- tipologia del forno (aperto);
- efficienza dell'impianto di captazione
- parti dell'impianto non presidiate da captazioni (canali di colata, vasche).

Tabella 10. Composizione (%) degli aerodispersi rilevati nei reparti produzione ferroleghie

Area	SiO ₂ (*)	Fe ₂ O ₃ (**)	MnO (**)	PbO (**)	CaO (**)
Preparazione carica	5.4	3.2	17.2	0.7	nr
Abbattimento fumi	<1 – 1.0	4.5	21.4	1.6	nr
Preparazione camicie	<1	3.6	17.1	4.0	nr
Carica forni ferroleghie carburate	<1 – 1.0	nr	17.9 – 19.0	2.0 – 2.6	2.7
Fossa ferroleghie carburate	<1 – 1.5	nr	15.2 – 26.8	1.1 – 7.3	4.2
Ferroleghie affinate	<1 – 3.6	nr	13.4 – 19.3	0.3 - 0.7	6.5
Frantumazione	<1 – 10.5	8.5	50.0	0.2	nr
Rifacimenti refrattari	<1 – 1.5	nr	12.1	0.4	5.5

nr non rilevato

(*) composizione riferita alla frazione respirabile

(**) composizione riferita alla polvere totale

Tabella 11. Preparazione ferroleghie carburate e ferroleghie affinate. Inquinanti aerodispersi

Posizione/ Addetto	n. prelievi	PT GM mg/m ³	PT GSD	FR GM mg/m ³	FR GSD	GM Mn mg/m ³	GM Pb mg/m ³
AREA CARICA CARBURATE							
Nastri carica forni carburate	4	5.28	1.65				
Cabina quadri forni carburate	4	0.77	1.16			11	2
Carica forni carburate	8	2.93	1.24			409	57
	4			1.66	1.23		
Addetto carica forni carburate	8	2.67	1.58			370	53
AREA COLATA CARBURATE							
Fossa ferroleghie carburate	8	4.61	2.30			640	85
	4			1.83	1.34		
Capoturno	6	1.53	1.37				
Addetto fossa carburate	3	2.52	1.14			420	57
	9			1.95	1.54		
Manutentore di area	4	3.67	1.99				
Gruista ferroleghie	6	2.54	1.40				
AREA FERROLEGHE AFFINATE							
Cabina forno	3	2.75	1.28				
Quadrata	3	3.24	2.13				
Carica forno affinate	4	5.09	1.32			710	38
Fossa ferroleghie affinate	4	3.92	1.81			547	25
Addetto fossa affinate	8	3.90	1.71			500	20

La presenza di manganese e di piombo, questo ultimo proveniente dalle polveri abbattute che vengono riciclate in carica ai forni per la produzione di ferroleghie carburate, costituiscono un importante elemento di rischio per tutta l'area. La presenza di impianti di frantumazione nelle immediate vicinanze della fossa di colata comporta ulteriore polverosità dovuta all'attività di frantumazione e per le necessarie movimentazioni. Nell'area di spillaggio e di colata delle ferroleghie possono essere introdotti sistemi di presidio (si veda scheda), per i quali è stato possibile apprezzare un contenimento del rischio dovuto ai fumi: in particolare nella fossa di colata ferroleghie carburate si è registrata una riduzione del valore medio di polvere totale da 4.61 a 1.91 mg/m³ e della sua variabilità. Anche per la fossa ferroleghie affinate si osserva una riduzione da 3.92 a 1.95 mg/m³, che si accompagna alla riduzione dell'esposizione anche per l'addetto fossa da 3.90 a

2.32 mg/m³: questo contenimento è stato conseguito con l'inserimento di una gru dotata di cappa connessa alla struttura, in grado di captare in maniera localizzata nella zona di travaso della ferrolegha dalla siviera sostenuta da carroponte alle vasche di solidificazione.

Oltre a quanto elencato in tabella ricordiamo anche le emissioni di IPA nell'area di colata derivanti dall'utilizzo per la tappatura di massa refrattaria mista a pece.

Gli *addetti alla produzione di ferroleghhe affinate* sono esposti ai rischi già elencati per le ferroleghhe carburate; inoltre si evidenzia l'esposizione ai fumi derivanti dai prolungati trattamenti della lega effettuati fuori forno ed in particolare dall'insufflazione.

Appalto a ditta esterna

Nessuna ditta esterna.

Riferimenti legislativi

D.P.R. n° 547/55:

- art. 8: pavimenti e passaggi
- art. 10: protezione canali scoria, aperture fossa della calce
- art. 11: cabina forno e bussaggio esposti a investimento materiale fuso
- art. 27: protezioni platea di carica
- art.28 - 29: insufficiente illuminazione reparto carica forni.
- art. 75: schizzi di materiale incandescente durante il bussaggio
- art. 77: comandi caricatrici e stoccatrici
- art. 186: posti di lavoro sottoposti a carichi sospesi.
- art. 267: quadri elettrici aperti.
- Art. 182: mancanza di protezione delle pale caricatrici e stoccatrici
- Art. 233: organi di comando forno affinazione
- Art. 263: carenti protezioni sui forni e nelle operazioni di bussaggio, spillaggio e scarificazione
- Art. 264: investimento da materiale fuso
- Art. 293: linee elettriche alta tensione
- Art. 340: cabine elettriche incustodite
- Art. 366: trasporto pericoloso metallo fuso
- art. 374: carente manutenzione di: dispositivi di sicurezza; scale e impianto aspirazione ferroleghhe affinate; mancanza di controllo temperatura pinze elettrodi; cabine carroponti incustodite;
- art. 375: manutenzione carroponte con rischio di caduta dall'alto
- art. 381: casco di protezione
- art. 385: idonei DPI
-

D.P.R. N° 303/56:

- art. 10: illuminazione carica forni insufficiente
- art. 11: temperature elevate alla carica e in fossa di colata
- art. 20: aspirazione fumi primari e scarichi motori diesel pale caricatrici e stoccatrici; aerodispersi in fossa di colata
- art. 21: polverosità reparto carica forni e fossa di colata
- art. 22: esposizione a calore radiante e radiazioni luminose.

D. Lgs. N° 277/91

- Art. 41: rumore caricatrici, stoccatrici e bussaggio forno.

Interventi

Gran parte degli infortuni avvenuti nella fase di carica sono stati giudicati prevenibili con semplici interventi tecnici (schermi adeguati e scaletta di discesa dalla macchina operatrice, superamento delle interferenze fra

macchine operatrice e pedoni nelle vie di circolazione interne, uso di attrezzo specifico che evita l'ingresso in forno)

Nella fase di colata sono stati valutati prevenibili con semplici adeguamenti tecnici metà degli eventi accaduti (adozione di idonei DPI o schermi); il 22% con modifica dei componenti della lancia o con la modifica di strutture adiacenti la zona di colata.

Nel 23% dei casi si è valutato che l'infortunio sia evitabile con l'adozione di complesse modifiche impiantistiche o tecnologiche (in alcuni casi realizzate); infine, nel 10 % dei casi, concernenti la pulizia del pozzetto di separazione metallo – scoria, non si sono formulate soluzioni definitive, ma solo ipotesi per la prevenzione.

Nel 65% degli infortuni avvenuti durante il ripristino della colata si sono ipotizzati provvedimenti di semplice attuazione (corretta applicazione delle norme, adeguamento procedurale e adeguamento tecnico); nel 31% dei casi si individuano complessi adeguamenti, determinati principalmente dal lay-out dell'area di colata, dalla impossibilità di utilizzare il carroponete in quanto l'area si trova sotto la platea forni e dal congestionamento della zona.

Nel 35% degli infortuni avvenuti durante la movimentazione della colata si valuta una prevenzione realizzata con semplici adeguamenti principalmente tecnici. Nel 53% degli eventi si è valutato che una movimentazione sicura delle vasche implichi un complesso adeguamento impiantistico, a causa degli spazi insufficienti e delle strutture utilizzate per il trasporto.

COMPARTO Fase di lavorazione Operazione specifica TIPOLOGIA INFORTUNIO TIPOLOGIA RISCHIO	FERROLEGHE Colata ferrolega Controllo deflusso e raspatura scoria Investimento da parte di materiale ustionante CALORE RADIANTE
Modalità di accadimento Mansioni coinvolte	Durante le operazioni di apertura del foro di spillaggio, di agevolazione del flusso e di raspatura della scoria, operazioni effettuate direttamente dagli operatori che agiscono lateralmente ai canali Addetti fossa
Interventi	Inserimento di schermi di coibentazione incernierati alla base delle vasche di colata per proteggere gli operatori, da proiezione di materiale e da calore radiante, durante il deflusso del materiale fuso e per potere successivamente intervenire per la pulizia e il ripristino delle vasche di colata
Schemi, disegni, fotografie	Commenti a schemi, disegni, fotografie
	Vasca di raccolta della ferrolega prima dell'inserimento degli schermi di mitigazione da calore radiante per gli addetti che intervengono durante il deflusso con raspe manuali
	Schermi mobili incernierati per consentire le operazioni di ripristino successivamente alla solidificazione

COMPARTO Fase di lavorazione Operazione specifica TIPOLOGIA RISCHIO	FERROLEGHE Colata ferrolega Controllo deflusso e raspatura scoria INQUINANTI AERODISPERSI
Interventi	Inserimento di aspirazione e di canalizzazione mobile, tramite pistone, per permettere le successive operazioni di pulizia e di ripristino del canale di colata
<p>Schemi, disegni, fotografie</p> <p>Nelle immagini sono mostrate cappe fisse, collocate in particolare in corrispondenza al pozzetto separatore fra metallo e scoria, e cappe mobili tramite pistoni a funzionamento meccanico, collocate lungo i canali per consentire, previo sollevamento, le successive operazioni di ripristino dei canali stessi</p> <div style="display: flex; flex-wrap: wrap;">      </div>	

3.4. Frantumazione e spedizione

FASI DI LAVORAZIONE SPECIFICHE

Movimentazione ferrolega solidificata (cassoni, benne, ecc.)

Frantumazione

Vagliatura

Infustaggio, insaccaggio, riempimento container

Stoccaggio e spedizione

Completata la solidificazione, la ferrolega viene avviata alla frantumazione, vagliatura, stoccaggio delle diverse pezzature, pesatura e infustamento.

Queste lavorazioni possono essere decentrate rispetto all'area produzione ferrolega.

La parte più fine della ferrolega ritorna nel ciclo produttivo perché viene utilizzata come rivestimento di vasche e canali di colata.

Figura 38. Travaso vasca ferroleghe solidificate

Figura 39. Nastri frantoi ferroleghe e box di raccolta ferroleghe frantumate

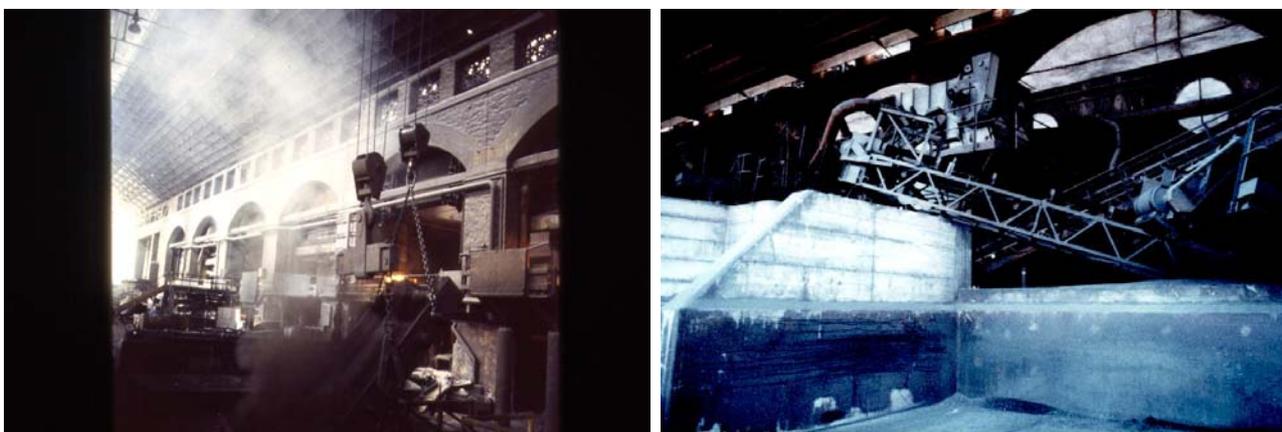
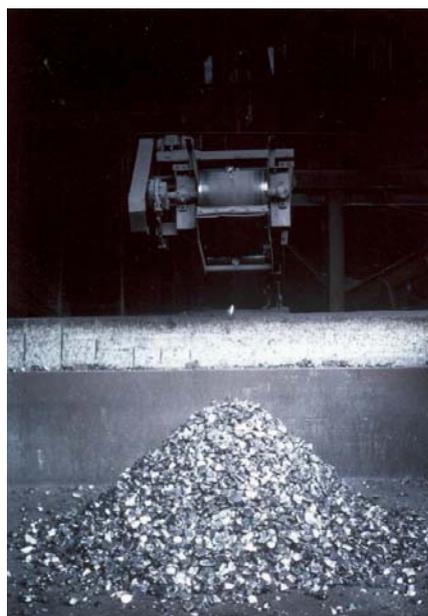
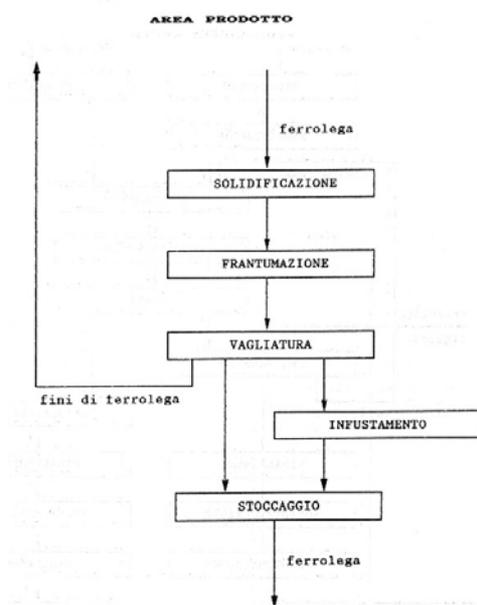


Figura 40. Schema a blocchi e flussi delle lavorazioni effettuate in area prodotto finito

Figura 41. Nastro frantoio ferroleghe: box di raccolta delle ferroleghe frantumate



Mansioni della fase

Mansione	Posizione di lavoro	Operazione
Addetti alla movimentazione	A terra	Hanno il compito di trasportare la ferrolega dall'area di raffreddamento all'alimentazione del frantoio e successivamente allo stoccaggio
Addetti al frantoio	In cabina	Hanno il compito di sorvegliare il funzionamento del frantoio intervengono in caso di incagli
Addetti al confezionamento	A terra	Hanno il compito di infestare il prodotto

Impianti, macchine, attrezzature

Martello demolitore

Pala meccanica

Frantoio e vagli

Carroponte

Rischi di natura infortunistica

Le evidenze che emergono dall'analisi degli infortuni occorsi nell'area sono riportate in Tabella 12.

Tabella 12. Frantumazione e spedizione. Evidenze infortunistiche riferite a indagine di comparto

MOVIMENTAZIONE COLATA	
1 infortunio	movimentazione siviera
16	movimentazione vasca
Fattori di rischio prevalenti	
<u>movimentazione meccanica (11 casi)</u>	
attrezzature per la movimentazione vasca non idonee (10 casi)	
<u>elevato calore radiante (6 casi)</u>	
<u>procedure organizzative (4 casi)</u>	
mancanza di coordinamento fra gruista e operatore a terra (3 casi)	
<u>strutture e spazi (3 casi)</u>	
presenza di ingombri, posizione di lavoro inadeguata come spazio (2 casi)	
Prevenibilità	
Per 6 infortuni si valuta una prevenzione realizzata con semplici adeguamenti principalmente tecnici.	
Per 9 infortuni si è valutato che una movimentazione sicura delle vasche implica un complesso adeguamento impiantistico, determinata dagli spazi insufficienti o dalle strutture utilizzate per il trasporto.	
Ripetizioni	
fase: aggancio vasca (57)	
modalità: scivolamento, urto in piano (22)	
2 infortuni	
fase: movimentazione vasca (57)	
modalità: urto, lesione in manovra di posizionamento (41)	
2 infortuni	
fase: aggancio vasca di colata (57)	
modalità: schiacciamento nelle operazioni di imbrago (61)	
8 infortuni	
fase: aggancio vasca di colata (57)	
modalità: urto schiacciamento contro catene, ganci dopo imbrago (62)	
4 infortuni	

I rischi di infortunio sono connessi principalmente all'impiego dei mezzi di sollevamento nel ribaltamento e trasporto dei prodotti della colata e alla necessità di effettuare interventi di regolazione e di controllo del funzionamento di frantoi e vagli.

Rischi di natura igienico ambientale

I fattori di rischio più significativi sono il rumore e la polvere. Il rumore misurato ai frantoi supera quasi sempre i 90 dB(A) di Leq raggiungendo in alcune fasi anche i 100 dB(A): le frantumazioni grossolane effettuate con l'ausilio di mezzi meccanici sono le lavorazioni più rumorose. Si evidenzia la presenza di toni puri.

La polverosità è generalmente elevata, determinata principalmente da assenza o limitata aspirazione degli impianti, dal movimento dei nastri e dalla caduta libera del prodotto.

I dati riportati in Tabella 13 mostrano una variabilità determinata principalmente dalla disposizione dell'impianto e dai presidi installati.

Tabella 13. Area frantumazione. Inquinanti aerodispersi

Posizione/ Addetto	n. prelievi	PT GM mg/m ³	PT GSD	FR GM mg/m ³	FR GSD
Frantoio	5	1.60 – 20.19			
	5			0.61 – 7.47	
Addetti frantoio	4	4.63	1.41		

Addetti movimentazione cassoni	6	2.22	2.00		
--------------------------------	---	------	------	--	--

Gli interventi

Nel 35% degli infortuni avvenuti durante la movimentazione della colata si valuta una prevenzione realizzata con semplici adeguamenti principalmente tecnici.

Nel 53% degli eventi si è valutato che una movimentazione sicura delle vasche implichi un complesso adeguamento impiantistico, a causa degli spazi insufficienti e delle strutture utilizzate per il trasporto.

Per tutti gli infortuni avvenuti nella fase di frantumazione e spedizione si sono valutati, quali migliorativi, semplici adeguamenti delle procedure di protezione o semplici adeguamenti tecnici, cioè di modifica delle attrezzature di sostegno.

Appalto a ditta esterna

Nessuna ditta esterna

Riferimenti legislativi

D.P.R. n° 547/55:

- Art. 55: cinghie e pulegge frantoio e granulatore
- Art. 73: imbocco mulino sgrossatore non protetto
- Art. 80: preavviso avviamento frantoio
- Art. 81: dispositivo di blocco multiplo su frantoio
- Art. 82: dispositivo di blocco a chiave su frantoio
- Art. 233: organi di comando cabina di manovra frantoio

D.P.R. N° 303/56:

- art. 21: polverosità frantumazione

D. Lgs. N° 277/91

- Art. 41: rumore martello frantumatore e frantoi.

D. L.vo. n°626/94

- Art. 41: mancato impiego dei DPI.

3.5. Manutenzioni e lavori ausiliari. Movimentazioni e stoccaggi

FASI DI LAVORAZIONE SPECIFICHE

Approvvigionamento materiali ausiliari
Pulizia e raccolta scarti
Demolizione, rifacimento e riparazione siviere e vasche
Manutenzione e riparazione forni e impianti connessi, realizzati durante l'impiego e al termine ciclo
Manutenzione carriponte
Manutenzione impianti di carico e frantumazione
Manutenzione impianti di aspirazione fumi e altri impianti ausiliari
Operazioni con macchine utensili o con attrezzature

La manutenzione periodica viene eseguita normalmente su impianti fermi ed in condizioni generalmente meno disagiate rispetto agli interventi di emergenza.

Gli interventi di emergenza vengono eseguiti da meccanici ed elettricisti che lavorano generalmente in turno e che intervengono quando si verifica un guasto agli impianti. Spesso questi lavoratori intervengono su impianti in funzione e in condizioni ambientali estreme.

Rischi di natura infortunistica

Le evidenze che emergono dall'analisi degli infortuni occorsi nell'area sono riportate in Tabella 13.

Tabella 13. Manutenzioni e lavori ausiliari. Evidenze infortunistiche riferite a indagine di comparto

MANUTENZIONI E LAVORI AUSILIARI	
1 infortunio	operazioni di laboratorio
1	approvvigionamento materiale ausiliario
1	pulizia e raccolta scarti
1	rifacimento refrattario voltino
4	manutenzione forni
1	manutenzione carriponte
12	manutenzione impianti ausiliari e attrezzature
2	operazioni con macchine utensili o con attrezzature
5	movimentazioni attribuibili alle fasi di manutenzione
Fattori di rischio prevalenti	
<u>procedure organizzative (16 casi)</u>	
mancanza di coordinamento fra gli operatori (7 casi) che eseguono quasi sempre la stessa operazione di manutenzione	
corretta esecuzione di lavori non complessi (5 casi)	
interventi di manutenzione effettuati con macchina in movimento (3 casi)	
<u>attrezzature e utensili (6 casi)</u>	
movimentazioni gravose realizzate manualmente o con mezzo inadeguato (3 casi)	
<u>impianti e macchine (5 casi)</u>	
particolari di attrezzature mal realizzate (2 casi)	
<u>posizione di lavoro inadeguata, presenza di ingombri (5 casi)</u>	
Prevenibilità	
In 17 casi si è ritenuto che una corretta esecuzione del lavoro avrebbe consentito di evitare l'infortunio; in 4 casi si sono individuati semplici adeguamenti tecnici	
Per due infortuni (ingresso nel filtro a maniche, lavorazione al tornio) non si sono individuate risposte adeguate che possano prevenire l'infortunio	
Ripetizioni	
fase: manutenzione impianti ausiliari (nastri, tramoggia) (87)	
modalità: intrappolamento fra organi in movimento e organi fissi (55)	
3 infortuni	
fase: manutenzione attrezzature, impianti (87)	
modalità: lesione in operazione manuale di posizionamento, movimentazione (41)	
6 infortuni	

Il rischio infortunistico è aggravato dalla peculiarità che ogni intervento manutentivo presenta, cioè dalla condizione di emergenza, oltre che dalla situazione ambientale spesso molto sfavorevole.

Nella manutenzione programmata, pur comprensiva di numerosi interventi, si evidenziano pochi infortuni, mentre gli eventi più numerosi si verificano nei lavori di riparazione in regime di emergenza, eseguiti con procedure non definite, carente coordinamento fra operatori, necessità di intervenire da soli anziché con compagni. Si rilevano inoltre interventi con macchinari in funzione.

Figura 42. Manutenzione eseguita nell'area abbattimento emissioni atmosferiche
Figura 43. Intervento di manutenzione forni ad arco-resistenza



Rischi di natura igienico ambientale

L'esposizione di questi addetti è riassumibile con riferimento a tutti i rischi presenti nei vari reparti limitati alla durata dell'intervento.

Vale la pena di ricordare alcune peculiarità del lavoro di manutenzione. Fino all'inizio degli anni '90 gli addetti alla manutenzione sono stati esposti al rischio connesso all'inalazione di fibre di amianto in quanto questo materiale è stato ampiamente utilizzato nella coibentazione degli impianti elettrici ed idraulici di servizio ai forni. Un'altra operazione particolare svolta dai manutentori è la riparazione o il rifacimento dei forni che comportano esposizioni massicce, anche se di breve durata, a polveri, fumi, calore e rumore.

Appalto a ditta esterna

Nessuna ditta esterna

Riferimenti legislativi

D.P.R. n° 547/55:

- Art. 8: pavimenti e passaggi
- Art. 75: schermi proiezione schegge smerigliatura / tornio
- Art. 76: comando stozzatrice
- Art 77: comandi avviamento torni
- Art. 115: protezioni pressa
- Art. 281: parti in tensione 380 V accessibili
- Art. 374: schermo cesoia

D.P.R. N° 303/56:

- Art. 20: aspirazione fumi saldatura
- Art. 21: aspirazione polveri smerigliatura

Gli interventi

Nel 60% dei casi si è ritenuto che una corretta esecuzione del lavoro avrebbe consentito di evitare infortuni; nel 14% dei casi si sono individuati semplici adeguamenti tecnici.

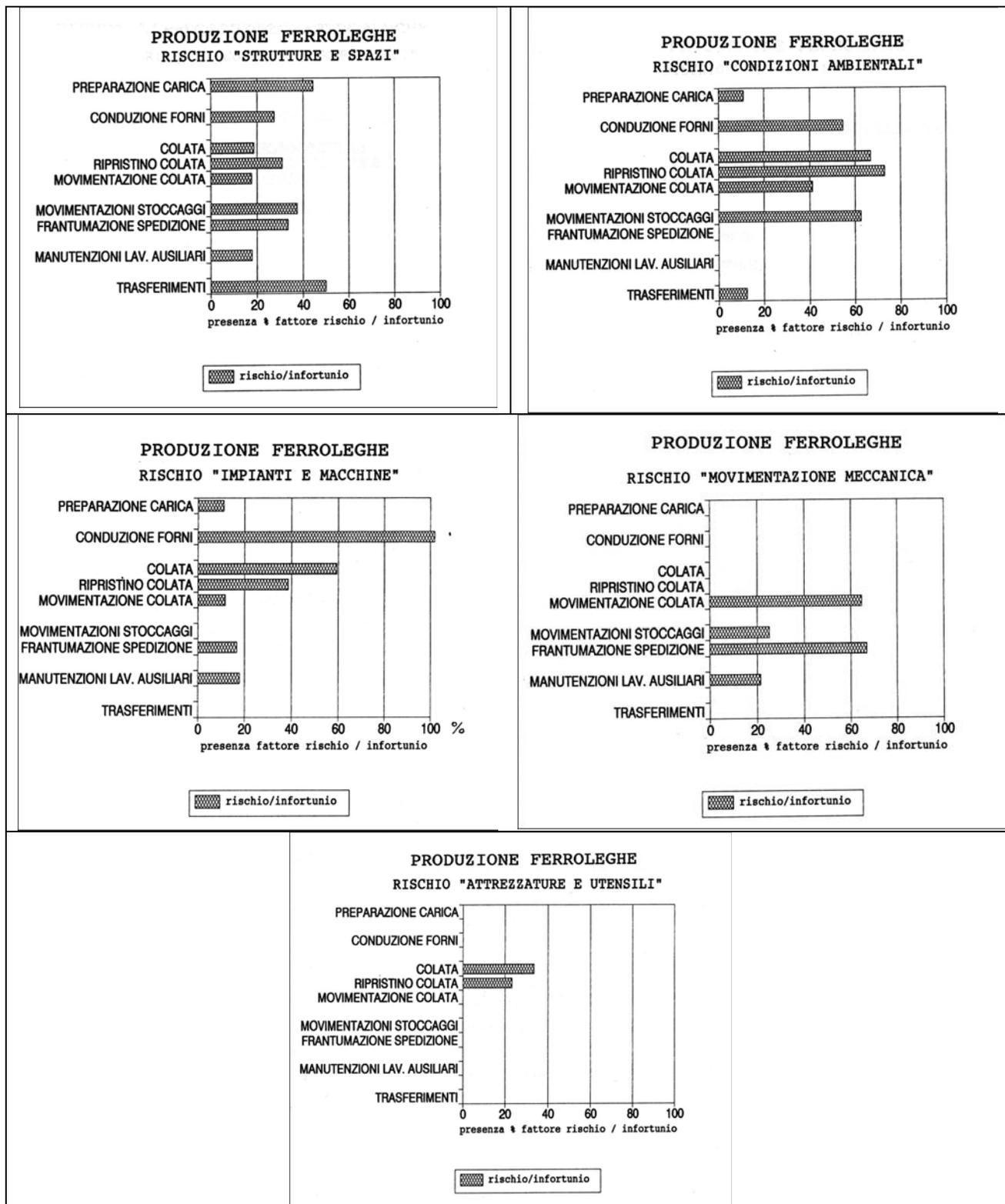
Nel 7% degli eventi non si sono individuate risposte adeguate che possano prevenire l'infortunio.

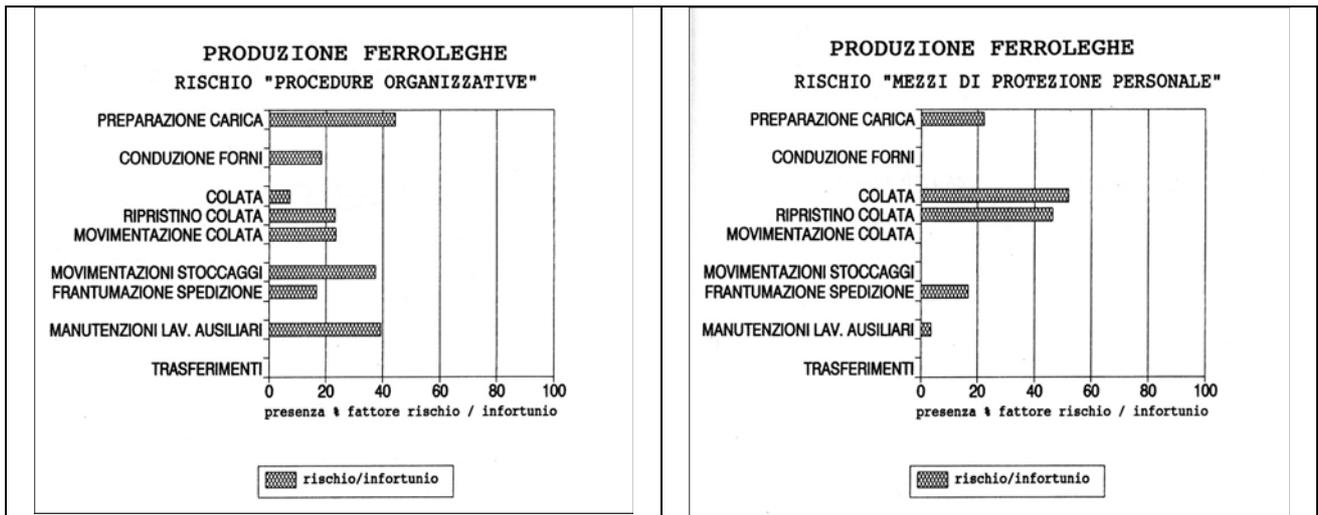
3.6. Analisi rischi e interventi riferiti a tutte le fasi

Rischio infortunistico

Nella successiva Figura 44 sono riportati i fattori di rischio, suddivisi per fase di lavorazione, che sono stati considerati evidenti nelle analisi infortunistiche condotte e che costituiscono la base da cui partire per un'efficace prevenzione.

Figura 44. Evidenze che derivano dai fattori di rischio discussi confrontati per le diverse aree di lavorazione





Rischio aerodispersi

Tabella 15. Sintesi dell'esposizione: IR (indice di rischio) riferito ai valori medi misurati per le diverse mansioni

SOSTANZA	PT	Ca	Cr	Mn	Ni	Fe	Pb	SiO ₂	Cd	IPA
MANSIONE										
Addetto fumi	1.70			0.56		0.11	1.68	0.20	0.45	
Addetto frantoio carica	0.82			0.28		()	0.35	0.57	0.22	
Palista carica	0.27			()		()	0.12	0.19		
Manutentore esterno	0.55			0.15		()	0.24	0.69	()	
Saldatore camicie	0.38			0.50			1.13		0.16	*
Caricatore pasta	0.49			0.65			1.21		0.12	*
Palista forno	0.27	()		0.37			0.35	0.16	0.10	*
Capoturno ferroleghie	0.15	()		0.21			0.19	()	0.16	**
Addetto fossa carburate	0.31	()		0.42			0.38	0.20	0.16	***
Addetto forno I	0.36	()		0.50			0.16	0.13		
Manutentore ferroleghie	0.43	()		0.60			0.54	0.20	0.18	*
Gruista ferroleghie	0.25			0.63			0.14	()		
Addetto frantoi	0.46			0.36			()	()		
Addetto cassoni	0.22			0.17			()	()		
Muratore	0.20			()			()	()		
Aiuto forno	0.37	0.11	()	0.19	()	()	()	0.34		
Sivierista	0.22	()	()	0.12	0.10	()	()	0.20		
Gruista acciaieria	0.40			0.21		()	0.10			
Addetto fossa	0.36	()	()	0.26	()	()	()	0.75		
Capoturno forgia	()			()		()		0.18		
Addetto ossitaglio	0.13			()		()		0.40		
Addetto pressa	0.14			()		()		0.38		
Manutentore forgia	0.27			0.13		()		0.85		

Nota: gli indici di rischio sono riferiti ai TLV-ACGIH in vigore nel periodo delle rilevazioni (1990-95)

Gli indici di rischio sono stati valutati prima dell'inserimento di sistemi di aspirazione localizzata nelle aree di colata

(...) = IR < 0,10

TLV PT = 10 mg/m³;

TLV SiO₂ nella FR = 0,05 mg/m³;

TLV Mn = 1 mg/m³;

TLV Pb = 0,15 mg/m³

Interventi

Un importante contributo alla risoluzione di problemi specifici e al contenimento di rischi tradizionali nel settore ferroleghie deriva dal trasferimento di soluzioni tecnologiche inserite nel comparto siderurgico. Sono individuabili interventi concernenti tecnologie, impianti e strutture, cioè gli aspetti da ritenere più difficilmente contenibili (Tabella 16).

In particolare gli interventi sul ciclo produttivo sono orientati a una migliore regolazione del processo, che consenta una regolarità dello stesso e quindi una stazionarietà e conseguente semplificazione delle fasi operative.

Tabella 16. Soluzioni di prevenzione tecnica

MODIFICHE CICLO PRODUTTIVO, SOSTITUZIONE MATERIALI
riduzione del numero di colate con aumento della quantità spillata
spillaggio separato di metallo e scoria (evitata successiva cernita manuale)
individuazione di miscele attive e ricche
monitoraggio delle temperature del mantello (*)
eliminazione di sabbie silicee dai refrattari delle vasche di colata
eliminazione di amianto da coibentazioni del campo di colata
MODIFICHE IMPIANTISTICHE (COMPLESSE)
variazione della geometria del forno (prelievo differenziato e sicuro di metallo e di scoria)
movimento del forno in fase di colata e di spillaggio
modifica dei refrattari del mantello (*)
utilizzo di elettrodi formati (*)
adozione di macchine perforatrici e tappatrici (*)
granulazione della scoria (*)
INSERIMENTO SPECIFICI PRESIDI (RAFFINATI)
aspirazione delle emissioni diffuse
adozione di canalizzazioni mobili per l'aspirazione
adozione di gru-cappa durante le operazioni di affinazione

(*) trasferimento di soluzioni dal settore siderurgico

In questa sintesi ci si limita a evidenziare due aspetti.

Già all'inizio degli anni '70, l'attività della Commissione Generale per la Sicurezza e la Salubrità nell'Industria Siderurgica delle Comunità Europee affronta in maniera specifica gli aspetti concernenti l'organizzazione del campo di colata, individuando criteri costruttivi che assicurino maggiore sicurezza, macchinari, materiali e requisiti che ancora oggi non vengono garantiti in tutte le installazioni.

Nelle unità produttive tuttora in attività, le strutture esistenti in cui sono inserite le lavorazioni di ferroleghie, strutture spesso datate, risulta difficile affrontare in maniera organica e razionale i problemi di dislocazione delle aree di lavoro: in questa situazione si determinano interferenze fra le diverse lavorazioni, i flussi dei materiali e i percorsi degli addetti non sono riorganizzabili in termini razionali e sicuri.

Rimangono invece ancora sostanzialmente irrisolte alcune problematiche concernenti l'esposizione ai *rischi tradizionali* in ambiente di lavoro e l'elevata faticosità determinati dalle lavorazioni, fattori di rischio tuttora critici sintetizzati in Tabella 17.

Tabella 17. Rischi tradizionali, ma rivelatisi critici con l'analisi di comparto

<p>STRUTTURE E SPAZI eliminazione interferenze fra le lavorazioni (area colata + area stoccaggio) (area colata + area ripristino) (area colata + percorsi di movimentazione) (area colata + area frantumazione) individuazione posizioni di lavoro sicure flussi dei materiali razionali percorsi degli operatori sicuri</p> <p>UTENSILI, MATERIALI DI CONSUMO, ATTREZZATURE scelta di attrezzature e utensili specifici per il lavoro eseguito manutenzione e stoccaggio di attrezzature e utensili stoccaggio protetto dei materiali di consumo</p> <p>IMPIANTI, MACCHINE protezione delle posizioni di lavoro protezione degli addetti su macchine operatrici</p> <p>MEZZI DI MOVIMENTAZIONE scelta di specifiche attrezzature di sollevamento</p> <p>PROCEDURE ORGANIZZATIVE informazioni rispetto ai rischi formazione dei nuovi assunti definizione delle modalità di esecuzione per gli interventi meno frequenti (manutenzione, ecc.) corretto utilizzo delle protezioni personali</p> <p>DISPOSITIVI DI PROTEZIONE PERSONALE scelta di dispositivi specifici e idonei per la fase effettuata</p>

PRODUZIONE FERROLEGHE

CAPITOLO 4 IMPATTO E RISCHIO AMBIENTALE DEL COMPARTO

- 4.1. Fattori di impatto e di rischio ambientale**
- 4.2. Consumo delle risorse**
- 4.3. Matrici ambientali interessate dagli impatti**

4.1. Fattori di impatto e di rischio ambientale

4.2. Consumo delle risorse

Per inquadrare l'attività di produzione ferroleghie si fa riferimento allo schema sintetico in Figura 1, quantificando il consumo di risorse e i fattori di impatto con riferimento a 1 unità di prodotto.

- Output: fattori di impatto a monte e a valle di tipici sistemi di abbattimento/ depurazione, tenendo conto di eventuale riciclo interno per acqua e rifiuti (previo eventuale trattamento)

Figura 1. Schema sintetico per individuare i carichi ambientali dell'attività di produzione ferroleghie

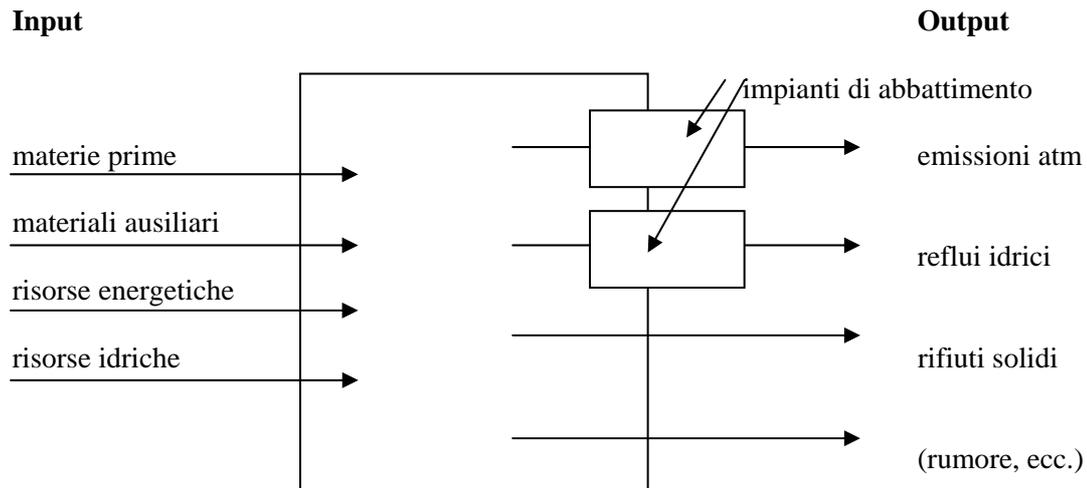


Tabella 1. Ferroleghie. Caratterizzazione degli input

<u>Materie prime</u>		/ t ferroleghie
Minerali	varie composizioni	1,40 – 1,45 t
Scorie	da riciclo interno e da esterno	0,45 t
Fini di ferroleghie	da riciclo interno	0,02 - 0,10 t
Coke metallurgico	anche con funzione energetica	0,40 – 0,80 t
<u>Materiali ausiliari</u>		
Quarzo		0,32 t
Dolomite, calce		0,10 – 0,48
Spatofluoro	Fluidificante scoria	0,04 t
Scaglia di ferro		0,10 t
Pasta elettrodica	per elettrodi autocuocenti	27 kg
Peci	per tappatura
<u>Risorse energetiche</u>		
Energia elettrica	per ferroleghie al Si	7600 – 9700 kWh
	per ferroleghie al Mn	2000 – 3400 kWh
	per ferroleghie al Cr	5800 – 6000 kWh
<u>Risorse idriche</u>		
Acqua per raffreddamento	senza riciclo	27 m ³
Acqua per granulazione scoria	senza riciclo	37 m ³

L'energia elettrica utilizzata, fino a 1500 GWh in un anno nel periodo di massima espansione produttiva, risulta pari all'1,5% del consumo del settore manifatturiero industriale in Italia riferito agli anni '90.

L'attività di produzione ferroleghie è collocata fra quelle individuate come “*altissima utilizzazione*”, cioè per un periodo superiore alle 7600 ore/ anno con impegno costante della potenza assorbita.

La specificità di questa attività metallurgica è costituita dall'utilizzo di forni elettrici a tino chiuso di riduzione ad arco-resistenza.

Il processo di fabbricazione prevede, con l'attuale tecnologia basata sull'impiego del forno elettrico, l'uso di energia elettrica, che quindi è da considerare come “*uso elettrico obbligato*” per fornire il calore di fusione, cioè l'energia elettrica non è sostituibile per questo processo produttivo.

Con l'inserimento di sistemi di riciclo delle acque di processo il consumo per raffreddamento può essere limitato alla sola quota di evaporazione e di reintegro degli spurghi, stimabile in meno del 5% del consumo senza ricircolo.

Per l'acqua destinata alla granulazione della scoria occorre tenere conto di una maggiore quota che evapora naturalmente, fino al 40%, mantenendo la possibilità di spingere il ricircolo a valori altrettanto elevati, previa condensazione e scambio termico.

Tabella 2. Ferroleghie. Caratterizzazione degli output

<u>Emissioni in atmosfera</u>		/ t ferroleghia
Fumi	prodotti dal processo di fusione	27 – 36 kg polveri
Essiccazione minerale	emissione canalizzata	0,13 – 0,16 kg polveri
Preparazione cariche	emissione canalizzata	0,03 – 0,20 kg polveri
Processo fusione-riduzione	emissione canalizzata	0,04 – 0,25 kg polveri
Spillaggio	emissione diffusa	0,16 – 0,26 kg polveri
Acque di granulazione (vapore)	con ricircolo	1,80 – 14,00 m ³
<u>Reflui idrici</u>		
Acque di raffreddamento	con ricircolo	0,50 – 1,30 m ³
<u>Rifiuti solidi</u>		
Loppe (o scorie)	da produzione ferroleghie esclusi ricicli interni	1,02 – 1,26 t 0,75
Polveri (fumi) (Polveri)	da impianti abbattimento forni (da impianti di frantumazione)	22 – 30 kg riciclo ai forni fusione-riduzione
Oli minerali usati	oli lubrificanti esausti	90 – 150 kg
Emulsioni oleose	da lavorazioni macchine utensili	7 – 15 kg

4.3. Matrici ambientali interessate dagli impatti

Le emissioni aerodisperse possono essere caratterizzate con riferimento alle diverse fasi di lavorazione, distinguendo emissioni canalizzate, e presidiate da impianti di abbattimento, ed emissioni non canalizzate e quindi direttamente uscenti dall'involucro dell'attività come emissioni diffuse.

Il contributo delle emissioni canalizzate, per quanto concerne i quantitativi di sostanze rilasciate in atmosfera, dipende in misura sostanziale dalle caratteristiche di abbattimento e dalla frequenza di regimi di anomalo funzionamento dei filtri, che possono comportare importanti quantitativi emessi in breve lasso di tempo.

Le emissioni non canalizzate costituiscono, anche per questa tipologia produttiva, un rilevante contributo:

- Preparazione materie prime: movimentazione materiale, frantumazione, trasporto all'impianto di dosatura e alimentazione forni. Emissioni diffuse discontinue dall'impianto di dosatura e alimentazione forni;
- Fusione, riduzione e affinazione: i forni sono normalmente presidati da cappe sovrastanti. In particolare, durante il processo di riduzione, in concomitanza con la discesa della carica, si configurano emissioni non captate che interessano la platea di lavoro e, come rilevato nel profilo di rischio, anche le sovrastanti posizioni di intervento per la preparazione degli elettrodi;

- Spillaggio: possono essere installati sistemi localizzati, previo un adeguato studio specifico in grado di realizzare una significativa captazione delle emissioni, che possono interessare superfici estese (pozzetti, canali, vasche);
- Raccolta e pellettizzazione dei fumi abbattuti: la messa a deposito, la movimentazione e la pellettizzazione provocano dispersioni di polveri discontinue;
- Ribaltamento delle scorie e delle ferroleghie, in particolare nel caso di raccolta in vasche: comportano significative dispersioni influenzate dal regime di ventilazione;
- Frantumazione e vagliatura: gli impianti possono essere correttamente aspirati, riducendo al minimo le emissioni non captate determinate dalla movimentazione dei cumuli di prodotto.

I principali inquinanti rilasciati in atmosfera sono riconducibili a:

polveri totali e frazioni fini;

metalli (manganese, cromo, piombo, in base alla tipologia e all'eventuale riciclo delle polveri abbattute);

solfuro di idrogeno.

Figura 2. Stoccaggio materie prime e fumi dei forni che ritornano all'area di carica

Figura 3. Impianti di abbattimento. Sostituzione maniche filtranti



Nell'attività di produzione ferroleghie si configurano diverse tipologie di scarico idrico:

- Reflui provenienti da servizi igienici e attività collettive, da assimilare ad analoghi reflui di medesima origine;
- Acque di raffreddamento, destinate a forni, trasformatori, ecc., che possono essere normalmente avviate a riciclo;
- Acque di processo, provenienti dalla fase di brusco raffreddamento e granulazione della loppa, ottenuta come sottoprodotto nei forni di fusione- riduzione: questo output si configura come emissione di vapore in atmosfera, sul quale è possibile inserire interventi di contenimento;
- Acque meteoriche, particolarmente critiche per questo tipo di attività, tenendo anche conto che parte delle scorie derivanti dalla produzione ferroleghie affinate vengono raffreddate a spruzzo provocando un congenito dilavamento e la necessità di un adeguato collettamento.

Le sostanze di maggiore interesse dal punto di vista delle potenzialità tossiche e inquinanti sono:

- Solidi sospesi
- Composti di ferro
- Composti di zinco
- Composti di manganese (ferroleghie FeMn)
- Composti di nichel
- Composti di cromo (ferroleghie FeCr)

I fumi derivanti dai processi di affinazione e di riduzione delle ferroleghie possono venire, previa eventuale pellettizzazione o altre tecniche, reimmessi in forno per realizzare un arricchimento in metalli quali zinco e piombo che ne renda possibile una dismissione destinata al recupero di tali metalli in altri impianti di riduzione.

Per quanto riguarda la composizione delle polveri, questa è determinata dal numero di ricicli delle stesse. Nelle Tabelle sono riportate alcune composizioni riferite a diverse tipologie di prodotto.

Tabella 3. Composizione polveri fumi di abbattimento impianto di riduzione

Metalli	fumi FeCr mg/kg	fumi FeMn mg/kg
ALLUMINIO	3000	32.700
ARSENICO	/	/
BERILLIO	10	150
CADMIO	50	480
CALCIO	6000	/
CROMO 6+	80	/
CROMO TOTALE	3600	400
FERRO	36.700	24.300
MANGANESE	6.400	200.000
NICHEL	500	90
PIOMBO	2.200	16.600
RAME	400	600
SELENIO	/	/
ZINCO	36.700	54.700

Tabella 4. Composizione polveri fumi di abbattimento impianto di riduzione

Metalli	fumi FeMn carburato mg/kg	fumi FeMn carburato mg/kg	fumi FeMn affinato mg/kg
ARSENICO	NR	210	146
CADMIO	480	309	490
CROMO TOTALE	400	49	60
FERRO	24300	8430	7600
MANGANESE	200000	155000	290000
MERCURIO	NR	7,8	22
NICHEL	90	59	110
PIOMBO	16600	31400	14000
RAME TOTALE	600	127	470
ZINCO	54700	52900	32000

Per le loppe derivanti da produzione ferroleghie di scoria è possibile una valorizzazione come materia seconda da avviare ai cementifici.