



B1-1/DOC/04

**Profilo di rischio e ricerca di buone pratiche nella PMI
con riferimento al comparto metalmeccanico del settore
aerospaziale**

Autori: Murri Maria, Marchiori Francesca

Affiliazione: Centro Sviluppo Materiali

Ricerca finanziata da:



Dipartimento Documentazione, Informazione e Formazione

Novembre 2006



INTRODUZIONE	3
RINGRAZIAMENTI	3
RIFERIMENTI E DOCUMENTAZIONE	3
1 NOTIZIE GENERALI SUL COMPARTO.....	5
1.1 Individuazione del comparto	5
Il contesto nazionale, europeo e globale	6
Profilo socio-economico sul comparto a livello europeo.....	9
Profilo socio-economico sul comparto a livello Italiano	13
Dimensionamento e qualificazione del settore aerospaziale nel Piemonte.....	14
Dimensionamento e qualificazione del settore aerospaziale nel Lazio	20
Ruolo delle PMI.....	23
La situazione della PMI dell'Aerospazio in Piemonte	24
La situazione della PMI dell'Aerospazio nel Lazio	33
1.2 La realtà infortuni.....	34
1.3 Le malattie professionali.....	39
2 DESCRIZIONE GENERALE DEI CICLI DI PRODUZIONE	41
2.1 Fusione.....	43
2.2 Deformazione plastica.....	43
2.3 Lavorazione meccanica.....	43
2.4 Finitura	43
2.5 Assemblaggio meccanico	43
2.6 Fattori di rischio lavorativo	44
2.7 Impatto e rischio ambientale	45
3 ANALISI DEI RISCHI, DANNI E PREVENZIONE	46
3.1 Analisi rischi e interventi comuni a più processi	46
Analisi degli infortuni finalizzata alla prevenzione.....	46
Riferimenti legislativi	46
Valutazione esposizione a inquinanti aerodispersi	50
Valutazione esposizione a rumore.....	53
Stress e affaticamento da calore	57
3.2 Analisi rischi e interventi specifici di alcuni processi produttivi.....	58
Trasferimenti e Movimentazioni	59
Galvanica	61
Assemblaggio.....	76
Microfusione.....	85
4 IMPATTO E RISCHIO AMBIENTALE	102
4.1 Fattori di impatto e di rischio ambientale.....	102



Introduzione

Questa ricerca prende in considerazione le PMI del comparto metalmeccanico del settore aerospaziale.

Lo studio ha consentito di individuare le diverse tipologie di imprese del settore che essenzialmente possono essere classificate in: manifatturiere, servizi tecnici e commercializzazione di prodotti. Nel comparto metalmeccanico rientrano le aziende appartenenti alle prime due tipologie. Lo studio effettuato è focalizzato sulle aziende manifatturiere meccaniche e non sono prese in considerazione quelle che forniscono servizi tecnici, quali la progettazione ingegneristica, il calcolo strutturale, la prototipazione, la consulenza logistica, lo sviluppo software e lo sviluppo di tecnologie applicabili in ambito aeronautico e spaziale. Non sono incluse, inoltre, le aziende di produzione di sistemi elettrici/elettronici.

Nell'ambito delle aziende manifatturiere sono stati analizzati in dettaglio i processi che maggiormente caratterizzano il comparto, processi intesi sia come fase di lavorazioni più complesse che come unica lavorazione (*core business*) della PMI.

L'indagine è stata svolta prendendo a riferimento le PMI localizzate nel Lazio, una delle regioni di riferimento per le imprese operanti nell'aerospazio.

Ringraziamenti

Hanno collaborato:

- Eugenio Pacelli, Università di Roma "La Sapienza", Scuola di Specializzazione Medicina del Lavoro, Docente Igiene Industriale
- Eliana Leontini Eco-Consult s.r.l. Via Frascineto, 88 00173 Roma

Si ringraziano:

- i direttori degli stabilimenti ed i responsabili del servizio prevenzione e protezione delle PMI dell'aerea laziale che hanno consentito di effettuare i sopralluoghi per l'acquisizione delle informazioni
- i colleghi del Centro Sviluppo Materiali: Andrea Carosi, Fabrizio Falcioni, Vincenzo Ferrari, Filippo Maria Ielpo, Dante Pocci per il loro determinante contributo altamente specialistico.

Riferimenti e documentazione

- [1] Tim Ripley, Small is beautiful, but vulnerable, EUROPE: MEETING THE COMPETITIVE CHALLENGE, An official publication for the AeroSpace and Defence Industries Association of Europe
- [2] Documenti riservati del progetto europeo ENHANCE (Enhanced Aeronautical Concurrent Engineering) (1999-2002)
- [3] Facts & Figures 2004, AeroSpace and Defence Industries Association of Europe



- [4] ICE, Obiettivi e strategie per la Promotion nel settore della meccanica
<http://www.ice.gov.it/servizi/meccanica.htm>
- [5] Il settore aerospaziale in Piemonte, Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura di Torino
- [6] Costituzione e avviamento del DTA della Regione Lazio
- [7] A.I.P.A.S. (Associazione Italiana P.M.I. per l'AeroSpazio), Relazione all'assemblea annuale sulla attivita' 2004



1 Notizie generali sul comparto

1.1 Individuazione del comparto

Il settore Aerospazio può essere visto attraverso le sue principali macroaree: aeronautica, spaziale e missilistica.

All'interno delle diverse macroaree le aziende sono specializzate per i diversi tipi di produzione: Sistemi, Motori e Equipaggiamenti.

La tabella che segue fornisce un quadro sintetico del settore in termini di segmenti di prodotto e delle relative attività industriali.

		ATTIVITÀ INDUSTRIALI		
		Sistemi & Ossature	Motori	Equipaggiamenti
SEGMENTI DI PRODOTTO	Aeromobile	Sistemi completi e/o strutture per aeromobili, elicotteri e gliders, stazioni di terra... loro sottosistemi e parti, ricambi e manutenzione	Motori a pistone, turbopropulsori, turbojet, motori jet, loro sottosistemi e parti, ricambi e manutenzione per l'installazione su sistemi aeronautici	Prodotti finiti, sottosistemi e parti, ricambi e manutenzione anche per equipaggiamenti di test ed addestramento a terra per l'installazione su sistemi aeronautici
	Missili	Sistemi completi e/o strutture per missili, installazioni di terra... loro sottosistemi e parti, ricambi e manutenzione	Motori, Engines, loro sottosistemi e parti, ricambi e manutenzione per l'installazione su sistemi missilistici	Prodotti finiti, sottosistemi e parti, ricambi e manutenzione anche per equipaggiamenti di test ed addestramento a terra per l'installazione su sistemi missilistici
	Spazio	Sistemi completi e/o strutture per veicoli spaziali, satelliti e lanciatori, installazioni di terra... loro sottosistemi e parti, ricambi e manutenzione	Sistemi di propulsione loro sottosistemi e parti, ricambi e manutenzione per l'installazione in veicoli spaziali, satelliti e lanciatori	Prodotti finiti, sottosistemi e parti, ricambi e manutenzione anche per equipaggiamenti di test ed addestramento a terra per l'installazione in veicoli spaziali, satelliti e lanciatori

Le aree principali di intervento delle PMI che operano nel settore sono:

Produzione (sistema completo, equipaggiamenti e motori)

- costruzione e lavorazioni meccaniche di precisione di particolari
- stampaggio di acciai e leghe leggere
- costruzione di attrezzature speciali per l'industria aerospaziale,
- realizzazione di sistemi e sottosistemi
- costruzioni criogeniche e di impianti nel campo del vuoto,
- strumenti e apparecchiature elettriche ed elettroniche per aeromobili e satelliti
- sviluppo di sistemi elettronici ed ottici per i settori militare e spaziale

Attività di supporto

- realizzazione di particolari meccanici o in altro materiale
- assemblaggio di circuiti elettronici
- stampaggio di acciai



trattamenti termici e di superficie
costruzione di stampi, utensili e attrezzature
cablaggi elettrici

Fornitura di servizi tecnico-industriali

progettazione
modellazione
design industriale
calcolo strutturale
produzione di software specializzati
esecuzione di test e di prove di laboratorio
manutenzione
logistica
sviluppo di tecnologie

Da notare che tutte queste attività afferiscono prevalentemente al comparto metalmeccanico soprattutto per quanto riguarda le lavorazioni meccaniche, l'elettronica, il software, le telecomunicazioni e sicurezza e la motoristica.

Inoltre, mentre per alcune di queste PMI la domanda originata dal settore aerospaziale rappresenta una quota maggioritaria del fatturato, in altri casi le forniture che trovano sbocco in questo settore assorbono soltanto una frazione limitata della capacità produttiva.

Il contesto nazionale, europeo e globale

L'industria [6] Aerospaziale europea (oltre 80 miliardi di Euro di fatturato nel 2001), pur avendo dimensioni inferiori a quella americana, ha posizioni di leadership a livello di prodotto e su particolari settori di attività.

Il panorama industriale internazionale dell'aerospazio si configura come uno dei settori in maggior evoluzione ma anche dei più complessi e, allo stesso tempo, maggiormente globalizzati. Se si vola, ad esempio, su un moderno B777, il velivolo è americano perché venduto dalla Boeing, ma almeno il 20% del valore della fusoliera viene da industrie giapponesi ed europee, il carrello è realizzato da una JV franco-americana, i motori (a scelta dell'utilizzatore) possono essere americani (General Electric - GE o Pratt & Whitney - PW), ma anche europei (Rolls-Royce).

Nel primo caso i motori della General Electric hanno al loro interno un forte contributo tecnologico italiano (Avio) e nel secondo sono il frutto di una JV franco-americana (Snecma-GE). Se poi si vola su un B717, ancora dell'americana Boeing, l'intera fusoliera è costruita in Italia dalla Alenia Aeronautica.

Con Airbus l'industria europea sta progressivamente acquisendo, ad esempio, una posizione di assoluta leadership (60% degli ordini mondiali di aerei commerciali – velivoli con oltre 100 posti – nel 2002) mentre ATR è tra i leader nel mercato dei velivoli regionali con propulsione ad elica. Agusta-Westland ed Eurocopter sono, in base ai ricavi 2002, ai primi due posti nella classifica mondiale della produzione e vendita di elicotteri, con una capacità di offerta di prodotti avanzati di grande rilievo, sia per applicazioni militari che per uso civile.



Nel settore motoristico, anche grazie ai legami di collaborazione trans-atlantica, Rolls-Royce, Snecma, MTU e, sia pure con dimensioni inferiori, Avio, si confrontano con i leader mondiali (GE e PW) sulla base di eccellenze tecnologiche importanti. Ad esempio, Avio è tra i leader mondiali nelle turbine a bassa pressione e nella produzione degli ingranaggi.

In campo spaziale ArianeSpace ha acquisito, grazie alla famiglia Ariane 4, una posizione di leadership mondiale nel settore dei lanciatori per satelliti commerciali.

Il nuovo vettore Ariane 5, sviluppato sulla base di una collaborazione industriale che ha coinvolto tutti i paesi europei (una volta che saranno stati risolti gli ultimi problemi di sviluppo) rappresenterà l'unico lanciatore che, grazie alla capacità di trasporto ed alle avanzate tecnologie utilizzate, sarà in grado di confrontarsi con i lanciatori USA anche di ultima generazione (Boeing Delta IV), specificamente progettati per grandi programmi governativi, sia civili che militari. Sin dalle prime versioni di Ariane, la responsabilità di tutta la propulsione a Solido fa capo ad una società mista italo-francese (Europropulsion, controllata da Avio e condivisa al 50% con SNECMA).

Nel campo dei lanciatori, inoltre, è in corso di sviluppo il VEGA, nuovo lanciatore europeo per piccoli satelliti fino a 1.500 kg in orbita polare, con una partecipazione dell'Italia del 65%, affidato alla società ELV (30% ASI e 70% Avio) che prevede il lancio di qualifica alla fine del 2006 dal poligono europeo di Kourou.

L'industria aeronautica europea, in particolare, con oltre il 50% di esportazioni e una bilancia commerciale positiva per 22 miliardi di Euro, è il settore al 1° posto per volumi di export. Occupa circa 435.000 addetti, genera un indotto di 1,5 milioni di posti di lavoro coinvolgendo non meno di 7.000 imprese, investe il 15% del fatturato in R&S, ponendosi ad un livello almeno tre volte superiore a quello di altri settori industriali. Il settore si è certamente giovato della crescente attenzione sia dei governi nazionali che di Bruxelles che oggi gli attribuisce circa il 30% dei fondi pubblici civili per la ricerca.

In definitiva, pur in uno scenario congiunturale attualmente caratterizzato dal predominio negativo di fattori esogeni (per esempio gli eventi bellici e, più recentemente, terroristici), è possibile identificare alcuni fattori di crescita strutturale che sono alla base delle previsioni di forte sviluppo del mercato aerospaziale e, conseguentemente, della domanda di Materiali e Tecnologie Avanzate necessari per le produzioni di interesse di questo settore.

Un fattore positivo è il continuo aumento del traffico passeggeri e merci su scala mondiale. A ciò ha fatto seguito la risposta delle industrie aeronautiche con l'offerta di una gamma di vettori a corto, medio e lungo raggio per soddisfare la domanda delle compagnie di bandiera per aeromobili con requisiti di maggiore economicità di gestione ed affidabilità (ad esempio, la nuova famiglia di velivoli a grande capacità Airbus A380 ed il nuovo progetto Boeing 7E7 per un aereo caratterizzato da prestazioni avanzate ed economicità di gestione).

Un secondo fattore è rappresentato dall'esplosivo sviluppo delle tecnologie spaziali per le telecomunicazioni e, più in generale, per i servizi a valore aggiunto (osservazione della Terra, telemedicina, navigazione, ricerca scientifica, fisica applicata satellitare, etc.). A questo riguardo Boeing stima che il mercato dello spazio crescerà dai 40 miliardi di dollari per anno nel 2000 a 120 miliardi nel 2010, comprendendo i lanciatori, i satelliti, i sistemi di antenna ed altro ancora, che sono



forti consumatori di leghe leggere, di materiali compositi a base metallica e organica e di materiali ceramici e refrattari.

Rimanendo al settore del trasporto aeronautico, Boeing prevede, per il prossimo ventennio, una richiesta per circa 24.000 nuovi velivoli civili per un valore complessivo di 1.800 miliardi di dollari, mentre Airbus presenta una stima più prudente di 15.000 nuovi velivoli nello stesso periodo, per un valore complessivo di 1.300 miliardi di dollari.

In tutti i casi si stima che il trasporto passeggeri crescerà al tasso annuo del 5% mentre quello merci crescerà al tasso del 6,5%. Si ritiene che la flotta mondiale alla fine del periodo supererà le 32.000 unità, sostanzialmente raddoppiandosi rispetto alla flotta attuale. Ai nuovi velivoli commerciali che entreranno in linea nei prossimi anni saranno richiesti, non tanto una maggiore velocità operativa, ma piuttosto dei vantaggi consistenti in termini di efficienza di esercizio (riduzione dei consumi di carburante fino al 20% rispetto ai consumi medi attuali) ed abbattimento dei costi di manutenzione.

Per poter equipaggiare i nuovi velivoli civili e garantire la manutenzione di quelli esistenti, secondo stime Rolls-Royce dovranno essere prodotti, nei prossimi 20 anni, oltre 70.000 nuovi motori a turbina (per un valore superiore ai 400 miliardi di dollari), dei quali 35.000 per i velivoli con oltre 100 posti ed un tasso di crescita particolarmente elevato per motori di alta potenza (spinta superiore alle 65.000 libbre). Tali motori, che rappresentano il 20-25% del valore globale del velivolo, dovranno essere concepiti secondo criteri di progettazione innovativi così da conseguire target prestazionali estremamente elevati. Tra questi, l'incremento sostanziale del rapporto spinta/peso e la riduzione drastica dei consumi specifici, quest'ultima ottenibile essenzialmente attraverso un ulteriore innalzamento della temperatura di ingresso dei gas in turbina già oggi attestata a ben 1200° C.

La stima di crescita della richiesta di trasporto aereo ha naturalmente un notevole importanza nel settore relativo alla Gestione del Traffico Aereo (ATM). Pur avendo un evidente effetto positivo su questo settore dell'Industria Aerospaziale, tale crescita, oltre a problemi di impatto ambientale, rivela l'inadeguatezza non solo delle infrastrutture sempre più congestionate, ma dell'intero attuale funzionamento della gestione del traffico aereo che è, malgrado tutte le misure prese, una delle cause concomitanti dell'aumento dei ritardi dei voli.

A causa della presente situazione di infrastrutture, assai carenti in vari paesi, e delle rigide regole attualmente vigenti (gli aerei devono seguire una rotta pianificata basata sulla rete esistente di rotte fisse), lo spazio aereo ha di fatto una capacità limitata aggravata da una gestione faticosa perché non suddiviso secondo i criteri dell'efficienza, ma nel rispetto delle sovranità nazionali.

Nonostante le periodiche congiunture negative l'industria Aerospaziale continua, dunque, ad essere uno dei settori più vivi del panorama economico mondiale, all'interno del quale si inserisce anche l'Italia ed in particolare il Lazio, con una presenza niente affatto marginale caratterizzata, come è, da un complesso di imprese in grado di competere tecnologicamente nel contesto globale, pur essendo molto penalizzate dalla mancanza di infrastrutture efficienti allineate con i tempi.



Profilo socio-economico sul comparto a livello europeo.

Il volume [7] di affari complessivo dell'industria aerospaziale europea è risultato nel 2003 pari a 74 miliardi di €, leggermente inferiore all'anno precedente e nel 2004 si è verificato un leggero recupero arrivando [3] ad un fatturato di 77 miliardi di €.

La fonte [7] di questi dati è la *Aerospace and Defence Industries Association of Europe* che rappresenta 30 associazioni nazionali da 20 paesi europei. Pertanto essa rappresenta quasi la totalità del settore europeo dell'aeronautica, spazio e difesa.

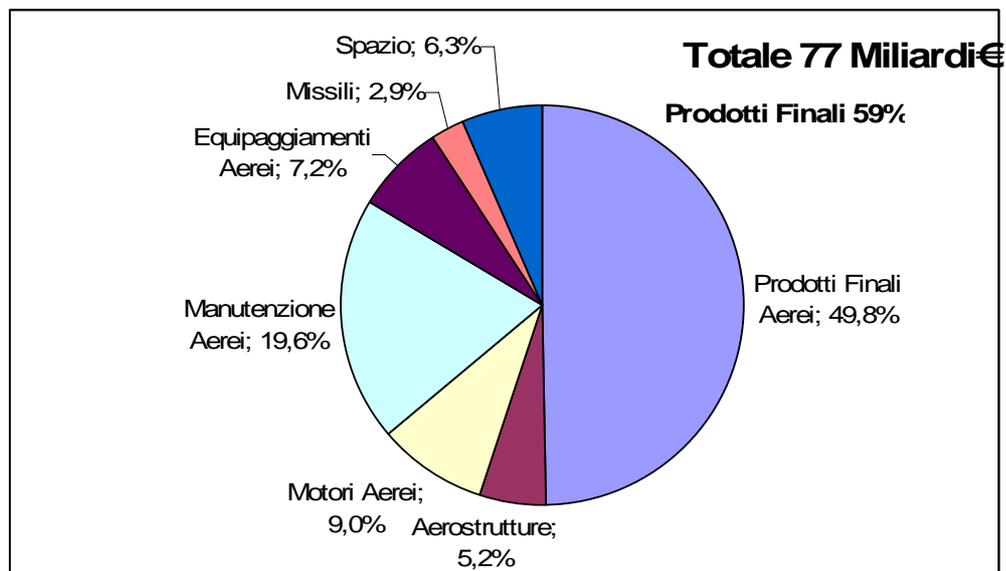
In Figura 1 è mostrata la suddivisione del fatturato nelle diversi componenti del settore.

Il comparto può essere diviso in tre macroaree il settore aeronautico, lo spazio ed i missili, di cui il primo in Europa ha più del 90% del fatturato dell'intero settore.

Più del 50% del fatturato è, inoltre, rappresentato dai prodotti finali e cioè grandi aerei civili, aerei militari, aerei regionali, business jet, elicotteri, missili, lanciatori, ecc. La restante quota riguarda la manutenzione degli aerei, gli equipaggiamenti, i motori e le aerostrutture.

I clienti del comparto sono sia civili che militari. Dal 1980 ad oggi si è passati da una predominanza del settore militare a quella del settore civile che oggi in Europa rappresenta oltre il 60%. Negli ultimi anni c'è stata un'inversione di tendenza e la contrazione del mercato civile (domestico ed export) è stata compensata dagli aumenti del mercato militare che ha conseguito, in particolare per l'export, notevoli risultati (aumenti del 30%).

Complessivamente l'export (civile più militare) si è mantenuto costante, pari a più della metà del fatturato totale del settore aerospaziale.



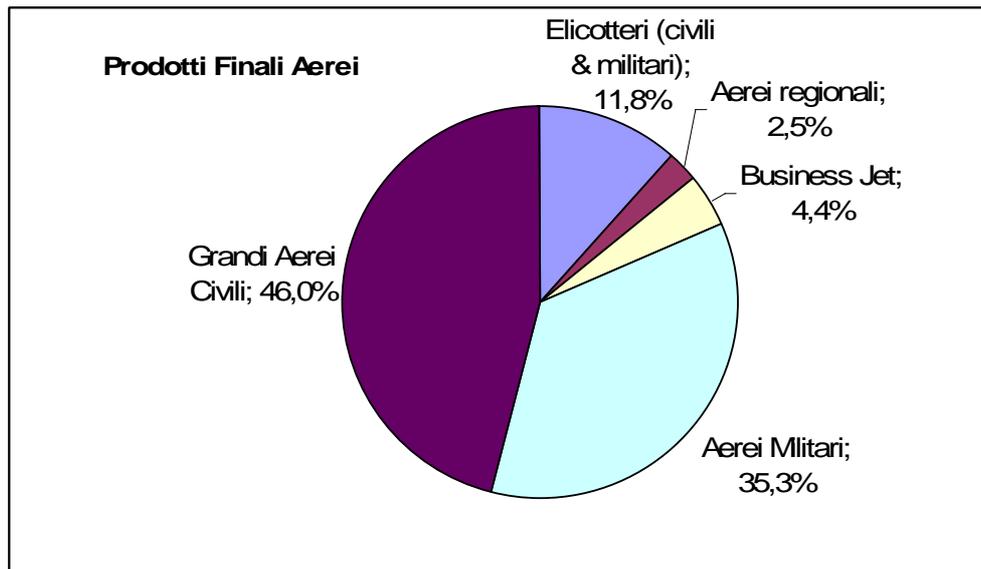


Figura 1 Distribuzione fatturato aerospazio europa

L'industria Aerospaziale europea, che alla fine del 2003 presentava una forza lavoro di 415.000 persone, delle quali lo Spazio ne assorbiva il 7% con poco meno di 30.000 dipendenti, nel corso dell'anno 2004 è aumentata, presentando ulteriori riduzioni nei settori in via di completamento del riassetto compensate da nuove assunzioni seppur limitate.

L'industria aerospaziale europea rappresenta pertanto una percentuale molto piccola (0,2%) della forza lavoro complessiva dei paesi dell'UE ed è concentrata (per circa l'80%) in UK (122.000 persone), Francia (114.000 persone) Germania (75.000 persone) e Italia (circa 40.000 persone).

La struttura dell'industria si presenta articolata: a fronte di 7 imprese con più di 10.000 dipendenti ed 85 ditte con dipendenti tra 1.000 e 10.000 vi sono in Europa 150 ditte con dipendenti tra i 250 ed i 1.000 ed inoltre 500 ditte con un numero di dipendenti inferiore a 250.

La distribuzione degli impiegati nel settore in Europa nel 2004 è riportata in Figura 2.

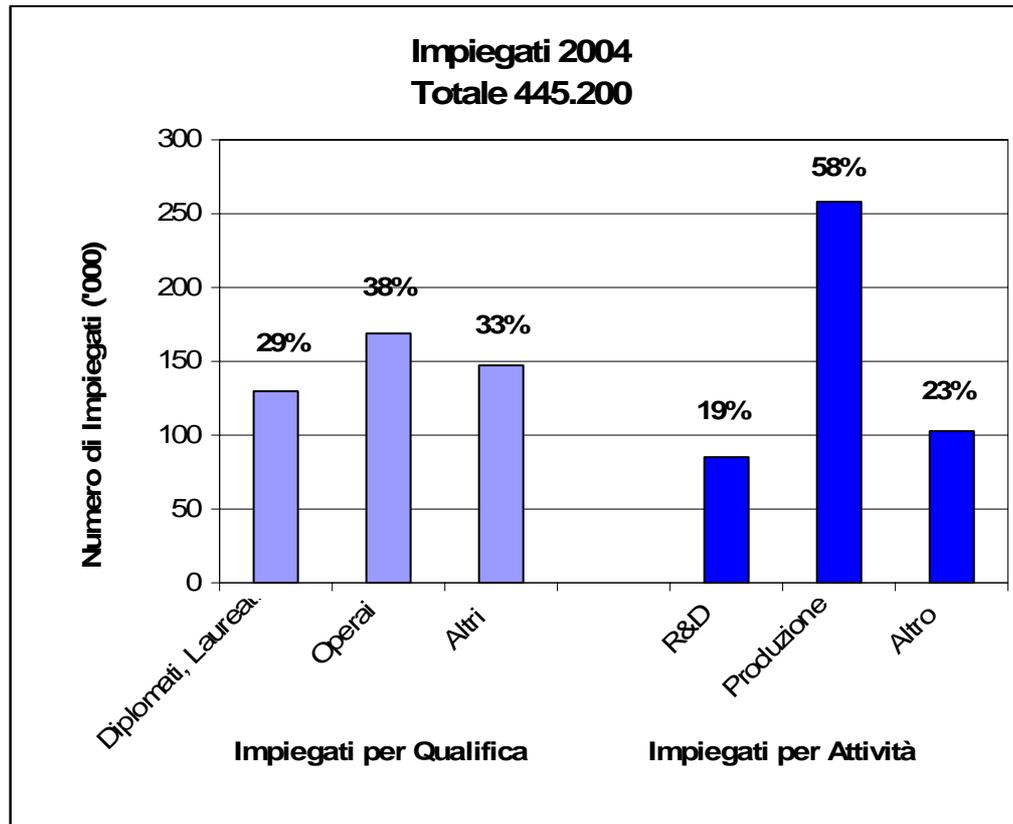


Figura 2 Distribuzione impiegati per qualifica e per attività in Europa

La definizione europea di Piccola Media Impresa (PMI) dice che un'azienda per essere considerata PMI deve avere meno di 250 impiegati, meno di 40 milioni di € e meno del 25% del pacchetto azionario in mano ad aziende non PMI. Sebbene il contributo di queste aziende al fatturato ed alla forza lavoro globale del settore sia relativamente piccolo, esse sono da considerare vitali per lo sviluppo dell'industria aerospaziale per il loro alto grado di flessibilità e creatività.

In Figura 3 e Figura 4 si può notare come anche per le PMI circa il 90% del fatturato e degli impiegati afferiscano al settore aeronautico.

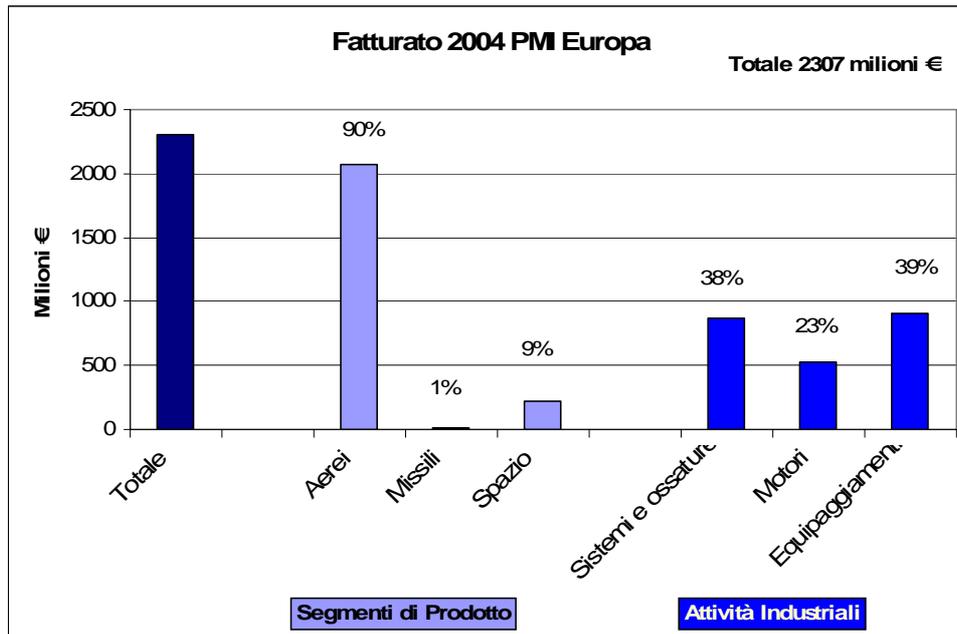


Figura 3 Fatturato 2004 PMI Europa

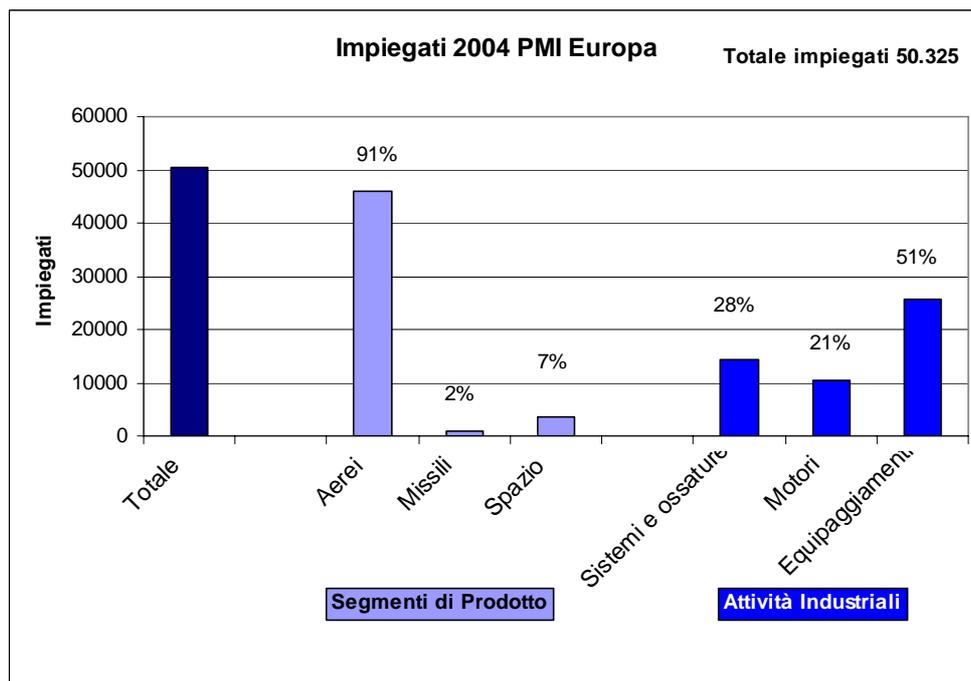


Figura 4 Impiegati 2004 PMI Europa

A livello mondiale, sospinta dai considerevoli aumenti degli investimenti per la Difesa, l'industria aerospaziale ha raggiunto nel 2004 complessivamente il livello record di volume di affari di 161 miliardi \$, con un aumento dell'8%; le previsioni per il 2005 confermano la crescita e ci si attende di realizzare un ulteriore 7,5%. In questo contesto lo Spazio ha una incidenza molto modesta, circa il 5%, come pure la parte missilistica a fronte della predominanza dei prodotti aeronautici (prodotto finito aeronautico 50%, struttura 4%, motori 8%, equipaggiamenti 8% e manutenzione 20%).

Profilo socio-economico sul comparto a livello Italiano

L'industria aerospaziale [4] rappresenta un elemento propulsivo della nostra economia: settima nel Mondo e quarta in Europa con un fatturato nel 2004 di 10,3 miliardi di euro (aeronautica, spazio, difesa) e con i suoi 50.000 addetti di cui 38.000 nei settori aeronautica e spazio costituisce uno dei pochi settori hi-tech rimasti in Italia.

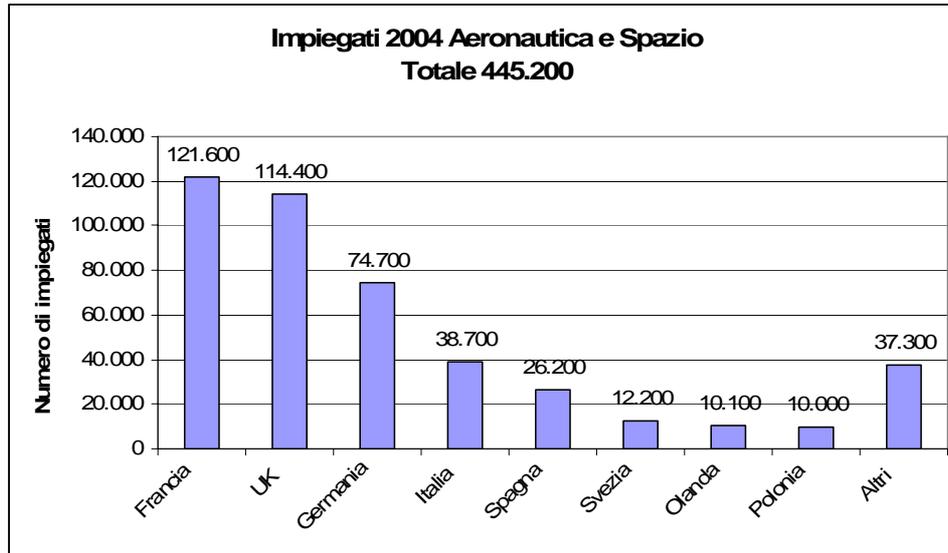


Figura 5 Impiegati 2004 Aeronautica e Spazio divisi per Nazione

Nel 2004 le imprese nazionali iscritte ad AIAD (Associazione Industrie per l'Aerospazio e la Difesa) hanno occupato, nel settore aerospaziale, oltre 38.000 unità e prodotto un fatturato di circa 6.200 milioni di euro. Il settore aerospaziale, pur rappresentando solo l'1% del PIL, contribuisce mediamente nella misura dell'8-10% alla determinazione attiva del saldo commerciale nazionale.

L'industria italiana detiene una posizione di rilievo mondiale negli elicotteri e nella produzione dei sistemi radar e di controllo del traffico aereo, e si colloca nelle prime posizioni a livello europeo per i velivoli da addestramento.

Si aggiungono capacità di nicchia nei velivoli turboelica per il trasporto regionale, nei velivoli per trasporto militare e nell'aviazione generale (*executive* ed aviazione leggera).

I poli di riferimento in Italia sono Brindisi, Genova, Napoli, Roma, Torino e Varese.



Figura 6 Poli di riferimento in Italia

Dimensionamento e qualificazione del settore aerospaziale nel Piemonte

Le dimensioni del settore

Il monitoraggio effettuato sul settore ha consentito di rilevare in Piemonte 106 aziende impegnate in attività aerospaziali [5]. Tale cifra, pur non pretendendo di censire l'intera realtà presente in regione, fornisce tuttavia con elevata approssimazione una valutazione della popolazione di imprese in ambito regionale. Inoltre, poiché il monitoraggio include tutte le maggiori imprese, si può affermare che i dati aggregati relativi a fatturato e addetti forniscono una buona stima della consistenza del settore in esame.

Nel 2002 a livello regionale queste aziende hanno realizzato nel settore un fatturato di 1.371 milioni di euro, con un'occupazione equivalente stimata in oltre 8.900 addetti.

Le cifre del settore in Piemonte

	Imprese che operano solo nel comparto Aeronautico	Imprese che operano solo nel comparto Spaziale	Imprese che operano in entrambi i comparti	In complesso
Imprese di cui:	46	7	53	106
- manifatturiere	36	4	32	72
- servizi tecnici	9	3	17	29
- altro	1	—	4	5
Addetti al settore aerospaziale*	3.941	990	3.977	8.907
di cui:				
- aeronautico	3.941	—	3.377	7.317
- spaziale	—	990	600	1.590
Fatturato del settore aerospaziale - 2002 (milioni di euro) *	392	156	823	1.371
di cui:				
- aeronautico	392	—	692	1.084
- spaziale	—	156	131	287

* I dati si riferiscono alla sola attività del settore aerospaziale realizzata in Piemonte. Non sono inclusi

valori riferiti all'attività svolta dalle aziende in altri settori o ad attività aerospaziali realizzate da esse in altre regioni.



L'articolazione per comparti

Il sistema aerospaziale che si è sviluppato in Piemonte vede una presenza significativa di operatori in entrambi i comparti che compongono il settore: l'aeronautico e lo spaziale.

Il comparto aeronautico è tuttavia la componente più rilevante.

Si può osservare, infatti, che 46 imprese operano esclusivamente in campo aeronautico ed altre 53 sono attive sia nell'aeronautico che nello spaziale, per un totale complessivo di 99 imprese.

Invece, la specializzazione in campo esclusivamente spaziale riguarda solo 7 aziende; tale valore sale comunque a 60 unità, se si considerano anche le imprese che hanno entrambi gli sbocchi.

Il maggior rilievo assunto dal comparto aeronautico è ancora più evidente se si fa riferimento al giro d'affari del settore e alle risorse umane in esso impegnate.

Nel 2002 il fatturato aeronautico delle unità piemontesi attive nel comparto è stato infatti di 1.084 milioni di euro (pari al 79,1% del totale del settore), mentre l'occupazione è valutabile in oltre 7.300 addetti (82,1%).

Il fatturato specifico delle attività in campo spaziale è stato invece di 287 milioni di euro con un impegno equivalente di circa 1.600 addetti.

L'attività delle imprese

Il settore presenta una notevole complessità sotto il profilo delle attività economiche coinvolte e delle specializzazioni tecnico-produttive che compongono l'offerta delle imprese.

Nel settore, nei termini circoscritti dall'indagine, sono infatti compresenti:

- imprese con attività di tipo prevalentemente manifatturiero,
- imprese con attività costituita essenzialmente da servizi tecnici,
- imprese che svolgono attività commerciale o di servizio per il mercato.

Le imprese manifatturiere sono la componente numericamente più consistente e quella più significativa sotto il profilo delle grandezze economiche che ad esse fanno capo.

I sistemi e i sottosistemi di applicazione

I beni che costituiscono l'output finale del settore aerospaziale sono costituiti in entrambi i comparti da molteplici sistemi, tra loro molto diversi sotto il profilo tecnico e funzionale.

Ciascuno di questi sistemi è a sua volta scomponibile in numerosi sottosistemi, a loro volta caratterizzati da un elevato grado di complessità.

Nel corso dell'indagine si è cercato di tracciare una mappa delle competenze presenti nelle aziende piemontesi rilevando i sistemi e i sottosistemi in cui esprimono o trovano sbocco le loro attività.

Il profilo che ne emerge mostra una realtà regionale in grado di offrire, nel suo insieme, una gamma di competenze ad ampio spettro e di contenere al suo interno know how e capacità produttive che hanno rilievo nella realizzazione della totalità dei sistemi e sottosistemi che fanno capo al settore.

Questa considerazione vale sia nel caso delle aziende manifatturiere, sia in quelle specializzate in servizi tecnici.

La produzione di velivoli è comunque quella che coinvolge il maggior numero di aziende (68 in complesso, di cui 43 manifatturiere e 20 nei servizi tecnici).



Sono inoltre 50 le aziende impegnate nella catena operativa che fa capo alla realizzazione di satelliti e altrettante in quella della progettazione e fabbricazione di motori in campo aeronautico.

L'articolazione delle competenze diventa ancora più evidente se si analizza il campo di applicazione ad un maggior grado di dettaglio, scomponendo ciascun sistema nei corrispondenti sottosistemi che lo compongono.

Le dimensioni aziendali delle imprese piemontesi del settore

L'industria aerospaziale piemontese vede impegnate aziende di tutte le dimensioni.

Facendo riferimento ai soli occupati degli stabilimenti e uffici localizzati in Piemonte si osserva in particolare che 88 unità (83% dell'insieme) sono caratterizzate da una dimensione operativa regionale inferiore a 99 addetti; in questo studio queste imprese vengono identificate come PMI e ad esse è dedicata un'analisi specifica - e più approfondita nei contenuti - nella sezione successiva.

Le PMI, così definite, totalizzano un fatturato aerospaziale che sfiora i 100 milioni di euro; in termini di grandezze economiche sono tuttavia le aziende maggiori ad avere un peso determinante nel complesso del settore. Ciò è particolarmente evidente in ambito manifatturiero.

La dipendenza delle aziende dal settore aerospaziale

Nell'insieme delle attività che compongono la filiera aeronautica piemontese convivono aziende con una marcata specializzazione della loro attività in campo aerospaziale, con altre in cui il settore rappresenta una componente secondaria della loro attività.

Nel complesso si osserva che in 41 delle 106 unità rilevate l'attività svolta in campo aerospaziale concorre per almeno l'80% alla formazione del giro d'affari realizzato in Piemonte (in 21 casi è l'attività esclusiva), mentre all'estremo opposto troviamo 27 aziende in cui l'aerospaziale non raggiunge il 20% del fatturato che esse realizzano con i loro stabilimenti e uffici localizzati in regione.

La rilevanza delle imprese nell'economia del settore

L'ampio ventaglio dimensionale che caratterizza le unità del settore presenti in Piemonte, da un lato, e la variabilità elevata evidenziata dalla dipendenza settoriale degli stessi operatori, dall'altro lato, determinano livelli estremamente differenziati nel contributo che i singoli soggetti danno alla realizzazione del giro d'affari aggregato che viene prodotto in regione.

Si consideri ad esempio che 64 aziende - il 60% dell'insieme - contribuiscono per 46 milioni di euro al giro d'affari di settore, cioè poco più del 3% del totale.

Rilevanza assoluta delle imprese per il settore e dipendenza delle imprese dal settore

Due degli indicatori sinora considerati:

- il valore assoluto del fatturato che le aziende realizzano nel settore
- l'incidenza che il settore ha sul fatturato delle imprese

esprimono, da un lato, l'importanza che l'azienda assume nell'economia del settore a livello regionale, dall'altro lato l'importanza che il settore assume nell'economia delle aziende, quantomeno per l'attività svolta in Piemonte.



Per sintetizzare le combinazioni esistenti tra questi due indicatori, si sono raggruppate le classi corrispondenti, individuando per ognuno di essi tre livelli distinti - che possiamo convenzionalmente qualificare come basso, medio, alto - definiti nei termini seguenti:

Indicatore		
	Importanza dell'azienda nell'economia del settore Livello Valore del fatturato aerospaziale in migliaia di euro	Importanza del settore nell'economia dell'azienda Incidenza del fatturato aerospaziale sul fatturato aziendale (%)
Basso	Da 1 a 5.00	1 – 19%
Medio	Da 500 a 5.000	20 – 79%
Alto	5.000 e più	80 – 100%

Sulla base di tali classificazioni si può osservare che sono presenti tutte le combinazioni possibili, anche se, nel caso di elevato importo del fatturato aerospaziale, solo occasionalmente la rilevanza del settore per l'azienda risulta di livello medio (3 casi) o basso (1 solo caso).

Appare inoltre opportuno evidenziare alcune casistiche che si collocano agli estremi.

Ad un estremo troviamo, infatti, 14 unità, che totalizzano un fatturato aeronautico di 1.270 milioni di euro, in cui sono elevati tanto l'importanza che esse assumono per il settore, quanto il peso che il settore assume nella loro attività. Ad esse fa capo il 92% del giro d'affari aggregato che il settore contabilizza a livello regionale. All'altro estremo si collocano 20 aziende, in cui l'attività aeronautica rappresenta una componente secondaria del loro business e che contribuiscono singolarmente per valori molto modesti al giro d'affari del settore. Il loro peso complessivo sul fatturato aeronautico piemontese si aggira sui 3 milioni di euro, con un'incidenza relativa del tutto marginale (0,2%).

La concentrazione dell'attività

I dati sulla dimensione delle imprese e quelli relativi alla distribuzione per classi di importo del giro d'affari di settore confermano con ampia evidenza che l'attività che fa capo al settore è fortemente concentrata.

Possiamo rilevare che tale concentrazione si manifesta tanto nel settore manifatturiero, quanto in quello dei servizi e che tale caratteristica si mantiene anche se si analizzano separatamente i fatturati dei due comparti.

L'organizzazione della filiera

I dati quantitativi finora esaminati hanno permesso di apprezzare la consistenza del settore in ambito regionale, di verificare il rilievo che in esso assumono sia le attività manifatturiere e quelle di terziario tecnico, di evidenziare attraverso le cifre la compresenza di imprese e di unità con scale operative estremamente differenziate.

In tutti questi aspetti si riflette peraltro un tratto distintivo del settore, vale a dire la sua organizzazione in termini di filiera. Tale aspetto è ancor più evidente se si considerano in primo luogo le aziende manifatturiere ed i rapporti di tipo verticale che le caratterizzano. La collocazione all'interno della filiera dei diversi produttori tende a correlarsi, peraltro, con le dimensioni operative delle unità, anche se tale correlazione non può essere intesa in senso rigido.



In ambito manifatturiero, infatti, la filiera produttiva si sviluppa verticalmente in tutte le sue componenti e può essere sinteticamente descritta individuando tre livelli:

- i produttori finali di sistemi e sottosistemi complessi
- le aziende fornitrici di assiemi, componenti o gruppi funzionali che vengono incorporati in tali sottosistemi
- i subfornitori di parti, lavorazioni e attrezzature specializzate.

Anche all'interno di ciascun livello si trovano comunque imprese impegnate in attività estremamente differenziate, in cui si riflette la complessità tecnologica dei beni (sistemi) che caratterizzano l'output finale dei due comparti.

Il settore aerospaziale piemontese risulta infatti caratterizzato dalla presenza sul territorio di un esteso mix di competenze tecnologiche e di capacità produttive differenziate nel campo della metallurgia, della meccanica, dell'elettromeccanica, dell'elettronica, delle produzioni e lavorazioni delle materie plastiche, della gomma e degli altri materiali che trovano applicazione nei molteplici e complessi sistemi che rappresentano l'output finale del settore.

I grandi produttori

A valle della filiera operano alcune grandi aziende e unità produttive di importanti imprese e gruppi industriali, leader nazionali e ampiamente noti a livello internazionale, come *Alenia Spazio*, *Alenia Aeronautica*, *Avio Spa (ex Fiat Avio)*, *Galileo Avionica*. Ad esse fanno capo lo sviluppo e la produzione di sistemi avionici ed elettrottici, di radar ed elettrobersagli, di simulatori di volo, di propulsori spaziali, di sistemi per satelliti scientifici e infrastrutture spaziali, di moduli per propulsori aeronautici, di velivoli o di segmenti di velivoli; i loro impieghi vanno dal trasporto civile alle applicazioni scientifiche, dalle telecomunicazioni alla difesa.

Non manca, infine, nel panorama produttivo piemontese la costruzione di piccoli aerei ultra leggeri realizzati, tuttavia, da un paio di piccole aziende.

La media industria specializzata

A fianco delle maggiori imprese, che si collocano all'estremo terminale della filiera aerospaziale e che sono storicamente presenti nella regione, si è andato sviluppando e consolidando un gruppo di 15-20 unità produttive di dimensione media e medio-grande che sono specializzate nella produzione di parti, componenti o interi gruppi funzionali per il settore aeronautico e spaziale (tra queste, per limitarsi a qualche esempio, *Microtecnica*, lo stabilimento *Getti Speciali di Teksid Aluminium*, la divisione *Cuscinetti Avio di SKF Industrie*, *Mecaer Meccanica Aeronautica*, *Ilmas*).

L'offerta piemontese in questo campo spazia dai cuscinetti ai gruppi meccanici, dalle parti di motori ai semilavorati in alluminio, dai carrelli di atterraggio agli equipaggiamenti idraulici.

Le PMI di subfornitura

A monte della filiera opera infine un insieme di 50-60 aziende manifatturiere, in prevalenza piccole e medie imprese di subfornitura, che dispongono di tecnologie e processi produttivi compatibili con gli standard tecnici (di qualità, di precisione, di capacità nel trattare materiali speciali, ecc.) che sono richiesti dall'industria aerospaziale.



La produzione di queste aziende si configura essenzialmente come fabbricazione di pezzi - generalmente sulla base di disegni e specifiche dei committenti - o nell'esecuzione di specifiche lavorazioni. Le attività di queste aziende variano dalla realizzazione di particolari meccanici o in altro materiale all'assemblaggio di circuiti elettronici, dallo stampaggio di acciai ai trattamenti termici e di superficie, dalla costruzione di stampi, utensili e attrezzature ai cablaggi elettrici. In questo caso l'apporto fornito dalle aziende alla filiera, in genere, non è dato tanto da competenze specifiche nel settore aeronautico, quanto dall'esistenza di una capacità produttiva che si basa su processi industriali e tecnologie avanzate, idonee a soddisfare le esigenze di fornitura delle aziende che occupano le posizioni terminali e intermedie della filiera.

Nel caso di queste aziende la collocazione nella filiera, pertanto, non sempre è determinata da un know how di prodotto, ma deriva piuttosto dalle opportunità di mercato che di volta in volta si prospettano.

Mentre per alcune di queste aziende la domanda originata dal settore aerospaziale rappresenta una quota maggioritaria del fatturato, in altri casi le forniture che trovano sbocco in questo settore assorbono soltanto una frazione limitata della capacità produttiva.

Come per altro avviene in altri contesti internazionali, l'industria aeronautica piemontese si avvale infatti, sul proprio territorio, anche di imprese di subfornitura che hanno i loro mercati di riferimento in altri settori industriali, come l'automotive o l'industria del macchinario, ma che dispongono di capacità produttive fungibili in termini di settori di applicazione.

In quest'ultimo caso il legame con il settore aerospaziale può diventare più o meno ampio a seconda dei livelli di domanda che si manifestano nelle componenti industriali che si posizionano più a valle della filiera e in funzione delle loro politiche di allocazione sul territorio dei fabbisogni di fornitura.

A conferma di questo vi è il fatto che, come rilevato in sede di indagine, nel sistema industriale piemontese sono presenti numerose altre piccole e medie aziende di fornitura che, pur non svolgendo attualmente attività diretta nel campo spaziale o aeronautico, sono dotate di esperienze, tecnologie e capacità tecnico-produttive adeguate e sono potenzialmente disponibili per un inserimento nel settore.

Il terziario tecnologico

La quarta e ultima componente imprenditoriale, che completa la filiera aerospaziale piemontese, è costituita come si è già visto, dalle imprese che affiancano la produzione manifatturiera attraverso la fornitura di servizi tecnico-industriali.

Le attività di servizio che in Piemonte operano nel settore comprendono competenze e capacità che vanno dalla progettazione alla modellazione, dal design industriale al calcolo strutturale, ma includono anche la produzione di software specializzati, l'esecuzione di test e di prove di laboratorio.

Anche in questo caso, ovviamente, la dimensione largamente prevalente è quella piccola e media.



Dimensionamento e qualificazione del settore aerospaziale nel Lazio

Segmenti del settore

Materiali

I vari settori [6] che qualificano la produzione di "macchine" delle industrie del Lazio includono componenti meccanici, elettronici e mecatronici che formano sistemi e sottosistemi realizzati in materiali innovativi che richiedono tecnologie di fabbricazione e di lavorazione particolari ed una elevata capacità di adeguare la progettazione alle necessità funzionali ed ai vincoli di forma imposti dall'impiego dei nuovi materiali stessi. In tutte queste applicazioni si impongono approcci specifici di progettazione meccanica, di lavorazione di precisione, di finitura e di trattamenti superficiali per lo sviluppo delle quali le imprese del Sistema Produttivo Locale del Lazio possono collaborare con altre realtà produttive italiane come ad esempio quella di Napoli, di Torino, di Varese e di Brindisi.

Componenti strutturali ed equipaggiamenti meccanici per aeromobili

In questo ampio segmento di attività sono presenti imprese attive nella progettazione e produzione di strutture e di componenti strutturali per aeromobili ad ala fissa e mobile.

Motoristica

Le nostre imprese nel settore motoristico si confrontano con i leader mondiali nelle turbine a bassa pressione e nella produzione di ingranaggi, nonostante le dimensioni industriali inferiori. Diverse imprese operano nell'ambito di progetti internazionali.

Sistemi ed Equipaggiamenti

Nel Lazio si sono sviluppate ed affermate aziende medie e grandi che operano nel settore dei sistemi ed equipaggiamenti nei campi delle comunicazioni aeronautiche e spaziali, la radionavigazione, la sorveglianza e l'identificazione, terminali per l'area aeroportuale negli ambienti ATC ed ATM, nonché sistemi di controllo, gestione ed interconnessione di reti di sensori, attuatori e di reti di comunicazione eterogenee fisse e mobili (per reti ATN).

Servizi e supporto

In questo segmento nella regione operano imprese grandi e piccole che forniscono servizi professionali manutentivi, tecnici ed ingegneristici dedicati al controllo del traffico aereo, sistemi di logistica integrata e servizi a valore aggiunto per applicazioni civili e militari, servizi di ingegneria, manutenzione e logistica per aerei commerciali, manutenzione motori aeronautici, servizio aereo ed aeroportuale.

Il Sistema delle imprese

La Regione Lazio rappresenta un'area di eccellenza di livello internazionale nel settore aerospazio con imprese che hanno elevate capacità tecniche e sono connotate dalla qualità dei prodotti e da tutta una serie attività diversificate ad ampio spettro anche all'interno di grandi progetti.

Le capacità si esprimono nella manifattura, nelle applicazioni e servizi, nella logistica, nell'assistenza tecnica in campo aeronautico, nella fabbricazione di strutture e componenti strutturali metallici e non, nella produzione di equipaggiamenti e di sistemi integrati per la difesa aerea, nell'avionica con prodotti di alta qualità tecnica, nella miniaturizzazione di dispositivi elettronici utilizzati, nei



sistemi con progettazioni e tecnologie microelettroniche e nella progettazione e realizzazione di Stazioni di Terra per le Reti di Telecomunicazione e Telerilevamento con uso di satelliti.

Le imprese del settore aerospaziale del Lazio

La struttura produttiva del Comparto aeronautico è ampiamente diffusa sul territorio nei settori elicotteristica, missilistica, avionica ed equipaggiamenti aeronautici, sistemi elettronici per la difesa, motoristica, aeronautica e sistemi spaziali (lanciatori e satelliti), aeroportualità. Tali settori sono senz'altro dei nostri poli di eccellenza che possono ambire alla leadership europea come partner di pari dignità nei progetti di aerei da combattimento anche senza pilota (UAV), addestramento al volo, convertiplano, programmi spaziali, ricerca e sviluppo di sistemi di propulsione avanzati, ecc.

L'industria Aeronautica, Spaziale, ATM ed Aeroportuale, inclusa la Difesa, rappresenta quindi nella Regione Lazio una realtà, sia dal punto di vista della manifattura che per l'offerta di servizi di grande rilevanza.

A **Frosinone** ed **Anagni**, ad esempio, si progettano e si producono importanti sottoinsiemi di molti elicotteri, per programmi nazionali e nell'ambito di collaborazioni internazionali, con particolare riguardo alla specializzazione nella produzione dei materiali compositi per pale e complessi rotanti. Inoltre si effettuano le manutenzioni, revisioni, ammodernamenti, di elicotteri Bell, Sikorsky, Boeing, Agusta per tutte le Forze Armate e gli Enti Governativi Italiani ed Esteri.

A **Latina** si progettano e costruiscono importanti strutture aeronautiche di cellula e sistemi di equipaggiamento destinati ai velivoli civili e militari.

A **Colleferro** si progettano tutti i motori a propellente solido di Ariane e di Vega, e si produce una parte rilevante e qualificatissima dei loro componenti insieme a booster completi per missili terra-aria e aria-aria.

L'**Area Tiburtina di Roma** è caratterizzata da imprese del settore aerospaziale ed avionico operanti da anni sul mercato internazionale all'interno di molti progetti con proprie procedure di sviluppo. Nell'ambito romano operano anche imprese produttrici di velivoli ultraleggeri ecc.

Roma/Fiumicino è il punto di riferimento per le attività di Engineering e Maintenance, originariamente collocate nella vecchia struttura organizzativa dell'Alitalia all'interno della "Città del Volo" di Fiumicino, dedicate allo sviluppo ed alla gestione delle attività di ingegneria e manutenzione per la flotta del gruppo nonché per flotte di clienti terzi di tutto il mondo.

Nell'**Area Industriale di Pomezia** opera la Marconi Selenia Communications che progetta e produce Sistemi e Apparati per il settore Avionico e per il settore Spaziale (Segmento di Terra) per applicazioni di Telecomunicazioni e Telerilevamento.



**Imprese del settore AERONAUTICO, AEROSPAZIALE, AEROPORTUALE
operanti nel Lazio (elenco indicativo e non esaustivo)**

AEROPORTI DI ROMA ENGINEERING SRL	ROMA FIUMICINO
AEROSSECUR SPA	APRILIA
AEROSTUDI SPA	APRILIA
AGUSTA SPA	APRILIA
AIPORT EQUIPMENT SRL - AVIOGEI	LATINA
AIRMEDITERRANEA S.r.l	VITERBO
AISOFTWARE TECHNOLOGIES & SOLUTIONS SPA	ROMA
ALENIA AERONAUTICA SPA	ROMA
ALENIA SPAZIO SPA	ROMA
ALITALIA SPA	ROMA
ALSTOM FERROVIARIA SPA	COLLEFERRO
AMS SPA	ROMA
AMTEC	ROMA
ARC DATA SPA	ROMA
ASE SPA	ROMA
ASTEA SRL	ROMA
AVIO SPA	COLLEFERRO
AVIOGEI AIRPORT EQUIPMENT	ROMA
AVIOINTERIORS SPA	LATINA
AVIOTEAM SRL	ROMA
CEA SPA	FROSINONE
CESIS	FIANO ROMANO
CSM	ROMA
ELECTRON	ROMA
DATAMAT SPA	ROMA
ELETTRONICA SPA	ROMA
ELV	ROMA
ENGINEERING INGEGNERIA INFORMATICA SPA	ROMA
FREEAIR HELICOPTER S.p.A.	ROMA
GALILEO AVIONICA SPA	ROMA
CGT ELETTRONICAS.r.l.	VITERBO
ILS SRL	ROMA FIUMICINO
INFORDATA SPA	LATINA
ITACA SPA	ROMA
IPERFLY S.r.l.	VITERBO
LEAT SRL	ROMA CIAMPINO
LITAL SPA	ROMA POMEZIA
LUTEC	ROMA
MARCONI SELENIA COMMUNICATION SPA	POMEZIA
MBDA SPA	ROMA
MECCANO AERONAUTICA SPA	LATINA
MES SPA	ROMA
OFF. MECCANICHE LAV. AERONAUTICHE SPA	ROMA
OERLIKON CONTRAVES SPA	ROMA
PROSIDER SPA	ROMA
RADIOLABS	ROMA
SECURTEAM	ROMA
SEFIND SRL	ROMA
SICAMB SPA	LATINA
SIMMEL SPA	COLLEFERRO
SIRTI SISTEMI SPA	ROMA
SISTEMA COMPOSITI SPA	FROSINONE
SISTEMI S.a.s	VITERBO
STUDIO PIACENTINI SRL	VITERBO
STUDIO VALLE SRL	ROMA
SKY STAR SERVICE SRL	ROMA FIUMICINO
SOFITER SPA	ROMA
T2 SRL	ROMA
TECNO ENGINEERING 2C SRL	ROMA
TELESPAZIO SPA	ROMA
THALES COMMUNICATION SPA	ROMA
VITROCISSET SPA	ROMA

(Fonte: " Confindustria Lazio - Consulta Regionale del Comparto
Aeronautico- Aerospaziale -Aeroportuale del Lazio" - Luglio 2003)

Ruolo delle PMI

Tim Ripley [1] sostiene che "oltre l'80% del valore di un aereo moderno e dei programmi della difesa sono usualmente dati in outsourcing dai principali prime contractor che concentrano i loro sforzi nelle fasi di ricerca, progettazione e assemblaggio di grandi progetti. La maggior parte dei componenti, dei sottosistemi e degli equipaggiamenti specialistici sono comprati da fornitori esterni. Questi sono prevalentemente piccole e medie industrie private e indipendenti con meno di 250 impiegati e con un fatturato annuo inferiore ai 40 milioni di euro. Le PMI generano poco meno del 3,3 % del fatturato del settore aerospaziale e della difesa europeo (109 miliardi di euro). Le PMI sono, quindi, soprattutto focalizzate nella produzione di componenti ed equipaggiamenti che vengono poi assemblati ai livelli superiori della catena dei fornitori, mentre solo poco più del 20% della produzione è diretto verso utenti finali anziché verso i prime contractor.

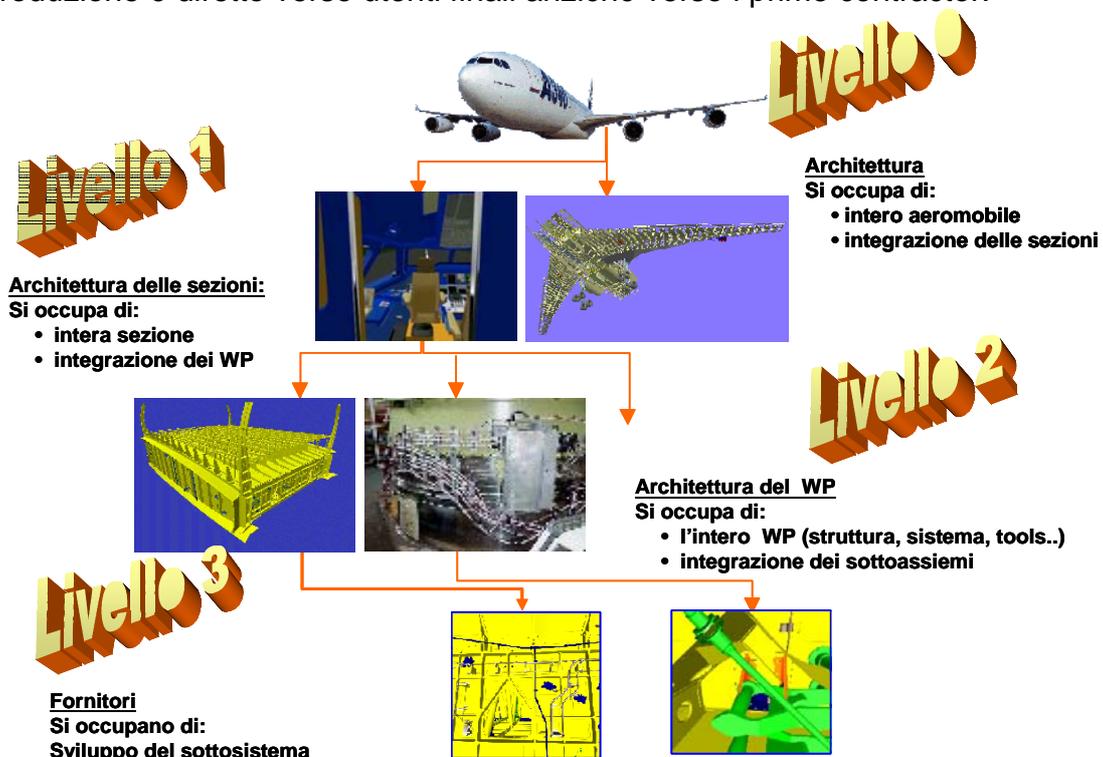


Figura 7 Catena fornitori settore aeronautico

Come mostrato in Figura 7 [2] la filiera produttiva si sviluppa verticalmente in tutte le sue componenti e può essere sinteticamente descritta individuando tre livelli:

1. i produttori finali di sistemi e sottosistemi complessi (sezioni)
2. le aziende fornitrici di assiemi, componenti o gruppi funzionali che vengono incorporati in tali sottosistemi (sottosezioni)
3. i subfornitori di parti, lavorazioni e attrezzature specializzate (componenti).

a cui si aggiunge un quarto che è l'assemblaggio dell'intero aeromobile (livello 0). La collocazione [5] all'interno della filiera dei diversi produttori tende a correlarsi, peraltro, con le dimensioni operative delle unità, anche se tale correlazione non può essere intesa in senso rigido e quindi le PMI si trovano, nella maggior parte dei casi, al livello 3.



Anche all'interno di ciascun livello si trovano comunque imprese impegnate in attività estremamente differenziate, in cui si riflette la complessità tecnologica del prodotto finale.

La situazione della PMI dell'Aerospazio in Piemonte

Il settore aerospaziale in Piemonte può contare su un'offerta di produzioni e servizi ampia e variegata proveniente da piccole e medie imprese, che costituiscono la base di riferimento per la committenza locale ed anche esterna al Piemonte.

Le considerazioni che seguono si riferiscono a 88 unità (imprese o unità piemontesi di aziende con insediamenti pluriregionali) da 1 a 99 addetti, che attualmente contribuiscono, in varia misura, alla produzione aerospaziale del Piemonte. Di esse 59 appartengono al settore manifatturiero, 24 realizzano servizi tecnici e 5 offrono servizi commerciali e consulenziali.

Queste imprese hanno realizzato nel 2002 un fatturato di 239 milioni di euro, di cui circa 97 milioni, pari al 40,6%, nel settore aerospaziale.

Tipologia dell'attività e campi di applicazione

I loro ambiti di attività sono molto vari e spaziano dalle lavorazioni meccaniche di precisione e di particolari aeronautici alla costruzione di particolari e gruppi meccanici per i settori aeronautico e spaziale, dallo stampaggio di acciai e leghe leggere alla costruzione di attrezzature speciali per l'industria aerospaziale, dalla realizzazione di sistemi e sottosistemi alle costruzioni criogeniche e di impianti nel campo del vuoto, dagli strumenti e apparecchiature elettriche ed elettroniche per aeromobili e satelliti allo sviluppo di sistemi elettronici ed ottici per i settori militare e spaziale.

Non manca, poi, tutta una serie di attività di supporto sia per controlli, manutenzioni e riparazioni sia in campo progettuale, ingegneristico, del calcolo strutturale, della prototipazione, della consulenza logistica e dello sviluppo di tecnologie applicabili in ambito aeronautico e spaziale.

Il quadro è completato da imprese che offrono consulenza commerciale, ricerca di nuove opportunità, rappresentanze e distribuzione di prodotti inerenti il settore aerospaziale.

L'eterogeneità delle attività porta anche ad una diversificazione dei settori di sbocco: 50 imprese servono sia il settore spaziale che quello aeronautico, 33 sono specializzate solo per il settore aeronautico e 5 solo per il settore spaziale.

Entrando più nel dettaglio si può osservare come l'insieme delle PMI piemontesi sia in grado di rispondere alle esigenze provenienti dai diversi sottosistemi in cui può essere scomposto il settore aerospaziale. Gli sbocchi verso cui si indirizzano più frequentemente le produzioni delle imprese sono rappresentati dai velivoli, in particolare per quanto concerne le parti della struttura, dai motori per velivoli - in primo luogo parti e componenti per turboreattori e dai satelliti, specialmente per quanto concerne parti e componenti della loro struttura.

Relativamente numerose sono anche le aziende che realizzano lavorazioni o prodotti o servizi che trovano applicazione nei motori a turboelica, nelle strutture e nei motori per lanciatori, nelle infrastrutture dei sistemi di terra sia in campo aeronautico che spaziale.

Nella maggioranza dei casi l'attività è svolta in un unico stabilimento (71 imprese su 88 pari all'80,6%), ma anche tra le PMI vi sono imprese che operano su più unità locali. In particolare, delle 17 imprese che hanno più stabilimenti, 8 li hanno in Piemonte, 6 in altre regioni italiane, 2 all'estero e 1 sia in Italia che all'estero. L'attività articolata su più unità produttive è relativamente più frequente tra le società di servizi tecnici.

Dimensioni delle imprese

Le dimensioni prevalenti sono quelle da 10 a 19 addetti e da 20 a 49 addetti, che rappresentano oltre la metà dell'insieme esaminato.

La dimensione media è di 26,1 addetti; questo valore è però la risultante di situazioni diverse tra imprese manifatturiere, che presentano una dimensione media di 31 addetti, e quelle di servizi tecnici, che sono più piccole e hanno in media 16,9 addetti. Ancora più ridotta è poi la dimensione delle imprese di consulenza e commercio.

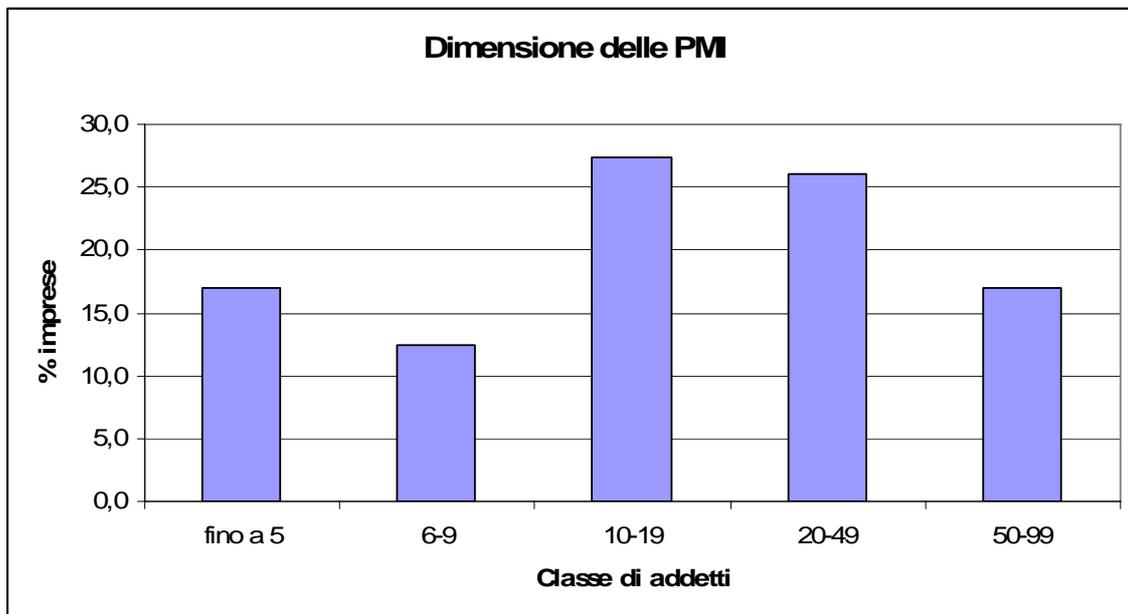


Figura 8 Dimensioni delle PMI

Complessivamente, queste aziende occupano oltre 2.200 addetti, con una composizione ovviamente differenziata tra imprese manifatturiere e imprese di servizi tecnici.

Tra le PMI, 6 su 10 realizzano volumi d'affari annui superiori al milione di euro e il fatturato più ricorrente oscilla tra 1 milione e 2,5 milioni di euro.

Mediamente il fatturato è di 2,7 milioni di euro all'anno. Nell'insieme esaminato sono comunque presenti realtà molto diverse tra loro: aziende con fatturati molto contenuti e all'opposto imprese con consistenti volumi d'affari, che però non superano mai i 25 milioni di euro.

I fatturati più elevati si riscontrano nell'ambito delle imprese manifatturiere che in media realizzano un giro d'affari pari a 3.540 migliaia di euro. Più limitato è il fatturato delle imprese di servizi tecnici, che mediamente si attesta su 1.854 migliaia di euro; di poco inferiore è quello delle imprese di consulenza e commercio.



Composizione del personale
Distribuzione percentuale degli addetti

In complesso	%	di cui:	
		Manifatturiere	Servizi tecnici
Titolari	8,1	6,5	18,0
Dirigenti	2,4	2,5	2,0
Quadri	2,4	1,7	7,0
Impiegati	27,4	24,2	52,5
Operai	53,5	61,9	3,0
Apprendisti	2,9	2,7	4,0
Altri			
	2,3	0,5	13,5
Totale	100,0	100,0	100,0

La dipendenza delle PMI dal settore aerospaziale è piuttosto accentuata: il 56,8% realizza oltre la metà del fatturato in questo settore e, in particolare, il 17,0% delle PMI in esame ha come unico sbocco l'aerospaziale.

La piccola dimensione è talora compensata dall'appartenenza a gruppi di imprese che ne aumenta sia le potenzialità produttive sia le capacità di incorporare innovazioni tecnologiche.

Un'impresa su 10, infatti fa parte di un gruppo: nella metà dei casi si tratta di un gruppo internazionale, mentre nell'altra metà si tratta di gruppi nazionali o locali.

L'appartenenza a gruppi è più frequente tra le società di servizi tecnici e, in particolare, tra quelle che si occupano di progettazione e prototipazione.

Capacità tecniche e progettuali

Gli impianti, i sistemi di produzione, le strumentazioni, i software specializzati utilizzati dalle PMI piemontesi per realizzare lavorazioni e prodotti od offrire servizi specifici per l'aerospaziale spaziano dai supporti più tradizionali a strumentazioni molto avanzate sotto il profilo tecnologico.

La loro tipologia è molto varia in conseguenza dell'ampia gamma di produzioni e servizi offerti.

Nell'insieme si può osservare che è diffuso l'impiego di tecnologie di progettazione: in 7 aziende su 10 la progettazione è effettuata su computer (CAD) e in più di 1 su 2 la produzione dei progetti CAD è effettuata con l'utilizzo del computer (CAM). In più di 1 su 4 sono disponibili sistemi di ingegnerizzazione e programmi CAE e in altrettante è presente il CAD digitale.

Queste tecnologie sono diffuse non solo presso le imprese che realizzano servizi tecnici come progettazione, servizi di ingegneria, calcolo, ma anche tra le imprese manifatturiere, che, come si vedrà in seguito, sono spesso dotate di proprie capacità progettuali.

Relativamente diffuse sono pure le tecnologie di rete, anche se la loro presenza è meno frequente delle tecnologie di progettazione.

Più di 4 imprese su 10 dispongono di una rete locale (LAN) per comunicare tra i reparti progettazione e produzione e circa 2 su 10 per un controllo continuo della produzione. Meno diffusa è la rete per comunicazioni dirette con subfornitori e/o



clienti (WAN), ma, comunque, è presente in 1 azienda su 10. Proprio per le caratteristiche di impiego, questo tipo di tecnologie appare più diffuso tra le imprese di produzione che tra le imprese di servizi.

Numerose imprese sono inoltre dotate di impianti speciali per la realizzazione di specifici particolari o lavorazioni aeronautiche e/o spaziali e di strumentazione per controlli e collaudi (ad esempio macchine di misura tridimensionali o impianti per controlli non distruttivi).

Tra le imprese di servizi tecnici, dove l'attività si presenta più variegata, anche le tecnologie impiegate appaiono più diversificate e più difficilmente incasellabili in tipologie di impianti e strumentazioni più o meno tradizionali. In 8 casi su 10, infatti, le imprese hanno segnalato dotazioni tecnologiche particolari e sistemi software specifici per la loro attività.

Le dotazioni tecniche non appaiono correlate con l'intensità di attività nel settore aerospaziale: esse sono diffuse in misura abbastanza simile sia tra le imprese che realizzano quote elevate di fatturato in questo settore, sia in quelle dove l'aerospaziale ha un'incidenza più o meno marginale sull'economia aziendale.

In merito alle capacità tecnologiche delle PMI piemontesi che operano nell'ambito aerospaziale, va ancora ricordato che alcune di esse dispongono di propri brevetti (16,7%) e/o hanno sviluppato delle proprie tecnologie (18,3%), mentre 1 su 10 opera su licenza di terzi.

La qualificazione tecnologica di queste imprese molto spesso è specifica per il settore aerospaziale.

Infatti 1 su 2 ha dichiarato di disporre di know how specifico nel campo delle produzioni per i settori spaziale e/o aeronautico, come ad esempio stampaggio e saldature di materiali aerospaziali, sviluppo di sistemi avionici e di supporto, industrializzazione di componenti aeronautici e spaziali, sistemi di calcolo.

La disponibilità di capacità specifiche per il settore aerospaziale cresce al crescere dei volumi di affari realizzati in questo settore, mentre non sembra dipendere dalle dimensioni aziendali.

Per talune lavorazioni o fasi del processo produttivo o del servizio, larga parte delle imprese si avvalgono di strutture terze a cui ne affidano l'esecuzione. Nel 26,7% dei casi il decentramento è sistematico, mentre per il 51,7% delle imprese il ricorso a terzi è occasionale e serve a integrare la propria capacità produttiva in momenti di punta o per richieste particolari.

Il ricorso al decentramento è frequente presso tutte le tipologie di aziende, ma appare più accentuato per i servizi tecnici.

La propensione a demandare all'esterno alcune fasi del lavoro appare una modalità operativa che permarrà anche nel prossimo futuro, visto che il 55,0% delle imprese è interessato a ricercare nuovi fornitori, principalmente per ampliare l'attuale parco, ma, in taluni casi, anche per avviare un processo di decentramento non ancora attuato.

La ricerca si orienta principalmente verso aree vicine, ma non mancano imprese interessate a decentrare parte della propria attività in altre regioni italiane ed anche all'estero.

Livello di internazionalizzazione

Il mercato delle PMI piemontesi che operano nel settore aerospaziale è abbastanza articolato:



il 53,5% delle imprese opera sia sul mercato regionale e nazionale che sui mercati esteri ed il 35,0% sul mercato locale e nazionale. Solo una frazione residuale ha un mercato circoscritto all'ambito della regione.

Il peso dei mercati extra regionali non è affatto irrilevante. Infatti, guardando le quote di fatturato realizzate nei diversi contesti si osserva che, mediamente, solo il 46,2% del fatturato è realizzato in Piemonte, mentre la restante parte esce dai confini regionali e più precisamente il 41,4% è attivato dalla domanda proveniente da altre regioni italiane ed il 12,4% dalla domanda proveniente da clienti esteri.

La capacità di operare ad ampio raggio non differisce sostanzialmente tra imprese manifatturiere e di servizi tecnici, se non per il fatto che queste ultime, nonostante siano praticamente tutte presenti sul mercato nazionale, realizzano comunque la maggior parte del loro fatturato in Piemonte.

La presenza sui mercati esteri delle PMI in esame tende ad essere più diffusa al crescere delle dimensioni, come d'altronde avviene anche presso le altre piccole e medie imprese; in particolare, al di sotto della soglia dei 6 addetti, l'attività sui mercati internazionali coinvolge un numero piuttosto limitato di imprese.

Di maggior interesse per questo studio è invece constatare che la quota di aziende esportatrici decresce al crescere della dipendenza dal settore aerospaziale. Questo lascia supporre che per le PMI piemontesi sia più facile trovare sbocchi sui mercati esteri per prodotti e servizi destinati ad altri settori che non per quelli destinati all'aerospaziale.

Soffermando ancora l'attenzione sulle performance delle PMI sui mercati esteri, si osserva che

per una quota non trascurabile di esse la domanda proveniente dall'estero rappresenta una componente

determinante del giro d'affari o, quantomeno, significativa per l'andamento economico aziendale. Questa situazione appare più accentuata per le imprese manifatturiere.

La componente estera della domanda rivolta alle PMI piemontesi è costituita in primo luogo da clienti residenti nei paesi UE.

Il 93,5% degli esportatori, infatti, ha tra i suoi sbocchi paesi comunitari, tra i quali assumono un ruolo rilevante Francia (sbocco per il 77,4% degli esportatori) e Germania (64,5%).

In second'ordine si collocano Spagna, Regno Unito, Belgio, Olanda verso cui si indirizza tra il 23% ed il 29% degli esportatori.

La seconda area, per numero di PMI interessate, è costituita dagli altri paesi dell'Europa occidentale e, in particolare dalla Svizzera (54,8% degli esportatori).

Decisamente più contenuto è il peso assunto dalle altre zone geografiche, che si pongono praticamente tutte sullo stesso livello.

Verso il Centro Est Europa, così come verso il Centro-Nord America e l'Asia Centrale ed Estremo Oriente si indirizza il 19,4% degli esportatori, mentre nei paesi restanti (Medio Oriente, Africa, Sud America, Australia) si indirizza complessivamente il 22,6%.

La domanda rivolta alle PMI piemontesi dal Centro Est Europa proviene da numerosi paesi senza però che nessuno assuma un particolare rilievo.

Le imprese che esportano nel Centro Nord America operano tutte con clienti statunitensi e talora anche canadesi.



Nell'Asia Centrale e Estremo Oriente sono India, Cina e Giappone quelli verso cui si indirizzano più frequentemente gli esportatori piemontesi.

Infine, la domanda proveniente da altre aree, pur presentandosi abbastanza articolata, è alimentata principalmente da Israele e Australia.

Indipendentemente dalla attuale posizione sui mercati esteri, l'86,7% delle imprese si dichiara interessata, e con le potenzialità produttive e organizzative necessarie, a fornire direttamente clienti o committenti esteri (sono l'85,7% tra le manifatturiere e il 93,7% tra i servizi tecnici).

I paesi UE rappresentano lo sbocco ideale per tutte, mentre sulle altre aree l'interesse tende a diversificarsi. Gli altri paesi dell'Europa occidentale, i paesi del Centro Est Europa ed il Centro Nord America sono indicati da circa la metà di coloro che sono interessati a servire clienti esteri. Solo in un terzo dei casi l'interesse si indirizza verso i paesi dell'Asia centrale e dell'Estremo Oriente e ancora meno sono coloro che hanno segnalato altre aree (Paesi arabi, Israele, Sud America).

Su questo aspetto non emergono differenze significative tra il gruppo delle imprese manifatturiere e quello delle imprese di servizi tecnici.

L'attività all'estero non si limita al puro aspetto mercantile, ma, per più di un terzo delle imprese, si estrinseca anche attraverso altre forme di internazionalizzazione, quali accordi con partner esteri e investimenti all'estero.

Il 35,0% delle imprese, infatti, ha in atto accordi con partner esteri, principalmente di tipo commerciale, ma anche per scambio di know how o per sviluppare attività produttive. La presenza di accordi è più diffusa tra le società di servizi tecnici, dove, pur prevalendo sempre la finalità commerciale, assume un peso non trascurabile anche la ricerca di partner con cui collaborare per accrescere il rispettivo know how.

Meno rilevante, invece, è la presenza di PMI che hanno realizzato investimenti all'estero (11,7%). Le finalità di tali investimenti sono varie, in funzione delle esigenze delle imprese, e il numero ridotto non consente di individuare forme di investimento più ricorrenti: nell'insieme in esame, comunque, sono presenti sia imprese che hanno creato filiali o unità produttive, sia imprese che hanno acquisito partecipazioni in società estere o realizzato joint venture all'estero.

Per ciascuna tipologia si tratta comunque di casi episodici.

Anche sul fronte degli investimenti le imprese di servizi tecnici appaiono quelle più frequentemente impegnate.

È interessante osservare, infine, che chi ha realizzato investimenti ha anche in atto accordi con partner esteri.

La propensione a stringere accordi con partner esteri non muta significativamente al variare delle dimensioni aziendali, sebbene emerga una certa correlazione diretta.

Analogamente, la maggiore o minore dipendenza dal settore aerospaziale non sembra influenzare gli orientamenti delle imprese verso questa forma di presenza all'estero: la quota più elevata di imprese con accordi si riscontra nelle posizioni intermedie, ovvero tra coloro che realizzano nell'aerospaziale tra il 20% ed il 40% del loro fatturato oppure tra il 50% ed il 79%.



Sistema di relazioni

Le capacità tecniche e l'esperienza delle PMI piemontesi che operano nel settore aerospaziale hanno portato alcune di esse a partecipare a progetti nazionali, europei e internazionali per lo studio e lo sviluppo di nuovi prodotti, lo scambio di tecnologie, la ricerca e sviluppo.

Nel complesso, il 18,3% delle imprese partecipa o ha partecipato nel corso degli ultimi tre anni a questi progetti, ma tale percentuale sale significativamente se l'analisi si restringe solo alle società di servizi tecnici. La metà di queste aziende, grazie alle loro capacità di progettazione, ingegnerizzazione, prototipazione, calcolo, ecc. ha partecipato o sta partecipando a progetti in ambito aerospaziale promossi dalla UE, dalla Commissione europea, dall'ESA o dalle grandi società del settore (Alenia Spazio Spa, Aermacchi Spa, Agusta Spa) o, ancora, da centri di ricerca italiani (CNR, ENEA).

Le imprese che hanno partecipato a progetti spesso hanno esperienze multiple: mediamente ciascuna ha partecipato a 2,1 progetti.

L'attenzione alle innovazioni tecnologiche, allo studio e/o all'impiego di nuovi materiali e alla ricerca più in generale porta le PMI a sviluppare rapporti anche con centri di ricerca italiani ed esteri e con le università.

Tali collaborazioni sono attivate da 3 imprese su 10 le quali, occasionalmente o anche in forma stabile, si rivolgono a centri di ricerca e/o a istituti universitari per un continuo aggiornamento e per un confronto su aspetti legati alle innovazioni che intendono apportare nelle loro produzioni e servizi.

Lo sviluppo di questi rapporti è più frequente tra le società di servizi tecnici (37,5%), ma caratterizza anche l'attività di una quota non indifferente di imprese manifatturiere (26,2%).

Le collaborazioni sono sviluppate in primo luogo con strutture vicine, localizzate in Piemonte e/o in Italia: alle prime si rivolge il 61,1% delle imprese che intrattengono questi rapporti e alle seconde il 55,6%. Non mancano, comunque, anche collaborazioni con centri di ricerca e università stranieri (22,2%); il rapporto con strutture estere appare una prerogativa delle imprese manifatturiere.

Dinamica dell'ultimo triennio

La dinamica del fatturato degli ultimi tre anni è positiva: il giro d'affari delle PMI piemontesi che operano nel settore aerospaziale nel 2002 si è incrementato del 11,3% rispetto all'anno 2000, e anche le previsioni 2003 indicano una ulteriore progressione. A questo risultato hanno contribuito tutti i comparti, ma in particolare quello dei servizi tecnici che ha fatto segnare un +55% nell'arco del biennio 2000-2002 e prevede un +7,7% per il 2003. Va comunque osservato che gli incrementi annuali tendono a diventare sempre più contenuti di anno in anno: infatti, a fronte di un +9,2% del 2001 rispetto al 2000, si è registrato solo un +1,9% per il 2002 sul 2001 e un valore analogo per il 2003 su 2002.

Questa erosione progressiva dei margini di incremento del fatturato può rappresentare un campanello d'allarme sul futuro andamento del sistema delle PMI, anche se le aspettative delle imprese per i prossimi anni sembrano portare a considerazioni più ottimistiche.

Rimanendo ancora per un momento sul passato, si può osservare che, nel periodo 2000- 2002 le performance migliori sono state ottenute dalle imprese di dimensioni intermedie (10-19 addetti e 20-49 addetti). In tutte le classi, comunque,



dopo la dinamica positiva che ha contraddistinto il 2001, si è registrato nel 2002 un netto rallentamento che, per le imprese più piccole (con meno di 10 addetti), si è tradotto in una inversione di tendenza: per queste aziende il volume d'affari si è ridotto di un 13-14%.

Tale situazione non sembra migliorare nel 2003, stando alle previsioni di fatturato dichiarato dalle imprese. Solo le dimensioni da 10 a 19 addetti e da 50 a 99 addetti dovrebbero presentare un trend del fatturato positivo e compensare i cali previsti nelle altre classi.

Il grado di coinvolgimento nel settore aerospaziale, misurato dalla quota di fatturato realizzata per esso, sembra aver condizionato, almeno in parte, l'andamento del giro d'affari.

In particolare, nel 2001 le imprese maggiormente legate all'aerospaziale hanno goduto di un dinamica più favorevole delle altre: i tassi di variazione sono passati, infatti, da +12,6%, per chi realizza più dell'80% dell'attività nell'aerospaziale, a -2,8% per chi realizza solo quote marginali nel settore in esame. Va però anche detto che, sulla base dei fatturati previsti per il 2003, la situazione sembra invertirsi: a fronte di un recupero, seppur contenuto, delle aziende che lavorano solo in piccola parte per l'aerospaziale si registra un calo di fatturato per chi invece è ampiamente coinvolto.

Il trend dei prossimi 3-5 anni, stando alle previsioni delle aziende, dovrebbe essere positivo. Infatti, a fronte di un 50,8% di imprese che si attendono un aumento del fatturato, solo l'11,9% invece paventa una sua riduzione; nel 37,7% dei casi invece le previsioni si attestano su una sostanziale stabilità del giro d'affari. L'indice sintetico (calcolato come differenza tra la quota di coloro che prevedono incrementi e quella di coloro che invece prevedono decrementi) si attesta su un valore pari a +38,9.

Anche per il futuro, sono le imprese di servizi tecnici quelle che più frequentemente si attendono incrementi di fatturato: per loro l'indice sintetico sale a +62,6.

Le dimensioni che sembrano avere le migliori prospettive sono quelle estreme, ovvero le aziende più piccole con meno di 6 addetti (indice pari a +75,0) e le più grandi da 50 a 99 addetti (indice pari a +66,7). Nelle classi intermedie si osservano invece valori più bassi seppur sempre positivi; solo per le imprese da 6 a 9 addetti la percentuale di chi prevede uno sviluppo del fatturato eguaglia quella di chi si attende una flessione.

Va ancora osservato che l'ottimismo tende a decrescere al crescere della dipendenza dal settore aerospaziale: mentre le aziende che realizzano una quota contenuta (meno del 20%) del loro fatturato in attività connesse all'aerospaziale presentano indici elevati, le aziende fortemente dipendenti dall'aerospaziale (80% del fatturato o più) hanno un indice pari a 0, ovvero il numero di imprese che si attendono nei prossimi anni una espansione del fatturato è pari a quello di coloro che invece prevedono una riduzione del giro d'affari. Questo lascia pensare che il rallentamento atteso per il 2003 da queste imprese possa proseguire anche nei prossimi anni.

Orientamenti futuri

Nella parte precedente del lavoro si è visto come le PMI piemontesi che operano nel settore aerospaziale siano nella metà dei casi già presenti con i loro prodotti o



servizi sui mercati esteri e come un certo numero di esse abbia in atto accordi con partner esteri (35%) e investimenti all'estero (11,7%).

Nei prossimi 3-5 anni la presenza sui mercati internazionali dovrebbe accrescersi ulteriormente, stando alle affermazioni delle imprese in merito ai loro futuri programmi di internazionalizzazione.

Più di 8 su 10, infatti, prevedono di incrementare, o di avviare, la loro presenza all'estero ponendo in atto diverse forme di interventi.

Praticamente quasi tutti gli esportatori, siano essi imprese manifatturiere o di servizi tecnici, si propongono di incrementare la quota di fatturato export.

I tre quarti delle imprese prevedono l'ingresso su nuovi mercati: nel 33,3% dei casi si tratta di aziende che affrontano per la prima volta i mercati internazionali, mentre nel 43,3% dei casi sono imprese che intendono diversificare i loro sbocchi.

La ricerca di nuovi mercati di sbocco appare leggermente più diffusa tra le imprese di servizi tecnici che, peraltro, al momento sono quelle meno presenti sui mercati internazionali.

Nei programmi futuri dei due terzi circa delle imprese rientrano anche gli accordi con partner esteri: per il 28,3% degli operatori si tratta di proseguire su una strada già intrapresa in passato e di accrescere il numero di alleanze con partner di altri paesi, per il 35%, invece, rappresenta l'avvio di una forma nuova di internazionalizzazione.

Gli accordi previsti sono in primo luogo di tipo commerciale e, secondariamente, di tipo produttivo o finalizzati allo scambio di know how, confermando un'attenzione già emersa in passato verso gli aspetti più prettamente commerciali.

L'interesse per forme di accordo con partner esteri risulta più ricorrente presso le imprese di servizi tecnici.

Incremento dell'export, su mercati già noti o su nuovi mercati, e l'accordo con partner di altri paesi sono le modalità che più frequentemente ricorrono nei programmi per lo sviluppo del livello di internazionalizzazione delle aziende.

Meno numerosi sono i casi che prevedono altre modalità come ad esempio la cessione di una quota del proprio capitale ad una società estera o le creazione in un paese estero di una joint venture con partner di quel paese. Limitato è anche il numero di aziende che pensano di fare investimenti all'estero, finalizzati in primo luogo alla creazione di filiali commerciali.

Viste le dimensioni contenute delle imprese in esame (meno di 100 addetti), nessuno ha dichiarato di avere in previsione l'acquisizione di una quota di capitale di società estere.

A queste forme di internazionalizzazione che richiedono un impegno finanziario spesso non indifferente e, comunque, un maggior coinvolgimento appaiono più interessate le imprese di servizi tecnici.

Le PMI piemontesi che operano nel settore aerospaziale non mirano solo ad accrescere la loro presenza all'estero, ma anche a rafforzarsi in termini di capacità produttive e tecniche.

A tale scopo, il 28,3% di esse prevede l'integrazione con altre aziende italiane, in primo luogo per ampliare la gamma dei prodotti e dei servizi offerti, ma anche per acquisire nuove capacità e conoscenze, per sviluppare nuovi prodotti e realizzare attività di ricerca.

Più aperte a questo tipo di esperienze appaiono le società di servizi tecnici.



L'attenzione per gli aspetti tecnici connessi alle produzioni e ai servizi realizzati è confermata dagli interventi che le imprese intendono fare nei prossimi 3-5 anni per migliorare la qualificazione tecnica dell'azienda.

Ben l'86,7% delle PMI piemontesi dell'aerospaziale ha in programma interventi in questo ambito.

L'attenzione è posta soprattutto alle tecnologie utilizzate nella realizzazione delle lavorazioni o dei prodotti e nella predisposizione dei servizi: oltre la metà delle imprese, sia manifatturiere che di servizi tecnici, si propongono un loro miglioramento. Si tratta in alcuni casi dell'acquisto di nuovi macchinari e impianti più avanzati, in altri della dotazione di strumenti di controllo più affidabili e precisi, in altri ancora dell'ampliamento di reparti specializzati.

Quasi altrettanto importante, visto il numero di operatori che lo ha inserito nei suoi programmi, è il miglioramento delle capacità progettuali; su questo versante, ovviamente, sono le società di servizi tecnici quelle più frequentemente impegnate. Il raggiungimento di questo obiettivo spesso passa attraverso la ricerca di personale specializzato, ma anche attraverso l'introduzione di nuovi metodi o la dotazione di nuovi strumenti.

In terza posizione, ma pur sempre con una frequenza significativa, si collocano gli interventi mirati ad accrescere e migliorare il know how specifico per le applicazioni in campo spaziale ed aeronautico. Le strade che intendono percorrere le imprese prevedono sia lo sviluppo di propri prodotti sia la dotazione di strumenti e attrezzature particolari.

Quattro imprese su dieci, infine, hanno in programma anche interventi che coinvolgono l'ambito organizzativo e che spesso sono conseguenti alle innovazioni tecnologiche previste, come l'ampliamento di alcuni reparti, l'introduzione di nuovi impianti e tecnologie, lo sviluppo delle capacità di progettazione, l'assunzione di nuovo personale con esperienza specifica nel settore aerospaziale.

In altri casi la riorganizzazione è richiesta dall'introduzione del Sistema Qualità o dal suo adeguamento alle nuove normative e, in altri ancora, la riorganizzazione è conseguente all'ingresso in nuovi settori.

La situazione della PMI dell'Aerospazio nel Lazio

Nel settore opera un numero notevole di aziende subfornitrici delle aziende pilota impegnate come *prime contractor* ed integratori di sistema, in molti casi profondamente inserite nel contesto internazionale grazie alle loro tecnologie e know-how avanzati.

Il tessuto delle Piccole e Medie Imprese è infatti dotato di un elevato patrimonio tecnologico di tipo specialistico nella meccanica di precisione, nella mecatronica, nell'elettronica avanzata, nei materiali speciali, nell'informatica, etc..

L'evoluzione in atto nelle PMI, particolarmente evidente nella realtà laziale in cui storicamente le attività dell'aerospazio si sono consolidate, si giova delle azioni di volano internazionale svolte dalle grandi imprese e si concretizzano nell'incremento delle dimensioni aziendali, della capacità produttiva, nell'ampliamento del mercato di riferimento con una accentuata internazionalizzazione e in maggiore forza competitiva.



1.2 La realtà infortuni

Ai fini della valutazione della realtà infortuni, il comparto in studio è inglobato nel settore di attività economica *Industria metalmeccanica* i cui dati pubblicati dall'INAIL (www.inail.it) sono riportati in Tabella 1. La tabella evidenzia che, tra le industrie manifatturiere, quella meccanica è tra le più critiche per il numero d'infortuni assimilabile a quello delle costruzioni edili. E' confortante notare che gli ultimi anni abbiano fatto registrare una diminuzione degli infortuni nell'industria metalmeccanica, superiore al 10%.

Nella Tabella 2, sono riportate le frequenze relative (x 1000 addetti) degli infortuni denunciati per settore. Per frequenza si intende il rapporto tra eventi lesivi indennizzati e numero degli esposti. A partire dal triennio 2000-2002 gli indici di frequenza e di gravità sono stati calcolati escludendo i casi di infortunio "in itinere", in quanto non strettamente correlati al rischio della specifica attività lavorativa svolta dall'infortunato. Proprio nell'anno 2000, infatti con l'entrata in vigore dell'art.12 del D.Lgs 38/2000, il fenomeno degli infortuni in itinere ha iniziato ad assumere dimensioni di rilevanza statistica. Tale modificazione, per altro, si conforma alla metodologia di rilevazione degli infortuni sul lavoro adottata da EUROSTAT (Ufficio di Statistica dell'Unione Europea).



Tabella 1 Infortuni sul lavoro denunciati all'INAIL avvenuti nel periodo 2001-2005

Codici di Tariffa I.N.A.I.L.	2001	2002	2003	2004	2005
11 LAV. AGRICOLE	3.238	3.335	3.506	3.543	3.508
12 MATTAZ., MACEL.	1.692	1.741	1.738	1.720	1.536
14 ALIMENTI	17.626	17.112	16.401	15.131	13.991
1 LAV. AGR. ALIM.	22.556	22.188	21.645	20.394	19.035
21 CHIMICA	23.737	22.250	20.675	19.305	17.150
22 CARTA	10.534	9.750	8.994	8.303	8.024
23 PELLI E CUOI	1.904	1.967	1.788	1.577	1.358
2 CHIM., CARTA, CUOI	36.175	33.967	31.457	29.185	26.532
31 COSTR. EDILI	60.901	62.790	66.076	65.009	61.121
32 COSTR. IDRAUL.	2.846	2.607	2.673	2.628	2.859
33 STRADE, FERROV.	12.020	11.763	11.832	11.986	10.793
34 LINEE, CONDUT.	3.073	2.851	2.570	2.347	2.052
35 FOND. SPECIALI	707	721	808	737	675
36 IMPIANTI	31.516	31.220	30.899	30.413	29.008
3 COSTR., IMPIANTI	111.063	111.952	114.858	113.120	106.508
41 ELETTRICITA'	1.584	1.368	1.186	1.148	1.078
42 COMUNICAZIONI	983	972	949	942	967
43 GASD. E OLEOD.	561	473	477	420	417
44 ACQUA, VAPORE	1.718	1.745	1.456	1.417	1.281
4 ENERGIA, COM.	4.846	4.558	4.068	3.927	3.743
51 PRIMA LAV. LEGN.	1.560	1.524	1.421	1.324	1.367
52 FALEG., RESTAURO	19.959	18.935	17.933	17.210	15.497
53 AFFINI LEGNO	436	406	352	332	309
5 LEGNO, AFFINI	21.955	20.865	19.706	18.866	17.173
61 METALLURGIA	15.471	14.330	13.709	13.203	11.520
62 METALMECCANICA	61.628	58.470	55.498	52.141	47.397
63 MACCHINE	26.736	25.307	22.655	20.512	18.388
64 MEZZI DI TRASP.	23.845	22.199	20.770	20.112	18.803
65 STRUMENTI, APP.	22.645	21.505	19.083	17.502	15.643
6 METALLI, MACC.	150.325	141.811	131.715	123.470	111.751
71 GEOLOGIA, MINER.	1.986	1.941	1.719	1.642	1.616
72 LAV. ROCCE	16.286	15.596	14.478	13.764	12.226
73 LAV. VETRO	4.162	3.930	3.747	3.467	2.941
7 MIN., ROCCE, VETRO	22.434	21.467	19.944	18.873	16.783
81 LAV. TESSILI	10.407	9.262	7.760	6.671	5.539
82 CONFEZIONI	12.699	11.916	10.753	9.666	8.530
8 TESSILE, CONF.	23.106	21.178	18.513	16.337	14.069
91 TRASPORTI	37.068	36.029	35.135	35.219	33.432
92 FACCHINAGGIO	4.967	5.038	5.294	4.882	4.687
93 MAGAZZINI	10.085	10.340	9.811	9.202	9.044
9 TRASPORTI, MAGAZ.	52.120	51.407	50.240	49.303	47.163
01 ATT. COMMERC.	38.819	39.697	38.946	41.114	38.391
02 TURISMO, RISTOR.	33.246	33.682	35.438	34.141	32.723
03 SAN., SERV. SOC.	43.075	47.564	47.100	47.367	46.969
04 PULIZIA	24.831	24.028	23.011	21.545	21.550
05 CINEMA, SPETT.	2.896	3.432	3.693	4.144	4.020
06 ISTR. E RICERCA	5.660	6.302	6.182	6.964	10.223
07 UFF, ALTRE ATT.	85.111	100.660	110.305	121.787	132.803
0 ATTIVITA' VARIE	233.638	255.365	264.675	277.062	286.679
TOTALE	678.218	684.758	676.821	670.537	649.436
ATT. NON DET.	242.431	209.906	203.421	198.902	195.416
IN COMPLESSO	920.649	894.664	880.242	869.439	844.852



Tabella 2 Frequenze relative d'infortunio per codice di tariffa INAIL relative all'ultimo triennio

Codici di Tariffa I.N.A.I.L.	Tipo di conseguenza			
	Inabilità temporanea	Inabilità permanente	Morte	Totale
1100 LAV. AGRICOLE	84,52	5,89	0,30	90,71
1200 MATTAZ.,MACEL.	106,18	2,28	0,05	108,51
1400 ALIMENTI	41,65	1,75	0,06	43,46
GG1 LAV.AGR.ALIM.	47,91	2,13	0,08	50,12
2100 CHIMICA	45,35	1,36	0,04	46,75
2200 CARTA	35,48	1,24	0,03	36,75
2300 PELLI E CUOI	34,06	1,54	0,03	35,63
GG2 CHIM.CARTA,CUOI	41,41	1,33	0,04	42,78
3100 COSTR. EDILI	57,87	4,99	0,21	63,07
3200 COSTR. IDRAUL.	74,66	5,50	0,34	80,50
3300 STRADE,FERROV.	63,25	4,27	0,29	67,81
3400 LINEE, CONDUT.	77,27	5,47	0,44	83,18
3500 FOND. SPECIALI	103,66	7,85	0,53	112,04
3600 IMPIANTI	51,14	2,84	0,12	54,10
GG3 COSTR.,IMPIANTI	57,43	4,32	0,20	61,95
4100 ELETTRICITA'	15,17	1,12	0,03	16,32
4200 COMUNICAZIONI	15,00	0,90	0,01	15,91
4300 GASD. E OLEOD.	31,71	1,10	0,02	32,83
4400 ACQUA, VAPORE	43,70	1,67	0,04	45,41
GG4 ENERGIA, COM.	22,37	1,16	0,02	23,56
5100 PRIMA LAV.LEGN	75,19	4,99	0,12	80,30
5200 FALEG,RESTAURO	57,47	3,51	0,03	61,02
5300 AFFINI LEGNO	46,16	1,63	0,06	47,84
GG5 LEGNO, AFFINI	58,38	3,56	0,04	61,98
6100 METALLURGIA	98,28	2,75	0,09	101,12
6200 METALMECCANICA	60,34	2,25	0,08	62,67
6300 MACCHINE	49,71	1,48	0,06	51,25
6400 MEZZI DI TRASP	54,63	1,92	0,07	56,62
6500 STRUMENTI,APP.	29,36	0,76	0,03	30,15
GG6 METALLI, MACC.	52,32	1,73	0,06	54,11
7100 GEOLOGIA,MINER	57,79	4,66	0,33	62,77
7200 LAV. ROCCE	70,73	3,35	0,15	74,23
7300 LAV. VETRO	73,69	2,62	0,07	76,37
GG7 MIN,ROCCE,VETRO	69,72	3,38	0,15	73,25
8100 LAV. TESSILI	35,27	1,12	0,03	36,42
8200 CONFEZIONI	17,12	0,64	0,02	17,77
GG8 TESSILE, CONF.	22,77	0,79	0,02	23,58
9100 TRASPORTI	44,02	2,54	0,22	46,78
9200 FACCHINAGGIO	156,95	5,95	0,14	163,04
9300 MAGAZZINI	43,42	1,69	0,05	45,16
GG9 TRASPORTI,MAGAZ	47,27	2,47	0,19	49,93
0100 ATT.COMMERC.	33,88	1,08	0,04	35,00
0200 TURISMO,RISTOR	41,74	1,07	0,03	42,84
0300 SAN.,SERV.SOC.	23,90	0,73	0,01	24,64
0400 PULIZIA	91,89	2,89	0,07	94,85
0500 CINEMA,SPETT.	26,33	1,54	0,09	27,96
0600 ISTR.E RICERCA	13,49	0,59	0,02	14,10
0700 UFF,ALTRE ATT.	10,47	0,52	0,03	11,02
GG0 ATTIVITA' VARIE	18,99	0,71	0,03	19,74
9999 ATT. NON DET.	-	-	-	-
- TOTALE	31,52	1,43	0,06	33,01

La Tabella 4 riporta il numero degli infortuni denunciati per l'industria metalmeccanica in funzione delle operazioni più a rischio. La tabella evidenzia che il maggior numero di infortuni è legato all'utilizzo di materiali e sostanze, seguito



dall'ambiente di lavoro. È da notare, però, che per poco meno della metà degli infortuni non è stata possibile l'attribuzione.

Tabella 3 Infortuni sul lavoro denunciati all'INAIL avvenuti nel periodo 2001-2005 relativi alla tariffa I.N.A.I.L. Metalmeccanica

Gruppi di Agenti Materiali	Totale
00 MACCHINE MOTRICI	50
01 MACCHINE GENERATRICI	8
02 MACCHINE OPERATRICI	983
03 MACCH. TRASFORMATRICI	1
04 MACCHINE UTENSILI	2.180
0 MACCHINE	3.222
10 MEZZI SOLLEVAMENTO	651
11 MEZZI TRASPORTO TERR.	2.019
12 MEZ. TRASP. SU ROTAIE	9
13 MEZZI TRASPORTO AEREO	3
14 MEZ. TRASP. VIA ACQUA	8
15 MEZ. TRASP. SU FUNE	3
1 MEZ. SOLLEV. E TRASP.	2.693
20 IMP. DIST. VAPORE	127
21 IMP. DISTRIB. LIQUIDI	192
22 IMP. DIS.ELETTRICITA'	15
23 IMP. DISTRIBUZ. GAS	14
24 IMP. DIS. ARIA COMPR.	1
25 IMP. DIS. MAT. SOLIDI	24
2 IMP. DI DISTRIBUZIONE	373
30 ATTREZZI	1.165
31 UTENSILI	958
32 ATTREZZATURE	375
33 APPARECCHIATURE	73
3 ATTREZZI, UTENSILI, ..	2.571
40 ESPLOSIVI	3
41 POLVERI	421
42 GAS, VAPORI, FUMI	42
43 MATERIALI LIQUIDI	133
44 MATERIALI SOLIDI	6.235
45 PLASTICI	50
46 SCAR. ELETTR.,RADIAZ.	17
47 FUOCO	24
48 FRAMMENTI, SCHEGGE	1.615
49 SCHIZZI, SPRUZZI	154
4 MATERIALI, SOSTANZE,..	8.694
50 AGENTI ATMOSFERICI	1
51 SUPERFICI DI TRANSITO	3.196
52 SCALE E PASSERELLE	404
53 APERT. PAVIM., PARETI	34
54 INFISSI	364
55 PARTI DI EDIFICI	238
56 ARREDI,IMPIANTI FISSI	213
57 MICROCLIMA	6
58 SOTTERRANEO	14
5 AMBIENTE DI LAVORO	4.470
60 PERSONE	54
61 ANIMALI	26
62 VEGETALI	11
6 PERSONE, ANIMALI,	91
70 SERBATOI PER LIQUIDI	42
71 SERBATOI PER GAS	12
72 SILOS	24



73 BOMBOLE	30
74 CONTENITORI	485
7 SERBATOI, CONTENITORI	593
80 PARTI MECCANICHE	2.153
81 PARTI ELETTRICHE	-
82 PARTI PNEUMATICHE	-
83 PARTI OLEODINAMICHE	-
84 PARTI TERMICHE	-
85 PARTI NON SPECIFICATE	-
8 PARTI MECCANICHE, ...	2.153
NON DETERMINATO	22.537
IN COMPLESSO	47.397

Le tabelle successive, Tabella 4 e Tabella 5, riportano i dati, in valore assoluto ed in frequenza, relativi agli infortuni denunciati nell'industria metalmeccanica per le regioni Piemonte e Lazio, dove si concentrano le industrie del settore in studio.

Tabella 4 Infortuni sul lavoro denunciati dalle aziende metalmeccaniche (Codice I.N.A.I.L. 6200) per provincia, regione ed anno evento.

Province e Regioni	2001	2002	2003	2004	2005
ALESSANDRIA	594	677	582	526	466
ASTI	348	345	320	311	285
BIELLA	58	76	70	62	42
CUNEO	954	853	804	750	661
NOVARA	510	544	505	467	418
TORINO	4.014	3.564	3.317	2.963	2.721
VERBANIA	236	216	180	157	124
VERCELLI	359	275	301	266	249
PIEMONTE	7.073	6.550	6.079	5.502	4.966
FROSINONE	510	403	391	372	303
LATINA	313	315	333	312	296
RIETI	69	59	60	33	35
ROMA	610	587	631	585	560
VITERBO	66	89	98	85	83
LAZIO	1.568	1.453	1.513	1.387	1.277

Tabella 5 Frequenze relative d'infortunio relative al codice di tariffa INAIL Metalmeccanica

Province e Regioni	Tipo di conseguenza			
	Inabilità temporanea	Inabilità permanente	Morte	Totale
ALESSANDRIA	45,36	1,31	-	42,77
ASTI	57,00	1,77	-	58,77
BIELLA	41,36	2,52	0,15	44,03
CUNEO	67,96	2,25	0,08	70,29
NOVARA	31,73	0,75	0,03	32,51
TORINO	49,72	1,69	0,04	51,45
VERBANIA	36,39	1,98	0,08	38,45
VERCELLI	52,50	0,96	0,08	53,54
PIEMONTE	48,46	1,58	0,05	50,08
FROSINONE	64,83	2,54	0,06	67,43
LATINA	46,76	2,43	-	49,19
RIETI	57,06	8,15	-	65,21
ROMA	29,48	2,55	0,23	32,25
VITERBO	42,91	4,26	-	47,16
LAZIO	41,36	2,77	0,13	44,27
ITALIA	60,11	2,24	0,08	62,44



1.3 Le malattie professionali

Di seguito sono riportati i dati pubblicati dall'INAIL (www.inail.it) relativi alle denunce di malattie professionali manifestatesi nel periodo 2001-2005. Anche per questo tipo di statistica, le aziende del settore in studio possono essere considerate incluse nell'industria metalmeccanica (codice INAIL 62). La tabella mostra una notevole incidenza delle malattie professionali per questa tipologia di aziende, con un certo miglioramento nell'ultimo anno di riferimento.

Tabella 6 Malattie Professionali manifestatesi nel periodo 2001-2005 e denunciati all'INAIL

Codici di Tariffa I.N.A.I.L.	2001	2002	2003	2004	2005
11 LAV. AGRICOLE	37	46	37	55	61
12 MATTAZ., MACEL.	62	77	62	81	71
14 ALIMENTI	489	442	421	493	408
1 LAV. AGR. ALIM.	588	565	520	629	540
21 CHIMICA	738	705	664	665	514
22 CARTA	237	260	280	223	213
23 PELLI E CUOI	59	83	81	55	50
2 CHIM., CARTA, CUOI	1.034	1.048	1.025	943	777
31 COSTR. EDILI	1.728	2.041	1.925	1.939	1.899
32 COSTR. IDRAUL.	75	128	81	121	121
33 STRADE, FERROV.	552	584	591	560	494
34 LINEE, CONDUT.	83	95	91	77	64
35 FOND. SPECIALI	22	37	29	33	26
36 IMPIANTI	446	541	467	484	465
3 COSTR., IMPIANTI	2.906	3.426	3.184	3.214	3.069
41 ELETTRICITA"	75	96	98	63	81
42 COMUNICAZIONI	6	9	11	5	10
43 GASD. E OLEOD.	15	10	15	9	11
44 ACQUA, VAPORE	44	73	41	38	29
4 ENERGIA, COM.	140	188	165	115	131
51 PRIMA LAV. LEGN.	35	53	32	32	32
52 FALEG., RESTAURO	576	580	609	547	459
53 AFFINI LEGNO	5	12	7	9	17
5 LEGNO, AFFINI	616	645	648	588	508
61 METALLURGIA	648	579	477	441	408
62 METALMECCANICA	1.604	1.648	1.596	1.577	1.431
63 MACCHINE	682	706	594	670	553
64 MEZZI DI TRASP.	917	1.074	999	886	777
65 STRUMENTI, APP.	641	658	579	641	558
6 METALLI, MACC.	4.492	4.665	4.245	4.215	3.727
71 GEOLOGIA, MINER.	167	209	184	169	181
72 LAV. ROCCE	808	802	811	808	710
73 LAV. VETRO	92	111	92	106	82
7 MIN., ROCCE, VETRO	1.067	1.122	1.087	1.083	973
81 LAV. TESSILI	334	347	331	269	248
82 CONFEZIONI	465	513	587	641	600
8 TESSILE, CONF.	799	860	918	910	848
91 TRASPORTI	448	622	572	587	564
92 FACCHINAGGIO	94	120	156	142	131
93 MAGAZZINI	126	172	144	140	140
9 TRASPORTI, MAGAZ.	668	914	872	869	835
01 ATT. COMMERC.	269	325	324	432	448
02 TURISMO, RISTOR.	207	272	286	382	335



03 SAN., SERV. SOC.	654	749	720	891	896
04 PULIZIA	202	241	232	245	252
05 CINEMA, SPETT.	19	24	29	24	23
06 ISTR. E RICERCA	72	109	99	115	165
07 UFF, ALTRE ATT.	1.265	1.837	2.133	2.474	2.731
0 ATTIVITA" VARIE	2.688	3.557	3.823	4.563	4.850
TOTALE	14.998	16.990	16.487	17.129	16.258
ATT. NON DET.	12.136	8.464	7.340	7.868	8.480
IN COMPLESSO	27.134	25.454	23.827	24.997	24.738

Anche per le malattie professionali si riportano, Tabella 7, i dati specifici delle regioni dove si concentrano le aziende del settore aerospaziale.

Tabella 7 Malattie professionali, denunciate dalle aziende metalmeccaniche (Codice I.N.A.I.L. 6200) per provincia, regione ed anno evento

Province e Regioni	2001	2002	2003	2004	2005
ALESSANDRIA	11	18	3	6	13
ASTI	92	6	23	12	12
BIELLA	4	4	-	1	-
CUNEO	13	6	13	10	17
NOVARA	9	23	19	22	12
TORINO	127	178	138	120	127
VERBANIA	7	2	2	6	1
VERCELLI	11	1	9	4	5
PIEMONTE	274	238	207	181	187
FROSINONE	24	27	25	17	12
LATINA	8	17	19	9	6
RIETI	12	11	11	9	7
ROMA	22	24	19	22	19
VITERBO	3	4	3	4	2
LAZIO	69	83	77	61	46

2 Descrizione generale dei cicli di produzione

Il settore aerospaziale comprende prevalentemente tre tipologie di imprese: manifatturiere, servizi tecnici e commercializzazione di prodotti. Le aziende appartenenti alle prime due tipologie fanno generalmente parte del comparto metalmeccanico. Nell'ambito del presente studio ci si è focalizzati sulle aziende manifatturiere meccaniche non prendendo in considerazione quelle che forniscono servizi tecnici, quali la progettazione ingegneristica, il calcolo strutturale, la prototipazione, la consulenza logistica, lo sviluppo software e lo sviluppo di tecnologie applicabili in ambito aeronautico e spaziale. Non sono state, inoltre, considerate le aziende di produzione di sistemi elettrici/elettronici.

Come illustrato nel precedente capitolo, le PMI manifatturiere del settore operano nella produzione o lavorazione di parti di aeromobili o di interi piccoli sistemi connessi.

Pertanto, i beni che costituiscono l'output finale delle suddette aziende sono costituiti da molteplici sistemi, tra loro molto diversi sotto il profilo tecnico e funzionale.

Ciascuno di questi sistemi è a sua volta scomponibile in numerosi sottosistemi, a loro volta caratterizzati da un elevato grado di complessità.

Nel corso dello studio si è cercato di individuare tutte le fasi di produzione in cui sono coinvolte le attività delle PMI del settore. La Figura 9 mostra lo schema del generico ciclo produttivo a partire dal semilavorato fino alla realizzazione del sistema collaudato.

Ad esempio, partendo dal semilavorato lamiera, si ottiene, per deformazione plastica, il componente parte dell'ala di un aereo che, dopo essere sottoposta ai processi di finitura, viene assemblata in un sistema che sarà poi oggetto di ulteriori processi di finitura (es. verniciatura) e testing.

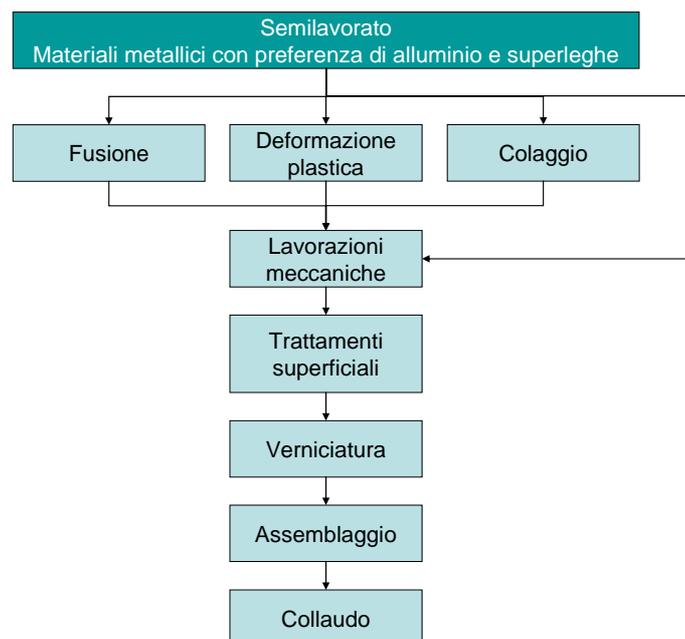


Figura 9 Fasi di lavorazione del ciclo produttivo

È importante evidenziare che ciascuna fase può essere a sua volta considerata un ciclo produttivo quando calata nella realtà della singola PMI. Ad esempio esistono PMI specializzate nella fusione, altre nell'assemblaggio, ecc...

Data la specializzazione delle PMI, e quindi la varietà degli output finali, in Figura 10 riportiamo uno schema a blocchi in cui le fasi lavorative sono viste come possibili cicli produttivi. In tale ambito sono evidenziati i vari stati di avanzamento delle lavorazioni del prodotto a partire dai semilavorati fino al sistema finale collaudato.

Ogni azienda tipicamente si focalizza solo su alcuni cicli produttivi (box bianchi in Figura 10), pertanto, l'attività della singola PMI può avere come materiale in input i semilavorati, piuttosto che i componenti o i sistemi, e trasformarli nello stadio successivo.

Rispetto a tale schema è da notare che:

- in generale il ciclo produttivo di ogni PMI del settore non prevede tutti i processi individuati, ma solo quelli che caratterizzano la loro produzione. Ad esempio il solo assemblaggio se la PMI produce interi sistemi, oppure la microfusione di superleghe se il *core business* è la produzione di componenti altamente specialistici, quali le palette per le turbine.
- il semilavorato proviene da altre industrie di altri settori (esempi di semilavorati metallici sono le barre, i profilati, i coil)
- il componente è il singolo pezzo prodotto da un'azienda
- il sistema è il risultato dell'assemblaggio di più componenti
- il sistema collaudato è un sistema pronto ad entrare in esercizio
- le fasi meno caratteristiche del settore aerospazio vengono terziarizzate ad aziende con maggior esperienza nella lavorazione specifica indipendentemente dal comparto di applicazione. Esempi sono la galvanica e la verniciatura, fasi abbastanza critiche dal punto di vista della sicurezza e dell'impatto ambientale.

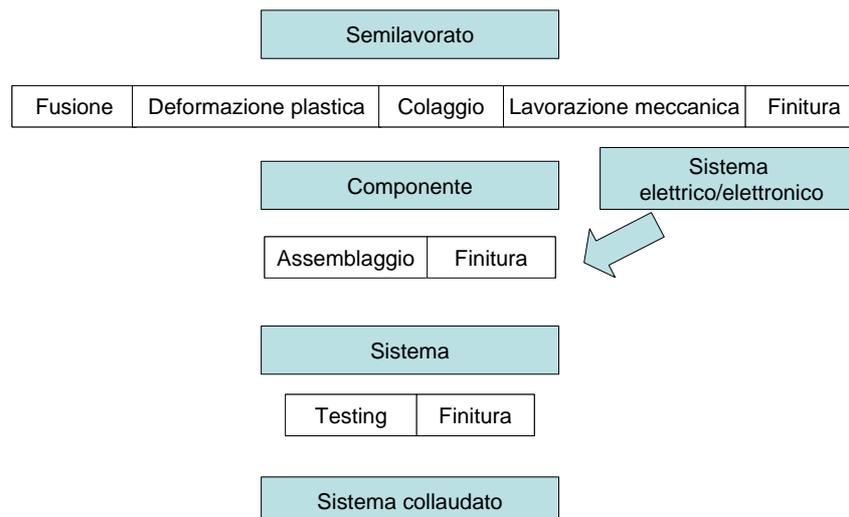


Figura 10 Ciclo di produzione

I cicli produttivi derivanti dalle principali fasi di lavorazione del comparto sono a loro volta costituiti da diverse sotto-fasi di lavorazione. Solo a questo livello di



dettaglio è possibile individuare le specifiche operazioni finalizzate all'individuazione dei rischi connessi.

Nei seguenti paragrafi sono descritti brevemente alcuni cicli produttivi, mentre per una descrizione dettagliata delle varie fasi dei principali processi produttivi si rimanda al Capitolo 3.

2.1 Fusione

I tipi di fusione utilizzati nel settore sono: la microfusione (fusione a cera persa), la fusione in sabbia, la presso fusione, la fusione in lingottiera.

In generale questo ciclo produttivo è articolato in una prima fase di preparazione della forma, una fase di colaggio e solidificazione ed una o più fasi di finitura (es. taglio, finitura superficiale, trattamenti termici, controlli non distruttivi, controlli dimensionali, ...).

Di seguito viene data una descrizione più approfondita del processo di microfusione utilizzato nella produzione di particolari di motori per aerei, esempio palette per turbine, realizzati in superleghe di Nichel e Cobalto.

2.2 Deformazione plastica

I tipi di deformazione generalmente utilizzati nel settore sono la piegatura, lo stampaggio e la forgiatura.

In generale il ciclo è articolato in una prima fase di preparazione del pezzo (es. sagomatura, svasatura, ...), una fase di deformazione (possono essere accoppiate più fasi (es. prima piegatura e poi stampaggio) ed una fase di finitura (es. taglio, finitura superficiale, trattamenti termici, controlli non distruttivi, controlli dimensionali, ...)

2.3 Lavorazione meccanica

Le principali lavorazioni utilizzate sono:

- Lavorazioni per asportazione di truciolo (tornitura, foratura, fresatura....)
- Taglio
- Elettroerosione
- Godronatura

Tali lavorazioni possono essere utilizzate in modo indipendente oppure inserite in un ciclo di produzione più ampio.

2.4 Finitura

I principali operazioni di finitura sono:

- Verniciatura
- Trattamenti superficiali
- Trattamenti termici
- Trattamenti galvanici

2.5 Assemblaggio meccanico

I principali tipi di assemblaggio sono:

- Saldatura
- Bullonatura



- Chiodatura e rivettatura
- Incollaggio

2.6 Fattori di rischio lavorativo

Da quanto riportato nei precedenti paragrafi, si evince che i processi lavorativi sono quelli tipici del comparto metalmeccanico in generale, pertanto i rischi connessi sono prevalentemente riconducibili a quelli di altri settori.

Una caratteristica delle aziende del settore è che queste lavorano in regime di stretta garanzia di qualità che comporta una costante presenza del cliente (sia civile che militare) negli stabilimenti di produzione. In tal modo viene assicurata, non solo la qualità del prodotto, ma anche l'osservanza delle principali regole di sicurezza. Inoltre il cliente esige che le macchine operatrici vengano utilizzate esclusivamente da personale specializzato che ha effettuato gli opportuni corsi di addestramento, questo limita i rischi di infortunio legati all'inesperienza del personale operativo.

Di seguito è riportata una matrice che mette in relazione le fasi di lavorazione con i rischi connessi.

FASE DI LAVORAZIONE	Caduta o proiezione di gravi	Traumi durante il movimento	Contatto investimento da sostanze pericolose	Maneggio o contatto con materiali	Concerne impianti, macchine, attrezzature	Concerne mezzi sollevamento e trasporto	Corrente elettrica	Posture incongrue/ fatica fisica	Particelle aerodisperse	Asfissianti	Metalli tossici	Sostanze cancerogene	Rumore	Vibrazioni	Stress e affaticamento da calore	Condizioni microclimatiche sfavorevoli	Radiazioni non ionizzanti e campi	Radiazioni ionizzanti	Illuminazione inadeguata	Radiazioni infrarosse/ ultraviolette
Colaggio e solidificazione	X	X	X	X	X	X	X					X			X		X			
Stampaggio lamiere	X	X		X	X	X	X	X					X							
Pressatura a caldo		X		X	X	X		X	X				X		X	X				
Lavorazioni meccaniche		X	X	X	X	X			X	X		X	X			X				
Saldatura	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X				X
Verniciatura		X	X	X					X	X	X	X	X							
Galvanica	X	X	X	X		X	X		X	X	X	X				X				
Assemblaggio meccanico		X		X	X	X	X	X		X		X	X	X	X					



2.7 Impatto e rischio ambientale

FASE DI LAVORAZIONE	FATTORI DI IMPATTO						FATTORI DI RISCHIO				
	Consumo risorse materiali e idriche	Consumo di risorse energetiche	Emissioni in atmosfera	Reflui idrici	Produzione di rifiuti	Diffusione di rumore	Contaminazione radioattiva	Incendio	Esplosione chimica	Esplosione termica	Rilascio accidentale (liquidi, solidi, aerodispersi)
Colaggio e solidificazione		X			X			X			
Stampaggio lamiere		X			X	X					
Pressatura a caldo		X	X		X	X					X
Lavorazioni meccaniche					X	X					
Saldatura		X			X			X		X	
Verniciatura		X	X	X	X	X					X
Galvanica	X			X	X						
Assemblaggio meccanico					X	X					



3 Analisi dei rischi, danni e prevenzione

3.1 Analisi rischi e interventi comuni a più processi

Analisi degli infortuni finalizzata alla prevenzione

Rilevante per la prevenzione appare l'analisi degli infortuni con il calcolo dell'indice di frequenza e dell'indice di gravità. Questi valori possono essere poi confrontati con quelli di comparto anche a livello nazionale.

Riferimenti legislativi

Norme che regolano la sicurezza sul lavoro:

Regio decreto 18 giugno 1931, n. 773 [*Approvazione del testo unico delle leggi di pubblica sicurezza*]

Regio decreto 27 luglio 1934, n. 1265 [*Testo unico delle leggi sanitarie*]

Decreto Presidente Repubblica 27 aprile 1955, n. 547 [*Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro*]

Decreto Presidente Repubblica 19 marzo 1956, n. 302 [*Norme di prevenzione degli infortuni sul lavoro integrative di quelle generali emanate con DPR 27 aprile 1955, n. 547*]

Decreto Presidente Repubblica 19 marzo 1956, n. 303 [*Norme generali per l'igiene del lavoro*] non si applica l'Art.24 di tale decreto limitatamente al danno uditivo ed è soppressa la voce "rumori" nella tabella allegata al Decreto stesso come stabilito dall'Art.5 del D.Lgs 195/06

Decreto Ministeriale 3 aprile 1957 [*Attribuzione dei compiti inerenti alle verifiche e controlli ai sensi del DPR 547/55*]

Decreto Ministeriale 28 luglio 1958 [*Presidi chirurgici e farmaceutici aziendali*]

Decreto Presidente Repubblica 26 maggio 1959, n. 689 [*Determinazione delle aziende e lavorazioni soggette, ai fini della prevenzione incendi, al controllo del Comando del Corpo dei vigili del fuoco*]

Decreto Ministeriale 12 settembre 1959 [*Attribuzione dei compiti e determinazione delle modalità e delle documentazioni relative all'esercizio delle verifiche e dei controlli previsti dalle norme di prevenzione degli infortuni sul lavoro*]

Legge 26 luglio 1965, n. 966 [*Disciplina delle tariffe, delle modalità di pagamento e dei compensi al personale dal Corpo nazionale dei vigili del fuoco per i servizi a pagamento*]

Decreto Ministeriale 27 settembre 1965 [*Determinazione delle attività soggette alle visite di prevenzione incendi*]

Legge 1 marzo 1968, n. 186 [*Disposizioni concernenti la produzione di materiali, apparecchiature, macchinari, installazioni di impianti elettrici ed elettronici*]

Legge 19 ottobre 1970, n. 864 [*Ratifica ed esecuzione delle convenzioni nn. 91, 99, 103, 112, 115, 119, 120, 122, 123, 124, e 127 dell'organizzazione internazionale del lavoro*]



Legge 6 dicembre 1971, n. 1083 [*Norme per la sicurezza dell'impiego del gas combustibile*]

Decreto Ministeriale 10 maggio 1974 [*Approvazione di tabella UNI-CIG di cui alla legge 6.12.1951, n. 1083, sulle norme per la sicurezza dell'impiego del gas combustibile*]

Legge 29 maggio 1974, n. 256 [*Classificazione e disciplina dell'imballaggio e dell'etichettatura delle sostanze e preparati pericolosi*]

Decreto Ministeriale 15 dicembre 1978 [*Designazione del Comitato elettrotecnico italiano quale organismo italiano di normalizzazione elettrotecnica ed elettronica*]

Decreto Ministeriale 23 luglio 1979 [*Designazione degli organismi incaricati di rilasciare certificati e marchi ai sensi della legge 18 ottobre 1977, n. 791*]

Decreto Ministeriale 16 febbraio 1982 [*Modificazioni del DM 27/09/65 concernente la determinazione delle attività soggette alle visite di prevenzione incendi*]

Decreto Presidente Repubblica 8 giugno 1982, n. 524 [*Attuazione della direttiva CEE n. 77/576 per il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati membri in materia di segnaletica di sicurezza sul posto di lavoro e della direttiva CEE n. 79/640 che modifica gli allegati della direttiva suddetta*]

Decreto Presidente Repubblica 21 luglio 1982, n. 675 [*Attuazione della direttiva n. 79/196/CEE relativa al materiale elettrico destinato ad essere utilizzato in atmosfera per il quale si applicano taluni metodi di protezione*]

Decreto Presidente Repubblica 29 luglio 1982, n. 577 [*Approvazione del regolamento concernente l'espletamento dei servizi di prevenzione e vigilanza antincendi*]

Legge 12 agosto 1982, n. 597 [*Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 30 giugno 1982, n. 390, concernente la disciplina delle funzioni prevenzionali ed omologative delle unità sanitarie locali e dell'Istituto superiore per la prevenzione e sicurezza del lavoro*]

Decreto Ministeriale 1 marzo 1983 [*Designazione dell'organismo italiano autorizzato a procedere all'esame del materiale elettrico antideflagrante ed a rilasciare i relativi certificati; pubblicazione dell'elenco comunitario degli organismi degli stati membri che rilasciano certificati di conformità e di controllo, nonché dell'elenco comunitario dei modelli dei certificati di conformità utilizzati da detti organismi, e del modello CEE del certificato di conformità*]

Decreto Ministeriale 30 novembre 1983 [*Termini, definizioni generali e simboli grafici di prevenzione incendi*]

Decreto Ministeriale 5 ottobre 1984 [*Attuazione della direttiva 84/47/CEE, che adegua al progresso tecnico la precedente direttiva 79/196/CEE concernente il materiale elettrico destinato ad essere impiegato in atmosfera esplosiva, e già recepita con il DPR 21 luglio 1982, n. 675*]

Decreto Ministeriale 24 novembre 1984 [*Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l'accumulo e l'utilizzo del gas naturale con densità non superiore a 0,8*]



Decreto Ministeriale 28 febbraio 1986 [Approvazione di tabella UNI-CIG di cui alla legge 6/12/71 n. 1083 sulla sicurezza d'impiego del gas combustibile - 8° gruppo]

Legge 21 giugno 1986, n. 317 [Attuazione della direttiva n. 83/189/CEE relativa alla procedura di informazione nel settore delle norme e delle regolamentazioni tecniche]

Decreto Ministeriale 13 marzo 1987 [Pubblicazione della lista riassuntiva di norme armonizzate unitamente al recepimento e pubblicazione di ulteriori (4° gruppo) testi italiani di norme CEI armonizzate e corrispondenti, di cui all'art. 3 della legge 18/10/1977, n. 791, sull'attuazione della direttiva n. 73/23/CEE relativa al materiale elettrico destinato ad essere impiegato entro certi limiti di tensione]

Decreto Ministeriale 1 marzo 1989 [Recepimento della direttiva n. 88/571/CEE sull'aggiornamento al progresso tecnico dei metodi di protezione del materiale elettrico antideflagrante]

Legge 17 aprile 1989, n. 150 [Attuazione della direttiva n. 82/130/CEE e norme transitorie concernenti la costruzione e la vendita di materiale elettrico destinato ad essere utilizzato in atmosfera esplosiva]

Decreto Ministeriale 13 giugno 1989 [Lista degli organismi e dei modelli di marchi di conformità, pubblicazione della lista riassuntiva di norme armonizzate, unitamente al recepimento ed alla pubblicazione di ulteriori (5° gruppo) testi italiani di norme CEI, in applicazione della legge 18/10/1977, n. 791, sull'attuazione della direttiva n. 73/23/CEE relativa alla garanzia di sicurezza del materiale elettrico]

Legge 5 marzo 1990, n. 46 [Norme per la sicurezza degli impianti]

Legge 9 gennaio 1991, n. 9 [Norme per l'attuazione del nuovo piano energetico nazionale: aspetti istituzionali, centrali idroelettriche ed elettrodotti, idrocarburi e geotermia, autoproduzione e disposizioni fiscali]

Decreto Ministeriale 8 aprile 1991, n. 228 [Regolamento per l'attuazione della direttiva della commissione n. 88/35/CEE, per l'adeguamento al progresso tecnico degli allegati alla legge 17 aprile 1989, n. 150, sul materiale elettrico destinato ad essere utilizzato in atmosfera esplosiva]

Decreto Legislativo 15 agosto 1991, n. 277 [Attuazione delle direttive n. 80/1107/CEE, n. 82/605/CEE, n. 83/477/CEE, n. 86/188/CEE e n. 88/642/CEE in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro a norma dell'art. 7 della legge 30 luglio 1990, n. 212] le disposizioni di cui al Capo IV sono state abrogate e sostituite da quanto contenuto nell'Art.5 del D.Lgs. N.195/06

Decreto Presidente Repubblica 6 dicembre 1991, n. 447 [Regolamento d'attuazione della legge 5 marzo 1990, n. 46, in materia di sicurezza degli impianti]

Decreto Legislativo 25 gennaio 1992, n. 77 [Attuazione della direttiva 88/364/CEE in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi d'esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro]

Decreto Ministeriale 28 gennaio 1992 [Classificazione e disciplina dell'imballaggio e dell'etichettatura dei preparati pericolosi in attuazione



delle direttive emanate dal Consiglio e dalla Commissione delle Comunità europee]

Decreto Ministeriale 20 febbraio 1992 [Approvazione del modello di dichiarazione di conformità dell'impianto alla regola d'arte di cui all'art. 7 del regolamento di attuazione della legge 5 marzo 1990, n. 46, recante norme per la sicurezza degli impianti]

Decreto Legislativo 4 dicembre 1992, n. 475 [Attuazione della direttiva n. 89/686/CEE del Consiglio del 21/12/1989, in materia di ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai dispositivi di protezione individuale]

Decreto Ministeriale 15 ottobre 1993, n. 519 [Regolamento recante autorizzazione all'ISPESL ad esercitare attività omologative di primo o nuovo impianto per la messa a terra e la protezione dalle scariche atmosferiche]

Decreto Ministeriale 30 dicembre 1993 [Elenco delle norme armonizzate sulla compatibilità elettromagnetica]

Decreto Presidente Repubblica 18 aprile 1994, n. 392 [Regolamento recante disciplina del procedimento di riconoscimento delle imprese ai fini dell'installazione, ampliamento e trasformazione degli impianti nel rispetto delle norme di sicurezza]

Decreto Legislativo 19 settembre 1994, n. 626 [Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE, 90/679/CEE, 93/88/CEE, 95/63/CE, 97/42/CE, 98/24/CE, 99/38/CE, 99/92/CE, 2001/45/CE e 2003/10/CE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro]

Decreto Ministeriale 13 ottobre 1994 [Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione, l'installazione e l'esercizio dei depositi di GPL in serbatoi fissi di capacità complessiva superiore a 5 m³ e/o in recipienti mobili di capacità complessiva superiore a 5.000 Kg]

Decreto Ministeriale 11 novembre 1994 [Attuazione delle direttive del Consiglio n. 90/487/CEE e della Commissione n. 94/26/CEE, per l'adeguamento al progresso tecnico del materiale elettrico destinato ad essere utilizzato in atmosfera esplosiva, per il quale si applicano taluni metodi di protezione]

Decreto Legislativo 19 dicembre 1994, n. 758 [Modificazioni alla disciplina sanzionatoria in materia di lavoro]

Decreto Ministeriale 12 febbraio 1996 [Lista di organismi e di marchi di conformità, nonché lista riassuntiva, aggiornata al 18 agosto 1995, di norme armonizzate, adottate ai sensi dell'art. 3 della legge 18 ottobre 1977, n. 791, concernente l'attuazione della direttiva n. 73/23/CEE sulle garanzie di sicurezza che deve possedere il materiale elettrico destinato ad essere utilizzato entro certi limiti di tensione]

Decreto Legislativo 19 marzo 1996, n. 242 [Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, recante attuazione di direttive comunitarie riguardanti il miglioramento della salute e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro]



Decreto Presidente Repubblica 24 luglio 1996, n. 459 [Regolamento per l'attuazione delle direttive 89/392/CEE, 91/368/CEE, 93/44/CEE e 93/68/CEE concernenti il riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relativi alle macchine]

Decreto Legislativo 14 agosto 1996, n. 493 [Attuazione della direttiva CEE n. 92/58 concernente le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro]

Decreto Legislativo 14 agosto 1996, n. 494 [Attuazione della direttiva 92/57/CEE concernente le prescrizioni minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei o mobili]

DPR 12 gennaio 1998, n. 37 [Regolamento recante disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione incendi, a norma dell'art. 20, comma 8, della legge 15 marzo 1997, n. 59]

Decreto Interministeriale 10 marzo 1998 [Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro]

Decreto ministeriale 4 maggio 1998 [Disposizioni relative alle modalità di presentazione ed al contenuto delle domande per l'avvio dei procedimenti di prevenzione incendi, nonché all'uniformità dei connessi servizi resi dai Comandi provinciali dei vigili del fuoco]

Decreto Legislativo 4 agosto 1999, n. 359 [Attuazione della direttiva 95/63/CE che modifica la direttiva 89/655/CE relativa ai requisiti minimi di sicurezza e salute per l'uso di attrezzature di lavoro da parte dei lavoratori]

Decreto Legislativo 25 febbraio 2000, n. 66 [Attuazione delle direttive 97/42/CE e 1999/38/CE, che modificano la direttiva 90/394/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti cancerogeni o mutageni durante il lavoro]

Legge 29 dicembre 2000, n. 422 [Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee – Legge comunitaria 2000]

Legge 8 gennaio 2002, n. 1 [Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 12 novembre 2001, n. 402, recante disposizioni urgenti in materia di personale sanitario]

Decreto legislativo 2 febbraio 2002, n. 25 [Attuazione della direttiva 98/24/CE sulla protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori contro i rischi derivanti da agenti chimici durante il lavoro]

Legge 1 marzo 2002, n. 39 [Disposizioni per l'adempimento di obblighi derivanti dall'appartenenza dell'Italia alle Comunità europee. Legge comunitaria 2001]

D.Lgs. 187/05 [Attuazione della direttiva 2002/44/CE sulle prescrizioni minime di sicurezza e di salute relative all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti da vibrazioni meccaniche]

D.Lgs. 10/04/2006 n.195 Attuazione della direttiva 2003/10/CE relativa all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (rumore) in vigore dal 14 dicembre 2006.

Valutazione esposizione a inquinanti aerodispersi

Cenni sulla natura chimica degli inquinanti



L'inquinamento industriale può essere definito come l'insieme di tutti quei fattori di natura fisica e chimica che, originati da attività lavorative, sono presenti negli ambienti di lavoro e che possono provocare, da soli o nel loro insieme, un'alterazione del normale equilibrio biologico degli operatori esposti.

I fattori chimici di rischio sono legati all'uso delle sostanze chimiche.

Le sostanze ed i preparati chimici, nel loro utilizzo all'interno degli ambienti di lavoro, possono generare inquinanti sotto diversi stati d'aggregazione.

In particolare gli inquinanti possono essere presenti sotto forma particellare e/o aeriforme.

Gli inquinanti particellari sono quelle sostanze che si presentano sotto forma di particelle liquide e/o solide, in sospensione nell'atmosfera.

In base alla loro origine gli inquinanti particellari si suddividono in polveri, fumi e nebbie.

Le polveri sono particelle solide in grado, per l'elevato sviluppo superficiale, di rimanere in sospensione nell'aria per un tempo più o meno lungo. Sono generate per azione meccanica sui diversi materiali (frantumazione, macinazione, polverizzazione, ecc.).

I fumi sono particelle solide in sospensione nell'aria, di dimensioni inferiori al micron, generate da processi di combustione, volatilizzazione, condensazione.

Le nebbie sono particelle liquide in sospensione nell'atmosfera, sono generate da processi d'evaporazione e condensazione, d'atomizzazione, ecc..

Le polveri possono avere degli effetti pneumoconiosi e/o tossici specifici della loro natura.

Le polveri pneumoconiose sono quelle la cui inalazione provoca danni all'apparato respiratorio nella parte alveolare dell'apparato respiratorio. Gli effetti pneumoconiosi dipendono a loro volta dal tipo di polvere e possiamo avere due azioni: una fibrotica (reversibile e irreversibile) ed una tumorale.

Le polveri tossiche sono tutte quelle costituite da sostanze (inorganiche od organiche) la cui inalazione provoca effetti patologici caratteristici a carico di uno o più sistemi od organi dell'organismo umano essenzialmente al di fuori dell'apparato respiratorio che ne rappresenta la via di ingresso.

Gli inquinanti aeriformi sono quelle sostanze che si presentano diffuse nell'atmosfera sotto forma di gas. A seconda che la temperatura critica delle singole sostanze sia maggiore o minore della temperatura ambiente si è in presenza, rispettivamente, di un vapore o di un gas.

Fumi di saldatura

All'interno delle attività sono effettuate operazioni di saldatura elettrica con utilizzazione di elettrodi sia rutilici che citobasici. Conseguentemente tra i rischi presenti vi è l'esposizione degli addetti ai fumi di saldatura.

I fumi di saldatura sono costituiti da una miscela complessa di sostanze sia solide sia gassose che si formano nell'aria durante un processo di saldatura sia elettrico che ossiacetilenico.

La composizione e la quantità di tali sostanze dipendono da diversi fattori quali la natura chimica-fisica della lega lavorata, dal tipo di processo e dagli elettrodi usati. Ad esempio, i metalli reattivi e le leghe come quelle d'alluminio e di titanio sono saldati ad arco, in un'atmosfera protettiva inerte come l'argon. Questi archi creano, solitamente pochi fumi, ma possono dare luogo ad un'intensa radiazione che può produrre ozono. Processi simili sono usati per gli acciai saldati ad arco, che pure



creano un livello abbastanza basso di fumi. Diversamente le leghe di ferro sono saldate ad arco in ambienti ossidanti e possono generare molto fumo producendo ossido di carbonio anziché ozono.

I fumi di saldatura sono, generalmente, composti da diverse particelle di scorie amorfe, contenenti ferro, manganese, silicio ed altri costituenti metallici secondo le leghe impiegate. I metalli possono essere presenti sia allo stato atomico sia come ossidi.

I composti del cromo e del nichel si trovano nei fumi quando si saldano ad arco gli acciai inossidabili. Alcuni elettrodi rivestiti e con il nucleo fondente, come quelli citobasici contenenti fluoruri, sono in grado di emettere fumi che possono contenere molti più fluoruri che ossidi.

Per le ragioni sopra indicate, spesso è necessario sottoporre i fumi di saldatura a controllo dei costituenti individuali, dei quali è presumibile la presenza, allo scopo di verificare se i TLV relativi sono superati.

Le conclusioni basate sulla concentrazione totale dei fumi sono generalmente adeguate se nessun elemento tossico è presente nell'elettrodo, nel metallo o nel rivestimento metallico, e le condizioni non sono tali da provocare la formazione di gas tossici.

Nel caso in oggetto nella valutazione del rischio si è fatto riferimento sia alla concentrazione totale dei fumi sia alle singole concentrazioni dei metalli presenti in essi.

Nebbie di oli minerali

In tutte le lavorazioni d'attrezzatura eseguite con macchine quali i torni, le frese, ecc., si fa uso di oli minerali additivati con varie sostanze.

Nel corso di tali lavorazioni, a causa dell'attrito che si producono nelle stesse, si formano nell'aria nebbie di queste sostanze.

Gli oli minerali sono sostanze composte da miscele complesse di idrocarburi alifatico-aromatici medio-alto bollenti additate con tensioattivi, ammine alifatiche, saponi, ecc..

Il TLV-TWA per queste nebbie, viste da un punto di vista tossicologico come rischio complessivo, è pari a 5 mg/m³.

Solo nel caso specifico, in cui siano presenti nella miscela di idrocarburi sostanze di rilevante tossicità e quando le concentrazioni ambientali siano significative, si può procedere alla ricerca dello specifico inquinante. Nel caso in oggetto, non si è reso necessario, viste le basse concentrazioni ambientali rilevate in prossimità della sorgente emissiva.

Polveri ambientali

Tra i rischi ancora presenti all'interno di un'officina vi può essere, talvolta, quello della presenza di materiale particellare aerodisperso.

Il materiale solido, per effetti meccanici nella lavorazione, dà luogo a materiale particellare aerodisperso di varia granulometria.

Il materiale particellare può essere del tipo inorganico e di tipo organico.

Le polveri inorganiche si suddividono a sua volta in:

polveri minerali non pneumoconio gene, polveri minerali pneumoconio gene, polveri minerali tossiche.

Nel caso delle polveri minerali, sia pneumoconio gene sia non, nella valutazione e conseguentemente nella prevenzione del rischio, è rilevante il diametro



aerodinamico e in altre parole la loro respirabilità. La frazione respirabile solitamente è compresa tra 0,5-5 micron.

Le polveri inorganiche tossiche sono a base di metalli tossici quali il piombo, il cromato di piombo, il cadmio, ecc..

Le polveri organiche solitamente hanno carattere di tossicità come, ad es., i coloranti, le polveri ad azione farmacologica, ecc..

Nel caso in oggetto, all'interno delle officine si è osservata una presenza di polveri inorganiche definite inerti o fastidiose composte da piccole quantità di ossidi di metalli, in particolare di ferro, da residui di trattamenti di rifinitura quali la frullatura o la molatura (uso di mole, frullini) ecc..

Si tratta, per lo più, di polveri scarsamente reattive e presenti a concentrazioni di molto inferiori ai TLV.

Uffici e qualità dell'aria

Anche negli uffici è stata eseguita la valutazione della qualità dell'aria tenendo conto sia degli aspetti microclimatici sia di quelli chimici.

L'aria presente in un ambiente può, durante la giornata, "viziarsi" arricchendosi sia di materiale particellare aerodisperso (polveri) di tipo organico ed inorganico, sia di sostanze organiche volatili contenute sia nell'aria sia presenti all'interno degli ambienti a causa del fumo di sigaretta e della traspirazione del corpo umano, sia, infine di sostanze gassose quali il monossido di carbonio, l'anidride carbonica ed in taluni casi degli ossidi d'azoto.

In particolare, la presenza di questi gas tossici e/o asfissianti all'interno di un ambiente diviene significativa quando il ricambio dell'aria all'interno dello stesso risulta essere insufficiente per carenza della quantità d'aria primaria immessa e per la mancanza di un'adeguata filtrazione.

In sostanza, la qualità dell'aria, durante la giornata, tende solitamente a peggiorare, arricchendosi sempre più di sostanze che, anche se presenti a modeste concentrazioni, possono causare disagi e disturbi alle persone che operano in quell'ambiente.

Il peggioramento della qualità dell'aria in un ambiente condizionato estate-inverno associato alle condizioni microclimatiche non ottimali, eventualmente presenti negli stessi ambienti, tende a determinare la sindrome del "sick building" (sindrome dell'edificio malato).

In conseguenza di quanto detto e per prevenire tutto ciò, nell'ambito della valutazione dei rischi si rende necessario l'approfondimento di questi aspetti. Tale approfondimento è possibile mediante l'effettuazione di campionamenti sia sulla frazione solida sia su quell'aeriforme necessari a definire la qualità dell'aria.

Si fa presente che per quanto attiene alla concentrazione delle sostanze organiche, delle polveri e dei gas aerodispersi non esistono dei valori di riferimento tabellati oltre quelli relativi ai TLV-TWA dell'A.C.G.I.H..

Tali valori sono costruiti ed utilizzati per i rischi presenti negli ambienti industriali. Nel caso degli uffici questi valori non sono, quindi, assolutamente utilizzabili.

Valutazione esposizione a rumore

Cenni sul rumore

Il rumore può essere definito genericamente come un suono percepibile di tipo sgradevole od indesiderato. Esso può dare luogo a vari disturbi il cui grado



dipende dalla sua intensità e frequenza, ma anche dalle differenze fisiologiche esistenti tra i vari individui.

Quando supera certi livelli d'intensità, in particolare, il rumore può provocare danni all'udito ed in questo caso esistono criteri obiettivi per la sua valutazione.

La sensazione sonora è provocata da una serie di variazioni di pressione atmosferica che avvengono con velocità sufficiente perché possano essere registrate dall'orecchio. Il numero di variazioni di pressioni in un secondo è detto frequenza del rumore e si misura in Hertz (Hz).

L'orecchio umano è in grado di percepire suoni con frequenze comprese tra 20 e 20.000 Hz, aventi rispettivamente lunghezza d'onda pari a 17 metri e 1,7 centimetri.

Nei riguardi dell'intensità sonora, l'orecchio umano è in grado di percepire suoni pari a 1/5.000.000.000 della normale pressione atmosferica (20 μ Pa = soglia uditiva), ma può tollerare suoni più elevati (circa 200 Pa = soglia del dolore).

Per evitare il ricorso a numeri (con molti zeri) utilizzabili con difficoltà, il rumore è misurato in decibel (dB):

$$dB = 20 \text{ Log } [P/P_0]$$

dove

P = valore efficace RMS della pressione sonora in Pascal;

P_0 = valore di riferimento prefissato a 20 μ Pa

Lo strumento elettronico per la misura del livello RMS (radice quadrata dei valori quadratici medi della pressione sonora), è detto comunemente fonometro.

Il campo di frequenze, da 20 a 20.000 Hz, è analizzato mediante filtri elettronici aventi l'ampiezza di un'ottava o di un terzo d'ottava.

Quest'analisi in frequenza, o spettro del rumore, consente sia di valutare, ai fini del danno, le frequenze caratteristiche del fenomeno sia di studiare i requisiti di un materiale fonoassorbente, di una cuffia auricolare, di uno schermo protettivo.

La variabilità del livello di pressione sonora (SPL) nel tempo definisce il tipo di rumore:

- *rumore stazionario*: con fluttuazioni trascurabili (2 dB) durante il periodo di osservazione;
- *rumore fluttuante*: con variazioni di livello superiori a 2 dB ad intervalli maggiori dei tempi medi di risposta dell'orecchio (0,1 s);
- *rumore impulsivo*: definizione non ancora normalizzata, trattasi comunque di impulsi aventi una durata minore di 1 secondo.

Cenni sulle vibrazioni

Lavorazioni in cui s'impugnino utensili vibranti o materiali sottoposti a vibrazioni o impatti, possono indurre un insieme di disturbi neurologici e circolatori digitali e lesioni osteoarticolari a carico degli arti superiori, definito con termine unitario "Sindrome da Vibrazioni Mano-Braccio".

La **componente vascolare** della sindrome è rappresentata da una forma secondaria di fenomeno di Raynaud definita "sindrome delle dita bianche"; la **componente neurologica** è caratterizzata da una neuropatia periferica prevalentemente sensitiva; la **componente osteoarticolare** comprende lesioni



cronico-degenerative a carico dei segmenti ossei ed articolari degli arti superiori, in particolare a livello dei polsi e dei gomiti.

Sulla base dei risultati di una recente revisione della letteratura epidemiologica, il National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH, USA) ha definito di “forte evidenza” l’associazione tra esposizione occupazionale a vibrazioni mano-braccio e occorrenza di lesioni neurovascolari e muscolo-scheletriche a carico degli arti superiori.

È stato stimato che una frazione tra il 1,7 e 5,8% della forza lavoro in USA, Canada e alcuni Paesi Europei è esposta a vibrazioni mano-braccio di elevata intensità e potenzialmente in grado di provocare danni alla salute dei lavoratori.

È noto, inoltre, che anche attività lavorative svolte a bordo di mezzi di trasporto o di movimentazione, quali ruspe, pale meccaniche, trattori, macchine agricole, autobus, carrelli elevatori, camion, imbarcazioni, ecc., espongono il corpo a vibrazioni o impatti, che possono risultare nocivi per i soggetti esposti. Dai numerosi studi epidemiologici pubblicati in letteratura sugli effetti dell’esposizione del corpo intero a vibrazioni (Whole Body Vibration), appare che, per quanto sia stato documentato che alcuni disturbi si riscontrino con maggior frequenza tra lavoratori esposti a vibrazioni, piuttosto che tra soggetti non esposti, non è al momento possibile individuare patologie o danni prettamente associabili all’esposizione del corpo a vibrazioni.

La nuova edizione dello standard ISO 2631-1:1997, che definisce metodiche standardizzate di misura delle vibrazioni trasmesse al corpo e fornisce alcune linee guida ai fini della valutazione degli effetti sulla salute, dichiara in proposito che “non esistono dati sufficienti alla definizione di una relazione quantitativa tra esposizione a vibrazioni e rischio di effetti sulla salute. Pertanto, non è possibile valutare le vibrazioni trasmesse al corpo in termini di probabilità di rischio per esposizioni di differenti entità e durata”.

È stato stimato che una frazione tra il 4 e 7% della forza lavoro in USA, Canada e alcuni Paesi Europei è potenzialmente esposta a vibrazioni trasmesse a tutto il corpo di elevata intensità.

L’esposizione a vibrazioni trasmesse a tutto il corpo può causare una diminuzione delle prestazioni lavorative nei conducenti di macchine e/o veicoli e modificazioni dello stato di comfort nei passeggeri.

Vibrazioni a bassa frequenza (< 0,5 Hz) possono provocare disturbi chinetosici definiti nel loro insieme come “mal dei trasporti”.

I risultati degli studi epidemiologici attualmente disponibili depongono per una maggior occorrenza di lombalgie e lombosciatalgie, alterazioni degenerative della colonna vertebrale (spondiloartrosi, spondilosi, osteocondrosi intervertebrale), discopatie e ernie discali lombari e/o lombosacrali nei conducenti di veicoli industriali e di mezzi di trasporto rispetto a gruppi di controllo non esposti a vibrazioni meccaniche.

Vi è una sufficiente evidenza epidemiologica che il rischio di insorgenza di patologie del rachide lombare aumenta con l’aumentare della durata e dell’intensità dell’esposizione a vibrazioni trasmesse al corpo intero.

In un limitato numero di Stati membri dell’Unione Europea (Belgio, Francia, Germania, Olanda), alcune patologie del rachide, in particolare del tratto lombare, sono considerate di origine professionale in presenza di specifici requisiti relativi



all'intensità e alla durata di esposizione alle vibrazioni, e come tali suscettibili di indennizzo.

Il ruolo delle vibrazioni nella etiopatogenesi delle alterazioni del rachide lombare non è ancora completamente chiarito poiché la guida di macchine o veicoli comporta non solo l'esposizione a vibrazioni potenzialmente dannose ma anche a fattori di stress ergonomico quali, ad es., una prolungata postura assisa o frequenti movimenti di flessione e torsione del rachide. Inoltre, alcune categorie di autisti, come gli addetti a lavori di trasporto in vari settori commerciali, possono svolgere attività di sollevamento e spostamento di carichi manuali che rappresentano un'ulteriore fattore di stress per il tratto lombare del rachide. Alcune caratteristiche individuali (età, indice di massa corporea, abitudine al fumo di tabacco, aspetti costituzionali), fattori di natura psicosociale e pregressi traumatismi alla schiena sono anche riconosciuti come importanti variabili predittive della comparsa di disturbi al rachide, in particolare di lombalgie. Pertanto, i sintomi muscolo-scheletrici e le lesioni al rachide lombare negli autisti di macchine o veicoli rappresentano un complesso di alterazioni di origine multifattoriale nella cui etiopatogenesi intervengono fattori di natura sia occupazionale sia extra-occupazionale. Ne deriva che risulta molto difficile separare il contributo delle vibrazioni da quello di altri fattori di rischio individuale ed ergonomico nell'insorgenza e/o aggravamento di turbe del rachide. Studi di biodinamica hanno tuttavia evidenziato i seguenti possibili meccanismi attraverso i quali le vibrazioni possono indurre lesioni all'apparato muscolo-scheletrico del rachide:

1. sovraccarico meccanico dovuto a fenomeni di risonanza della colonna vertebrale nell'intervallo di frequenza delle vibrazioni tra 3 e 10 Hz, con conseguente danno strutturale a carico dei corpi vertebrali, dischi e articolazioni intervertebrali;
2. eccessiva risposta contrattile dei muscoli paravertebrali causata da intenso stimolo vibratorio, con conseguenti fenomeni di strain e affaticamento muscolare.

Considerazioni sul comparto

Come tutti i settori legati alla metalmeccanica, anche il comparto in esame è molto esposto sia a rumore sia a vibrazioni e anzi questi due agenti sono la prima fonte di stress per i lavoratori. Tutte le aziende viste hanno comunque un programma di contenimento del rischio sia per il rumore sia per le vibrazioni.

Per quanto riguarda i dispositivi di protezione individuale per il rumore i più usati sono gli otoprotettori a inserto usa e getta oppure sagomati riutilizzabili, mentre per le vibrazioni molto usati sono i guanti cosiddetti "antivibranti", certificati secondo la norma europea armonizzata EN ISO 10819:1996, che è di supporto ai requisiti essenziali di sicurezza e salute previsti dalla Direttiva UE 89/686/CEE "Apparecchiature per la protezione della persona". Questo tipo di DPI oltre ai benefici in termini di protezione delle mani dai rischi meccanici (abrasioni, tagli), dalle temperature estreme, dai rischi chimici e dall'umidità, possono ridurre la trasmissione delle vibrazioni alle mani.

Inoltre in ogni azienda del comparto è previsto anche un programma di misure tecniche o organizzative, volte a ridurre al minimo l'esposizione e i rischi che ne conseguono, predisponendo i seguenti interventi:

- 1) ridurre i tempi di esposizione a vibrazioni meccaniche e rumore;



- 2) predisporre attrezzature di lavoro adeguate concepite nel rispetto dei principi ergonomici e che producono, tenuto conto del lavoro da svolgere, il minor livello possibile di vibrazioni ed esposizione al rumore;
- 3) svolgere adeguati programmi di manutenzione delle attrezzature di lavoro, del luogo di lavoro e dei sistemi sul luogo di lavoro;
- 4) progettare ed organizzare adeguatamente i luoghi ed i posti di lavoro;
- 5) effettuare l'informazione e la formazione dei lavoratori sull'uso corretto e sicuro delle attrezzature di lavoro, in modo da ridurre al minimo la loro esposizione a vibrazioni meccaniche e rumore;
- 6) limitare la durata e l'intensità dell'esposizione;
- 7) organizzare orari di lavoro appropriati, con adeguati periodi di riposo;

Esiste, anche, uno specifico programma di sorveglianza sanitaria per i lavoratori esposti a livelli di vibrazioni e/o rumore superiori ai valori d'azione indicati nella normativa di riferimento. La visita medica prescritta viene effettuata periodicamente, di norma una volta l'anno o con periodicità diversa decisa dal medico competente in funzione della valutazione del rischio.

Stress e affaticamento da calore

Microclima

Per microclima s'intende l'effetto concomitante delle condizioni climatiche (temperatura, ventilazione ed umidità relativa) presenti all'interno di un ambiente confinato.

Il sommarsi dell'insieme dei fattori indicati, che per convenzione sono indicati con le lettere v per ventilazione, T per temperatura ed $\%Rel$ per umidità relativa, può determinare nelle persone che operano all'interno di un ambiente confinato una sensazione di benessere o di malessere.

È noto, infatti, che il microclima ed i suoi effetti positivi o negativi sugli addetti, sono da ricollegarsi, entro certi limiti, a valutazioni prevalentemente di ordine soggettivo.

Solo per esposizione a condizioni microclimatiche estreme, per difetto o per eccesso (troppo freddo o troppo caldo), possono insorgere delle vere e proprie manifestazioni patologiche ad esse collegate. Le condizioni di disagio termico e quelle più estremizzate di stress termico possono raggiungersi, ad esempio, quando si è in presenza di elevati valori di temperatura a bulbo asciutto, accompagnati da alti valori di umidità relativa e con basse ventilazioni e durante l'effettuazione di una lavorazione che richiede un elevato consumo metabolico. Chi si trova ad operare in queste condizioni microclimatiche, non riesce a compensare lo sforzo fisico complessivo e pertanto, a causa dello stress conseguente, può progressivamente andare incontro ad un collasso cardiocircolatorio.

Nello svolgimento della normale attività lavorativa, del comparto in esame, all'interno di locali parzialmente o completamente climatizzati, queste condizioni estreme usualmente non si verificano. Gli ambienti di lavoro, come quello in oggetto, sono definiti come "ambienti moderati" e non si ritiene ci siano pericoli strettamente connessi al microclima.



Questi ambienti sono caratterizzati dal fatto che, le persone che vi operano sono in grado di mantenere costante, senza sforzi eccessivi, la propria temperatura corporea. Infatti, in questo tipo di ambienti si può più facilmente raggiungere il benessere termico.

Solitamente, gli ambienti moderati sono caratterizzati dalle seguenti condizioni operative:

- condizioni ambientali piuttosto omogenee e con ridotta variabilità nel tempo;
- assenza di scambi termici localizzati fra soggetto ed ambiente che abbiano effetti rilevanti nel bilancio termico complessivo;
- attività fisica modesta con basso consumo metabolico e con sostanziali analogie di situazioni tra i diversi soggetti;

sostanziale uniformità del vestiario indossato dai diversi operatori.

Illuminazione

Nella pratica è importante stimare la quantità di intensità luminosa che è prodotta, oppure che è riflessa, da una superficie di una certa estensione, così come appare all'osservatore.

Le principali patologie correlate ad una cattiva illuminazione sono riconducibili essenzialmente ai seguenti tipi di disturbi:

- *disturbi visivi*: pesantezza, tensione, bruciore, arrossamento oculare, deficit della messa a fuoco, visus annebbiato.
- *disturbi posturali*: posture incongrue con fenomeni secondari di contrattura muscolare ed affaticamento. Si tratta di disturbi determinati dalla posizione assunta dall'operatore e dipendenti, per lo più, dall'altezza del sedile, dalle dimensioni del tavolo di lavoro, dall'esistenza o meno di poggiapiedi o di superfici di appoggio per gli avambracci;
- *disturbi psicologici*: ansia, nervosismo, irritabilità, depressione e alterazione dell'umore. Questi disturbi sono difficilmente quantizzabili in quanto causati normalmente dall'organizzazione del lavoro e dal contenuto intellettuale dell'attività svolta.

Nelle aziende analizzate le postazioni si sono rivelate tutte rispondenti ai requisiti minimi dell'ergonomia e con un'adeguata illuminazione.

3.2 Analisi rischi e interventi specifici di alcuni processi produttivi

Di seguito sono analizzati in dettaglio i processi produttivi più caratterizzanti del settore. Il paragrafo include l'analisi dei trasferimenti e movimentazioni in quanto operazioni comuni a tutti i processi considerati.

Relativamente ai riferimenti legislativi riportati alla fine di ogni processo, questi possono essere considerati parte della più ampia trattazione riportata nel Paragrafo 3.1



Trasferimenti e Movimentazioni

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](#)

[Approvvigionamento materiali](#)

[Operazioni con macchine utensili o con attrezzature](#)

[Movimentazioni manuali](#)

[Movimentazioni con macchinari a terra](#)

[Movimentazioni con carroponte](#)

Lo svolgimento delle diverse attività lavorative prevede la necessità di spostamenti, più o meno importanti, di persone e materiali fra le diverse posizioni di lavoro.

I trasferimenti e le movimentazioni non costituiscono una specifica fase di lavorazione, ma sono attività da cui non si può prescindere nel descrivere il profilo di rischio e sono riferite a tutti i processi di lavorazione esaminati.

Gli addetti 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.

Le movimentazioni sono effettuate per:

- stoccaggio e prelievo materiale da magazzino del materiale sia principale che ausiliario
- spostamento del materiale in corso di lavorazione da una postazione all'altra o all'interno della stessa postazione in modo manuale, con carroponte o macchinari a terra (muletto).

Fattori di rischio

Rischi di natura infortunistica

Operazione	Rischio connesso ed eventuale danno atteso	Interventi di prevenzione rischi collegati all'operazione
Trasferimenti a terra in reparto	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Caduta/scivolamento durante salita/discesa dislivelli con eventuali distorsioni, lussazioni e/o fratture ➤ Urto/caduta/scivolamento in piano con eventuali distorsioni, lussazioni e/o ferite lacero-contuse 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Miglioramento lay-out e percorsi addetti ➤ Disegno delle strutture (scale con geometrie non idonee, pavimenti sporchi): fattori di rischio di semplice eliminabilità. ➤ Manutenzione strutture ➤ Manutenzione strutture (pavimenti sporchi, ecc.) ➤ Pulizia e raccolta scarti
Trasferimenti a terra in reparto durante interventi di manutenzione	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Caduta da luoghi elevati con eventuali contusioni, traumi, distorsioni e/o lussazioni 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Protezione aperture durante le manutenzioni ➤ Procedure di manutenzione
Accesso alla posizione di manovra carro ponte: Salita e discesa da carro ponte	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Scivolamento durante salita/ discesa delle scale con eventuali fratture, distorsioni e lussazioni 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Manovra con radiocomando ➤ Configurazione con rampe e pianerottoli (evitando scale a marinaio) ➤ Materiali e manutenzione 
Movimentazioni con macchinari a terra	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Traumi in seguito a urti contro strutture o ribaltamenti con eventuali contusioni, traumi e/o ferite lacero-contuse ➤ Urto/ caduta/ scivolamento durante salita/ discesa dai mezzi con eventuali lesioni traumatiche 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Attrezzature non idonee ➤ Trasporto non sicuro (carichi instabili) ➤ Condotta del mezzo non corretta ➤ Geometrie scalette ➤ Manutenzione scalette

Figura 11 Scala alla marinara



Galvanica

Fasi di lavorazione specifiche

Preparazione della superficie dei manufatti (Sgrassatura, Lavaggio, Decapaggio)

Processo di galvanizzazione (Zincatura, ecc.) o processo di anodizzazione

Trattamenti finali (Deidrogenazione, Passivazione)

Manutenzione

Trattamento reflui

Il termine “trattamento galvanico” si riferisce a numerosi processi industriali di trattamento e finitura superficiale dei metalli (argentatura, doratura, cromatura, zincatura): consiste nella deposizione elettrochimica di uno strato sottile di un metallo o di una lega che modifica le proprietà di superficie del supporto, dal punto di vista decorativo e tecnico, migliorandone ad esempio le caratteristiche di resistenza alla corrosione e le proprietà meccaniche, elettriche ed ottiche.. In relazione a diversità di trattamenti, cicli di lavorazione, sostanze utilizzate e condizioni operative, la tipologia degli impianti copre uno spettro piuttosto ampio: infatti, accanto a moderne installazioni completamente automatizzate, ne esistono ancora di tecnologicamente più obsolete, nelle quali la maggior parte delle lavorazioni è effettuata direttamente dagli operatori. Gli impianti automatici sono comunque prevalenti e offrono vantaggi indiscutibili in termini di flessibilità, produttività e miglioramento della sicurezza del processo, riducendo le occasioni di errore umano e limitando i rischi a cui sono esposti gli operatori.

La galvanica è un processo di lavorazione che si compone di diverse fasi. Inizia con diversi processi di preparazione della superficie, si passa quindi al processo vero e proprio di galvanizzazione per finire con processi di finitura.

Fanno parte della galvanica sia il processo di elettrodeposizione che il processo di anodizzazione. Il primo è utilizzato per materiali quali l'acciaio sul quale viene depositato uno strato di zinco od altri metalli. Il secondo è un processo di ossidazione prodotta artificialmente ed è utilizzato per materiali quali l'alluminio.

A valle del processo produttivo vero e proprio è sempre presente una fase di trattamento dei reflui necessaria prima dello smaltimento dei liquidi utilizzati nel processo.

A seconda del genere e della dimensione dell'impianto, non tutte le fasi sono previste nella lavorazioni di una singola azienda.

I manufatti in relazione alla forma e alle dimensioni, sono trattati in bagni statici o con buratti (bagni rotogalvanici). I piccoli particolari, come viti e bulloni, che non rischiano di aggrovigliarsi o di essere danneggiati durante un trattamento alla rinfusa possono essere trattati nei buratti. Questi girano nell'elettrolita e la corrente è portata mediante contatti disposti sulle pareti o conduttori collocati nella massa dei manufatti. Nel bagno statico, i manufatti sono fissati a telai su barre catodiche. Tutte le parti di questi telai non destinate ad assicurare il contatto, sono protette da un rivestimento in materiale plastico.

L'impianto è costituito da una serie di vasche messe in sequenza dove il pezzo da lavorare viene immerso. La movimentazione del pezzo da una vasca all'altra e l'immersione dello stesso sono generalmente effettuate tramite carro ponte. La Figura 12 mostra degli esempi di linea galvanica. In Figura 13 è mostrato un possibile lay-out di un impianto di anodizzazione. Figura 1

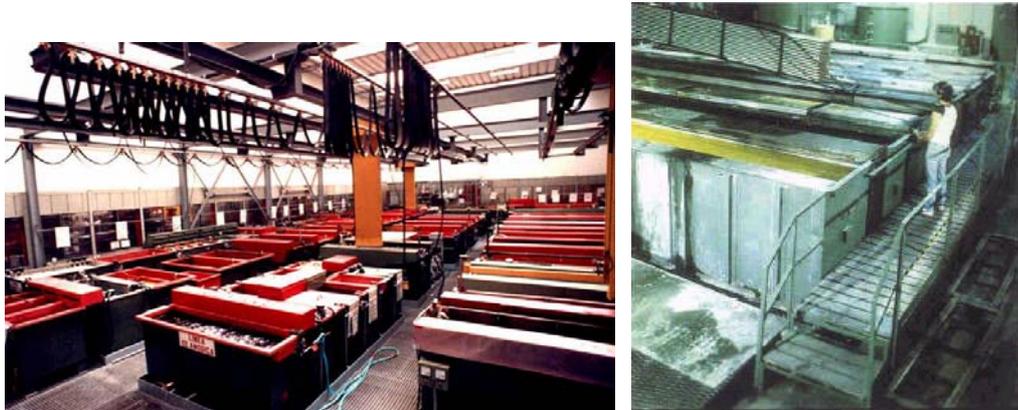


Figura 12 Impianti Galvanica

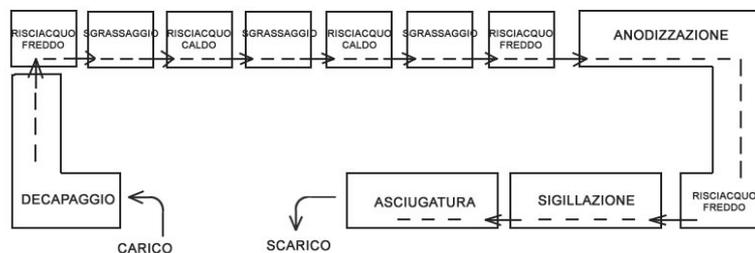


Figura 13 Possibile lay-out di un impianto di anodizzazione

PREPARAZIONE DEI MANUFATTI

Prima di effettuare i processi di elettrodeposizione sia elettrolitica che a caldo o di anodizzazione, è indispensabile un'adeguata preparazione superficiale del metallo di base del manufatto da trattare in modo da ottenere una buona aderenza del deposito.

SGRASSATURA

Residui di grassi ed oli vengono eliminati con un bagno di sgrassaggio, per il quale vengono impiegati solventi organici oppure soluzioni alcaline.

Nel caso di sgrassatura con solventi organici, si usa generalmente tricloroetilene o suoi derivati; con le soluzioni alcaline, il pH è tenuto intorno a valori di 12 - 13,5 per la sgrassatura di metalli ferrosi e intorno a 10,5 - 12 per quelli non ferrosi. In quest'ultimo caso si aggiungono degli inibitori per impedire la corrosione del metallo.

DECAPAGGIO

Il decapaggio è un trattamento che ha l'obiettivo di eliminare lo strato di ossidi superficiali normalmente presenti sui pezzi per migliorare l'adesione del deposito al metallo base; per gli oggetti di dimensione modesta, può essere effettuato mediante l'immersione in soluzioni acide oppure alcaline, a seconda del metallo. Per gli acciai non fortemente legati si usano acido solforico, cloridrico oppure nitrico, eventualmente in presenza di inibitori di corrosione per limitare l'effetto di vaiolatura. Per l'alluminio e le sue leghe s'impiegano soluzioni alcaline, mentre per il rame e le sue leghe si utilizzano frequentemente miscele solfonitriche (ad esempio 50% di H₂SO₄ e 50% di HNO₃).

Infine, per il decapaggio della ghisa, si impiega acido fluoridrico in sinergia con acido solforico oppure cloridrico.



Aumentando la temperatura della soluzione, aumenta anche la cinetica di dissidazione e quindi diminuiscono i tempi di trattamento: l'acido solforico può essere impiegato fino a 70°C, mentre l'acido cloridrico non deve essere riscaldato al di sopra dei 40°C, a causa della sua volatilità.

RISCIACQUATURA

Sia alla fase di sgranatura che a quella di decapaggio segue una breve immersione dei pezzi in acqua per sciacquare le superfici dalle soluzioni di grassaggio o da residui di sali e acidi dalla superficie.

Abitualmente, nei processi di risciacquatura si utilizza semplice acqua di processo, ma talvolta può essere necessario l'utilizzo di acqua deionizzata oppure osmotizzata.

NOTA: Nel caso in cui il processo successivo sia l'anodizzazione è sufficiente effettuare l'operazione di grassaggio e successivo lavaggio.

GALVANIZZAZIONE

BAGNI DI ZINCATURA ELETTROLITICA:

Esistono sostanzialmente due famiglie di bagni per zincatura elettrolitica che si differenziano principalmente per le caratteristiche dello zinco depositato, l'uniformità del riporto ed i costi; il bagno acido ed il bagno alcalino. Il primo è di gran lunga il più utilizzato, mentre il secondo è ormai quasi completamente in disuso per la presenza di reagenti particolarmente tossici nei bagni.

I bagni acidi sono solitamente composti da solfato di zinco, cloruro di zinco con l'aggiunta di sale alcalino, per migliorare la conduttività, e talvolta di tamponi per mantenere il Ph costante, nonché tensioattivi. Questi bagni consentono densità di corrente elevata e quindi una grande rapidità di deposizione. Il rendimento catodico è quasi al 100%, per contro i poteri di ripartizione del deposito sono inferiori ai bagni alcalini, il che limita talvolta la loro applicazione. Questi bagni grazie al loro elevato rendimento hanno la particolarità di permettere un deposito diretto sulla ghisa e sugli acciai carbonitrurati data la debole polarizzazione catodica. I depositi ottenuti si caratterizzano solitamente per una brillantezza superiore a quella ottenuta con bagni alcalini ma con una struttura che ne riduce le caratteristiche di resistenza alla corrosione rispetto ai bagni alcalini.

ANODIZZAZIONE

il processo più comune opera con acido solforico al 15%, 12 A/ft², 18-24V, alla temperatura di 20°C per 10-60 minuti; questo rivestimento è di solito colorato con prodotti organici o deposizione di metalli e offre un'ampia gamma di applicazioni. Con acidi organici: si usa una soluzione di 90-100 g/litro addizionata di una piccola quantità di acido solforico per incrementare la conduttività; si opera a temperatura ambiente, con 24 A/ft², fino a 75V; produce rivestimenti di colore da ambrato, bronzeo a nero, con un'ottima resistenza agli agenti atmosferici.

TRATTAMENTI FINALI:

DEIDROGENAZIONE

Lo sviluppo di idrogeno durante la preparazione della superficie (decapaggio, sgrassaggio elettrolitico) e la zincatura, in particolare nel bagno cianurato, può



provocare un infragilimento degli acciai che può risultare particolarmente accentuato per quelli con resistenza a trazione superiore a 100 N/mm^2 in questo caso occorre prendere opportune precauzioni durante la preparazione dei pezzi: decapaggio con inibitore, grassaggio elettrolitico anodico ed immediatamente dopo la zincatura sottoponendo i pezzi ad una deidrogenazione. Questa viene fatta in un forno riscaldato ad una temperatura di $180\text{-}200^\circ\text{C}$, per un periodo di due ore o più in funzione dello spessore dei pezzi, e prima della passivazione che altrimenti risulterebbe danneggiata.

PASSIVAZIONE

Dopo la zincatura elettrolitica o eventualmente dopo la deidrogenazione, si effettua immediatamente un trattamento di passivazione che aumenterà la resistenza alla corrosione del deposito di zinco

In funzione della composizione, della temperatura, del Ph della soluzione ed anche della durata del trattamento, si ottengono strati di spessore e colorazioni diverse. Normalmente le passivazioni sono azzurre, nere, gialle, verdi e iridescenti.

L'utilizzo dell'una o dell'altra non viene determinato solo da un fattore estetico, ma anche dalla resistenza alla corrosione e questa varia, aumentando dall'azzurra al verde.

Da più di 10 anni la sostituzione dei processi di cromatazione su zinco è stato l'obiettivo più importante per i laboratori di ricerca.

Le passivazioni esenti da Cr VI sembrano un'accettabile alternativa. Il loro sviluppo è avvenuto in diverse fasi per arrivare soprattutto a soddisfacenti prestazioni di resistenza alla corrosione.

Questi processi sono in fase di definitiva industrializzazione e precedono la prossima generazione che sarà completamente esente da cromo.

L'impiego di cromo esavalente come agente passivante del deposito di zinco, presenta diversi vantaggi: La resistenza alla corrosione, le proprietà autocatrizzanti che permettono una buona resistenza agli sfregamenti, del film di passivazione, un costo limitato ed infine una gamma dall'azzurro, giallo iridescente, al verde oliva fino al nero.

Nonostante tutti questi vantaggi esiste oggi un fondamentale inconveniente per il Cr VI, la tossicità.

E' per questo che negli ultimi anni si sono sviluppati processi alternativi basati principalmente sull' uso di cromo trivalente cobalto e silicio.

Queste nuove passivazioni, conformi alla direttiva Rohs, nonostante i costi più elevati e la necessità di una gestione più accorta si stanno rapidamente diffondendo e possono ora garantire, nella maggioranza dei casi, prestazioni in termini di aspetto e protezione del tutto simili a quelle basate su cromo esavalente.

Per aumentare ulteriormente la resistenza alla corrosione o standardizzare il coefficiente d'attrito dei particolari zincati si può applicare dopo la passivazione un film sigillante a base di cere, silicati o oli.

TIPOLOGIE DI IMPIANTI

Impianti manuali

Normalmente nell'installazione di questi impianti si adotta la disposizione in



linea, disponendo le vasche di elettrodeposizione e di servizio (lavaggio, decapaggio, neutralizzazione) secondo la sequenza delle operazioni e in modo che siano di facile accesso, ben illuminate e aerate.

A parità di produzione, gli impianti manuali richiedono un numero di operatori maggiore rispetto a quelli automatici, perciò sono installati per limitate produzioni di oggetti relativamente ingombranti, quando si debbono realizzare contemporaneamente molti trattamenti diversi, oppure per lavorazioni artigianali.

Impianti semiautomatici

La caratteristica principale di questo tipo d'impianti è la flessibilità, poiché permettono di realizzare trattamenti diversi sulla stessa linea. Le vasche sono affiancate secondo la sequenza di trattamento e il materiale in lavorazione, agganciato ai telai, è portato lungo la linea di produzione da paranchi o carri-ponte comandati dall'operatore, fino al completamento del ciclo.

Impianti automatici

Negli impianti automatici i telai sono trasportati lungo la linea di trattamento da dispositivi automatici. Rispetto agli impianti manuali, generalmente quelli completamente automatici sono più compatti, consentono un controllo migliore del processo e utilizzano vasche più grandi. Le linee a produttività medio-alta sono sempre automatiche; i carri-ponte spostano i telai rispettando la sequenza dei trattamenti ed i relativi tempi di permanenza previsti dal ciclo.

TRATTAMENTO REFLUI

Trattamento bagno di sgrassatura

A causa degli effetti negativi sul processo di sgrassatura, è importante pulire continuamente il bagno di sgrassatura. Ci sono diversi metodi efficienti per pulire i prodotti chimici trattati. Dopo il processo di filtrazione per eliminare le particelle, scambiatori ionici per i cationi, gli anioni e gli agenti tensioattivi sono usati per rimuovere le parti dissolte della soluzione. Inoltre viene applicata la ultra filtrazione per rimuovere le particelle dissolte.

Impianto di depurazione acque

Prima di essere immesse nell'ambiente, le acque di scarico di un'industria galvanica devono essere depurate; ad esempio, in Italia il D.Lgs. n. 152 del 11/05/1999 dispone che lo ione cianuro libero non superi la concentrazione di 0.05 mg/l nelle acque superficiali destinate alla produzione di acqua potabile. A seconda della provenienza, le acque contengono in prevalenza:

- acidi forti (bagni di decapaggio);
- basi forti (soluzioni impiegate per la neutralizzazione di quelle acide);
- cianuri e ioni metallici (vasche di elettrodeposizione);

L'impianto di depurazione delle acque di scarico di un'industria galvanica è un'unità in cui avvengono reazioni chimiche potenzialmente pericolose, come ad esempio l'ossidazione degli ioni cianuro (CN^-), estremamente tossici, a ioni cianato (CNO^-), relativamente innocui.

Impianto di abbattimento vapori tossici

Le emissioni gassose del reparto trattamenti galvanici sono normalmente inviate, prima della dispersione in atmosfera, ad un impianto di depurazione fumi acidi costituito da una torre di abbattimento percorsa da soluzione alcalina di lavaggio. La soluzione di lavaggio viene costantemente ricircolata da pompe ed il pH controllato periodicamente, ad es. 2 volte la settimana in giorni non consecutivi.



Normalmente si interviene se il pH è < 8 fino a riportarlo a valori > 9 .

Attrezzature, Macchine, Impianti

Vasche

Esistono vari tipi di vasche, realizzate con materiali che dipendono dal liquido contenuto e dalla temperatura operativa, la cui capacità dipende dalla quantità di oggetti contemporaneamente in lavorazione.

Comunemente le vasche sono di forma rettangolare, in lamiera d'acciaio rivestita all'interno da gomma o resina e rinforzate all'esterno con travi a U oppure a L (Figura 3.2); quelle in materia plastica sono più resistenti alla corrosione, ma non adatte per le alte temperature.

Si osservi che i componenti in materiale plastico possono presentare un pericolo d'incendio: ad esempio, dall'esperienza storica di un'azienda del settore, risulta un caso di innesco del rivestimento interno del PVC di una vasca di ramatura, originato dal malfunzionamento delle resistenze elettriche usate per il riscaldamento.

Generalmente le vasche di trattamento sono munite di indicatori di temperatura e allarmi di alto e basso livello, ma non di tubazione di troppo pieno, per evitare che l'impianto di depurazione possa ricevere quantitativi eccessivi di soluzioni da smaltire, in seguito a malfunzionamenti durante le operazioni di reintegro o preparazione delle soluzioni.

Oltre agli allarmi di alto e basso livello, sulle vasche che contengono in soluzione le sostanze più "critiche" nei confronti della sicurezza, come ad esempio i sali di cianuro o sostanze che possono decomporsi termicamente, è opportuno che sia installato anche un allarme di alta temperatura con l'eventuale blocco automatico del riscaldamento.

Tubazioni

A causa della natura corrosiva della maggior parte delle soluzioni impiegate, le tubazioni sono generalmente realizzate in materiale plastico, come ad esempio il PVC e sono anche economiche, poiché non richiedono accoppiamenti flangiati.

E' preferibile che tutte le linee di trasferimento dei liquidi tossici siano collocate in modo che un'eventuale perdita sia raccolta in un bacino di contenimento, che può essere ad esempio lo stesso delle vasche, o in una canaletta.

Armature elettriche

Ogni vasca per elettrolisi è munita di rastrelliere metalliche e telai di sostegno (Figura 3.4), elettricamente isolati e resistenti alla corrosione dei bagni galvanici, che hanno la duplice funzione di assicurare il contatto elettrico e sostenere il peso degli anodi e dei catodi.

Generatori di corrente

Per convertire la corrente alternata, la cui tensione è ridotta da una batteria di trasformatori, s'impiegano gruppi di diodi raddrizzatori. Per minimizzare le perdite di energia, la distanza tra il gruppo raddrizzatore e le vasche di elettrolisi deve essere la minima possibile, coerentemente con la precauzione di collocare l'elettronica di potenza in un locale fisicamente separato da quello delle vasche.

Dispositivi per il controllo della temperatura

Il riscaldamento può essere indiretto (con vasca incamiciata o serpentine in cui circola acqua calda oppure vapore), oppure diretto (impiego di riscaldatori elettrici immersi nel bagno e rivestiti con materiale inattaccabile). Se per effetto della



corrente il bagno si riscalda oltre la temperatura di regime, s'impiegano anche dispositivi di raffreddamento, ad esempio serpentini interni o scambiatori di calore esterni.

Dispositivi per l'agitazione

Per alcune elettrodeposizioni (es. da bagni acidi di rame, di nichel, ecc.) è conveniente l'agitazione dei bagni, che può essere realizzata con dispositivi meccanici oppure ad aria. I primi possono essere a movimento degli oggetti (movimento catodico), oppure a circolazione forzata del liquido. I dispositivi meccanici spesso consentono il moto oscillatorio dei telai di supporto a cui sono collegati i pezzi immersi nel bagno, in direzione longitudinale rispetto alla posizione degli anodi.

L'agitazione ad aria si ottiene insufflando nel bagno aria compressa attraverso ugelli collocati sul fondo: è il metodo più economico, ma può essere adottato solo per i bagni i cui componenti chimici non reagiscono con l'anidride carbonica (carbonatazione) o con l'ossigeno (ossidazione); ad esempio, non si può applicare ai bagni al cianuro, poiché si faciliterebbe la trasformazione di questi in carbonati e acido cianidrico.

Dispositivi per la ventilazione

Per evitare che la concentrazione di sostanze inquinanti e/o tossiche generate e immesse nell'aria dai processi chimico-fisici superino i valori limite ammissibili negli ambienti di lavoro, nei reparti produttivi sono installati i dispositivi per la ventilazione.

In seguito alla reazione di elettrolisi dell'acqua, l'idrogeno e l'ossigeno gassosi che si sviluppano favoriscono il trascinarsi dei vapori di sostanze tossiche come acido cianidrico e acido cromico. Per limitarne il trascinarsi sono state sviluppate diverse tecniche, come l'uso di tensioattivi, oppure l'impiego di galleggianti sferici in materiale plastico o di altri sistemi flottanti. Queste sfere perciò costituiscono una sorta di "coperchio mobile" che riduce in misura elevata il consumo per il riscaldamento e le perdite per evaporazione, contribuendo a mantenere costante la temperatura nella soluzione.

Generalmente l'aspirazione è prevista solo sulle vasche di elettrodeposizione che contengono soluzioni concentrate e non su quelle di lavaggio, in cui la concentrazione di sostanze inquinanti è trascurabile e la temperatura è quella ambiente.

L'aspirazione può essere effettuata con cappe oppure, preferibilmente, mediante fessure disposte lateralmente alle vasche, che consentono di mantenere libero lo spazio al di sopra dei bagni.

Mansioni delle fasi specifiche

Preparazione della superficie dei manufatti - Processo galvanico - Trattamenti finali

<i>Mansioni</i>	<i>Posizione di lavoro</i>	<i>Operazioni</i>
<p>Addetto alla movimentazione pezzi</p>	<p>In prossimità delle vasche di trattamento</p>	<p>Manovra del carroponte o paranco per sollevare, spostare, ed immergere i manufatti dalle vasche. Movimentazione manuale dei manufatti per pezzi di piccole dimensioni.</p>  <p>Figura 14 Movimentazione pezzi del bagno galvanico</p>
<p>Addetto al controllo del bagno</p>	<p>In prossimità delle vasche di trattamento</p>	<p>Prelievo campioni di soluzioni tramite appositi dispositivi o tramite valvole di prelievo.</p>  <p>Figura 15 Controllo bagno galvanica</p>  <p>Figura 16 Controllo automatico bagni galvanica</p>



Analista chimico	Laboratorio chimico	<p>Analisi chimiche dei campioni prelevati utilizzando soluzioni di acidi, basi, reagenti, vetreria, sistemi di riscaldamento del campione e strumentazione da laboratorio.</p> 
Addetto al ripristino della concentrazione dei bagni	In prossimità delle vasche di trattamento	Aggiunta di reagente nei bagni manualmente o tramite azionamento di pompe dosatrici

Figura 17 Addetto al laboratorio chimico

Manutenzione

<i>Mansioni</i>	<i>Posizione di lavoro</i>	<i>Operazioni</i>
Manutentore meccanico	Linea galvanica	Interventi di riparazione e/o sostituzione di parti meccaniche.
Manutentore elettrico	Linea galvanica	Interventi di riparazione e/o sostituzione di parti elettriche (es. ripristino quadri elettrici)

Trattamento reflui

Mansioni	Posizione di lavoro	Operazioni
Addetto al controllo dei reflui	In prossimità delle vasche di raccolta reflui	Prelievo campioni di reflui tramite appositi dispositivi o tramite valvole di prelievo
Analista chimico	Laboratorio chimico	Analisi chimiche dei campioni prelevati per verifica rispetto valori di soglia utilizzando reagenti, basi, vetreria, sistemi di riscaldamento e strumenti di laboratorio.
Addetto al trattamento reflui	In prossimità delle vasche di trattamento reflui	Aggiunta di reagente nei reflui manualmente o tramite azionamento di pompe dosatrici finalizzati all'abbattimento delle sostanze inquinanti.

		 <p>Figura 18 Trattamento acque galvanica</p>
<p>Addetto alla movimentazione trattamento fanghi</p>	<p>In prossimità dei sistemi di trattamento fanghi, ad esempio nastro o filtro presse</p>	<p>Controllo e manutenzione dei sistemi di pressatura dei fanghi. Movimentazioni e raccolta dei fanghi pressati tramite attrezzature meccaniche (benna) e stoccaggio in attesa del ritiro per lo smaltimento.</p>  <p>Figura 19 Filtropressa fanghi</p>

Fattori di rischio connessi alle operazioni del processo galvanico

Rischi di natura infortunistica

Preparazione della superficie dei manufatti - Processo galvanico - Trattamenti finali

Operazione	Rischio connesso ed eventuale danno atteso	Interventi di prevenzione rischi collegati all'operazione
<p>Manovra del carroponete o paranco per sollevare, spostare, ed immergere i manufatti dalle vasche.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Rischi connessi alla presenza di organi meccanici in movimento quali carroponete e paranchi per lo spostamento dei telai nelle vasche di trattamento o per la presenza di sollevatori elettrici (lesioni da taglio, contusioni, amputazioni, emorragie, fratture, lesioni da corrente elettrica (elettrocuzione). ➤ Caduta gravi ➤ Movimentazione di carichi 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ove possibile prevedere mezzi automatici per la movimentazione dei carichi ➤ Assicurarsi sempre della stabilità del carico ➤ Utilizzare le attrezzature di lavoro secondo le informazioni ricevute dal datore di lavoro ➤ Partecipare attivamente agli eventuali programmi di formazione organizzati dal datore di lavoro ➤ Non rimuovere i sistemi di protezione della macchina
<p>Controllo e ripristino del</p>		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Idonea formazione del personale ➤ Adottare norme di igiene generale quali non

<p>bagno Manutenzione impianti Trattamento reflui</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Inalazione involontaria di sostanze chimiche. I rischi sono connessi a: <ul style="list-style-type: none"> - presenza di vapori di solventi organici clorurati con concentrazioni tali da provocare effetti negativi a carico del sistema nervoso e dello stato di vigilanza e intossicazione acuta (anche mortale) come ad esempio: nella manutenzione delle vasche; - rara ma possibile formazione di composti molto tossici quali arsina (ramatura ed ottonatura) e soprattutto alle emissioni di acido cianidrico (HCN), durante i normali cicli di lavoro, per sgocciolatura nel passaggio tra vasche ed a seguito di errate operazioni sulle vasche o nella fase di depurazione, in presenza di bagni al cianuro: gli effetti sulla salute possono essere molto importanti (fino alla 	<p>mangiare, non fumare</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Esigere le schede di sicurezza dei prodotti in uso e la presenza delle etichette dei prodotti e leggerle attentamente ➤ Stoccaggio corretto dei materiali in locali idonei ed asciutti, eventualmente separati (attenzione alle sostanze incompatibili), con vasche di raccolta per gli sversamenti (vedi Figura 20)  <p>Figura 20 impianto galvanico con vasca di raccolta</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Fare indossare agli operatori DPI idonei alla protezione delle vie respiratorie quali mascherine con filtro in carbone attivo e fare uso di tute da lavoro complete e calzature antinfortunistiche con suola antiscivolo. ➤ Buona ventilazione del reparto con apporto d'aria esterna per compensare quella estratta dai sistemi aspirazione ➤ Utilizzo di sistemi di estrazione (aspirazione) oppure di diluizione dell'aria (ventilazione forzata) ➤ Impianti di aspirazione localizzata a bordo vasca ➤ Impiego di tensioattivi e galleggianti sferici in materiale plastico per limitare l'evaporazione di sostanze tossiche. <p>➤ In particolare i lavoratori in prossimità delle vasche, per prevenire le conseguenze per la salute di getti e schizzi, devono essere equipaggiati e fare uso di idonei mascherina,</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



	<p>morte).</p> <ul style="list-style-type: none">➤ Contatto con sostanze chimiche, schizzi di acidi e caustici con conseguenti lesioni ed ustioni anche gravi a carico di cute, mucose e occhi.➤ Esposizione a composti metallici, in particolare a quelli del cromo esavalente e del nichel, con conseguente reazione allergiche quali manifestazioni respiratorie (asma) ma più spesso eczemi e lesioni cutanee (dermatite allergica da contatto), potenziale effetto cancerogeno per apparato respiratorio riconosciuto al cromo esavalente, irritazione su mucose e congiuntive per alte esposizioni (perforazione del setto nasale, ecc.),➤ Microclima freddo umido in inverno e caldo umido in estate. Il microclima freddo umido, la presenza di nebbie acide o alcaline e di additivi usati nei bagni facilita tutte le patologie a carico dell'apparato respiratorio sia quelle irritative, che quelle allergiche, e quelle croniche (bronchiti). il microclima umido facilita anche le patologie reumoarticolari (lombalgie, artrosi) da eventuale movimentazione di pezzi pesanti	<p>occhiali con protezioni laterali, guanti e/o creme barriere e grembiule in materiale adatto (PVC).</p>
Pulizia vasche	<ul style="list-style-type: none">➤ Stesse considerazioni del punto precedente	<ul style="list-style-type: none">➤ Non effettuare queste operazioni mai da soli, ma sempre con un compagno di lavoro per controllo e soccorso➤ Fare uso di respiratore a presa d'aria esterna con maschera a carboni attivi (a disposizione per due persone)➤ Essere sempre legati a cintura di sicurezza (nel caso di vasche profonde)

Rischi di natura igienico ambientale

Questo processo è particolarmente importante per l'impatto igienico ambientale dovuto sia al trattamento dei reflui che alla tossicità e pericolosità dei composti chimici utilizzati nella preparazione dei bagni.

Da un punto di vista strettamente ambientale i principali rischi sono connessi al contatto diretto tra i reflui ed il suolo, alla scarica delle acque nei sistemi di



fognatura e allo smaltimento dei fanghi. Relativamente ai rischi igienici bisogna poi sottolineare l'elevata tossicità e pericolosità dei cianuri che continuano ad essere utilizzati ampiamente nei processi galvanici per l'aerospazio poiché consentono di realizzare rivestimenti sottili di metalli pregiati, buona dissoluzione anodica e alto potere coprente.

I cianuri sono stabili a temperatura ambiente e in ambiente asciutto, non sono infiammabili e non s'incendiano spontaneamente.

L'emissione di acido cianidrico può essere rilevante in ambiente acido. L'acido cianidrico è inoltre un prodotto della decomposizione termica dei cianuri; tale gas, oltre ad essere molto tossico e infiammabile, può formare miscele esplosive con l'aria.

Ipotizzando il coinvolgimento dei contenitori di cianuri in un incendio di origine esterna si possono prevedere almeno due conseguenze:

- la formazione di fumi altamente tossici che contengono acido cianidrico (HCN) e cianogeno (CN)₂ oltre ai comuni prodotti nocivi della combustione, come l'ossido di carbonio (CO);
- lo spandimento di cianuri fusi in seguito al cedimento dei contenitori. I casi di intossicazione acuta conseguente a ustioni provocate da cianuri fusi sono rari, ma ben documentati [Bourrelier J. et al., 1971].

Per ridurre il rischio di coinvolgimento del magazzino cianuri in un incendio di origine esterna, il deposito dovrebbe essere realizzato a struttura piena, non porosa a prova di fiamma e collocato ragionevolmente il più lontano possibile da eventuali depositi di sostanze combustibili, linee di gas metano per usi industriali, piazzali di carico e scarico di sostanze infiammabili e reparti produttivi in cui se ne faccia uso.

Come per il personale addetto alle linee galvaniche, il rischio ambientale per la presenza di cianuri è costituito dalle possibili intossicazioni per:

- inalazione di acido cianidrico formatosi dal contatto accidentale con un acido;
- ingestione di cianuri (con la formazione rapida di acido cianidrico a contatto con l'acidità gastrica);
- penetrazione di acido cianidrico attraverso la cute.

Per quanto sopra è essenziale provvedere al corretto smaltimento dei rifiuti dotandosi di impianti per la depurazione delle acque e di abbattimento delle emissioni.

In Figura 21 è riportato un esempio di impianto per l'abbattimento degli inquinanti.



Figura 21 Impianto per abbattimento inquinanti

Appalto a ditta esterna

Smaltimento dei fanghi tramite un apposito consorzio.

Controlli e normative

A seguito della “Direttiva Europea RoHS 2002/95/CE” del 27 gennaio 2003 e relativo emendamento 2005/618/CE del 18 agosto 2005, tutti gli stati membri devono assicurare che dal 1 luglio 2006 i particolari utilizzati in diversi settori non dovranno contenere:

- piombo 0,1%
- mercurio 0,1%
- cadmio 0,01%
- cromo esavalente 0,1%

La percentuale è riferita alla massima concentrazione in peso ammessa per materiali omogenei.

L'anidride cromica (o cromo triossido) è classificato tossico ai sensi dell'attuale legislazione dell'Unione Europea, che attribuisce tra l'altro la frase di rischio R49 “Può provocare il cancro per inalazione”.

I controlli che vengono abitualmente eseguiti sui depositi elettrolitici riguardano l'estetica, lo spessore del rivestimento, l'aderenza e la resistenza alle prove di corrosione accelerata.

Norme di riferimento per il trattamento di zincatura sono:

La UNI ISO 2081 “Rivestimenti elettrolitici di zinco su ferro o acciaio” e la UNI EN 12329 “Protezione dei materiali metallici contro la corrosione - Rivestimenti elettrolitici di zinco con trattamento supplementare su materiali ferrosi o acciaio”, che riguardano la classificazione ed i requisiti del rivestimento, il trattamento termico, i metodi di prova e la misurazione dello spessore. La norma



per la definizione e convenzione riguardante la misurazione degli spessori è la UNI ISO 2064.

La norma di riferimento per l'aderenza è la UNI ISO 2819. La prova più diffusa consiste nello sfregare per 15 secondi una superficie rivestita di non più di 6 cm.2 con un apposito strumento. A prova ultimata la superficie deve risultare esente da bolle.

La norma di riferimento per corrosione è la UNI ISO 9227 "Prove di corrosione in atmosfere artificiali. Prove in nebbia salina".

Per quanto riguarda la norma di riferimento sulle passivazioni è la UNI ISO 4520 "Rivestimenti di conversione a base di cromati su rivestimenti elettrolitici di zinco e cadmio".

La norma UNI EN ISO 16348 "Rivestimenti metallici ed altri rivestimenti inorganici: Definizioni e convenzioni relative all'aspetto estetico" fissa alcuni paletti per le valutazioni estetiche.

Riferimenti legislativi inerenti all'analisi dei rischi

D.P.R. 27 aprile 1955, n. 547: *Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro*

D.P.R. 19 marzo 1956, n. 303: *Norme generali per l'igiene del lavoro non si applica l'Art.24 di tale decreto limitatamente al danno uditivo ed è soppressa la voce "rumori" nella tabella allegata al Decreto stesso come stabilito dall'Art.5 del D.Lgs 195/06*

D. Lgs. 15 agosto 1991 n. 277: *Attuazione delle direttive n. 80/1107/CEE, n. 82/605/CEE, n. 83/477/CEE, n. 86/188/CEE e n. 88/642/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro, a norma dell'art. 7 della legge 30 luglio 1990, n. 212 le disposizioni di cui al Capo IV sono state abrogate e sostituite da quanto contenuto nell'Art.5 del D.Lgs. N.195/06*

D.Lgs. 19 settembre 1994, n. 626 e s.m.i.: *Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE, 90/679/CEE, 93/88/CEE, 95/63/CE, 97/42/CE, 98/24/CE, 99/38/CE, 99/92/CE, 2001/45/CE e 2003/10/CE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro*

D.Lgs. 14 agosto 1996, n. 493: *Attuazione della direttiva 92/58/CEE concernente le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro*

D.Lgs. 3 febbraio 1997, n. 52: *Classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose*

D.Lgs. 10/04/2006 n.195 *Attuazione della direttiva 2003/10/CE relativa all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (rumore) in vigore dal 14 dicembre 2006.*

Assemblaggio

L'assemblaggio di parti dell'aeromobile è un processo molto rappresentativo del settore esaminato in quanto una considerevole parte delle aziende del settore si occupano di assemblaggio, sia come fase di un processo più articolato, che come *core business* dell'impresa.

La progettazione degli aeromobili è prevalentemente orientata all'alleggerimento delle strutture mantenendone od aumentandone la resistenza complessiva, da qui la necessità d'impiego di strutture realizzate con materiali compositi, polimerici ed in alluminio. Il progettista ed il costruttore, per assemblare questa varietà di materiali, possono ricorrere ai metodi tradizionali della bullonatura, della saldatura, della rivettatura e, sempre più frequentemente all'incollaggio.

In sintesi le tecnologie di assemblaggio più utilizzate sono: saldatura, bullonatura, chiodatura e rivettatura e incollaggio.

I tipi di assemblaggio possono essere classificati, in prima istanza, come ripristinabili o permanenti in base alla possibilità di ri-separazione delle parti assemblate senza danneggiarle (Figura 22). Tutti gli assemblaggi di tipo meccanico sono ripristinabili. Nel caso della bullonatura anche il componente utilizzato per la giunzione (bullone) può essere riutilizzato, mentre nel caso di chiodatura e rivettatura bisogna utilizzare nuovi chiodi o rivetti. I processi di saldatura ed incollaggio, invece, non sono ripristinabili in quanto il distacco delle parti unite può avvenire solo rovinando le parti stesse.

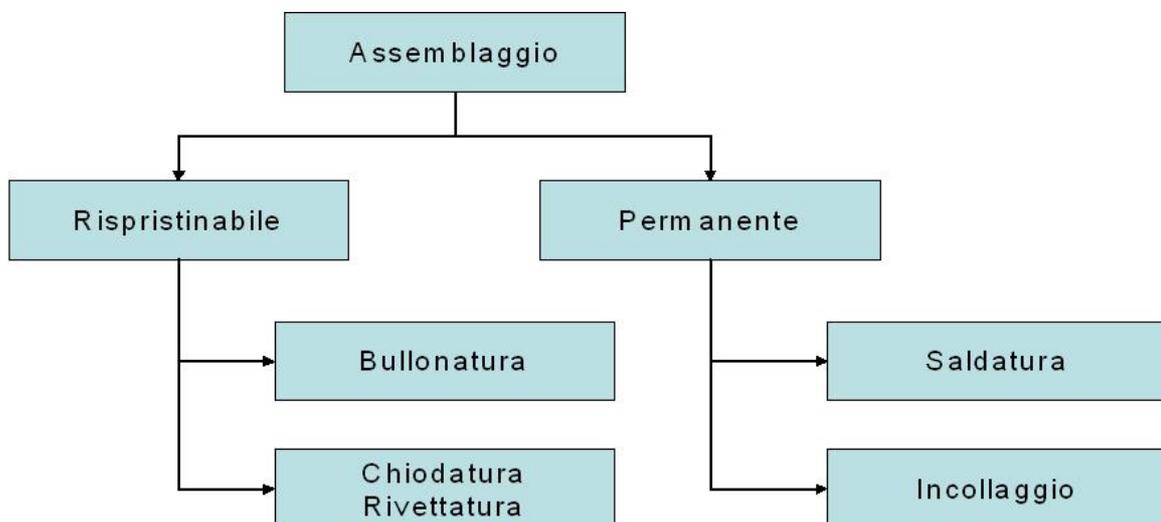


Figura 22 Tecnologie di assemblaggio

Tecnologie di assemblaggio

[Saldatura](#)

[Bullonatura, chiodatura e rivettatura](#)

[Incollaggio](#)

Saldatura

Per saldatura si intende un processo che realizza il collegamento di pezzi prevalentemente metallici per azione del calore e/o della pressione con o senza aggiunta di un altro materiale di apporto

La saldatura è un mondo in continua tumultuosa evoluzione, ove accanto all'affinamento delle tecniche tradizionali e all'applicazione di queste sui materiali con incrementata efficienza ed integrità, si sono affermate su scala industriale, anche grazie ad una certa riduzione dei costi, nuove tecnologie avanzate come i processi di saldatura ad energia concentrata (ad es. Laser) ed a stato solido. La saldatura laser è oggi utilizzabile nella costruzione di strutture saldate per le fusoliere aeronautiche, settore prima totalmente precluso alla saldatura. La saldatura a stato solido Friction Stir Welding è già diffusa in particolari ambiti produttivi con risultati sorprendenti, ma il suo immenso potenziale deve essere ancora sviluppato in molti altri settori.



Figura 23 Applicazione della saldatura Friction Stir Welding ad un particolare di Airbus



Figura 24 Impianto per il Friction Stir Welding



I tipi di saldatura sopra riportati rientrano tra quelli in cui la fusione viene effettuata direttamente sui pezzi da saldare (preparati o meno) senza l'apporto di ulteriore materiale (Laser, Friction Stear Welding, Electron Beam).

I tipi tradizionali prevedono, invece, l'apporto di materiale saldante costituito da metallo liquido (TIG, MIG, Fiamma Ossiacetilenica). Nella saldatura tradizionale si preparano le parti da saldare tramite operazione di cianfrinatura. Questo processo è comunemente utilizzato nella produzione delle strutture portanti di un aeromobile.

Le operazioni di saldatura possono essere sia di tipo manuale che automatizzato, secondo le quantità delle tipologie di prodotto e la complessità della geometria del pezzo. In ogni caso il personale addetto deve essere dotato di opportuna specializzazione certificata da un patentino.

Dal punto di vista logistico, la saldatura può essere effettuata su una postazione fissa oppure mobile. La saldatura su postazione fissa è utilizzata quando è possibile la movimentazione sia delle parti da saldare che del manufatto saldato. La saldatura con attrezzatura mobile viene invece utilizzata quando il manufatto finale sia di difficile movimentazione.

Bullonatura, chiodatura e rivettatura

Tutti questi processi sono molto utilizzati nel settore aeronautico per l'assemblaggio delle pannellerie (ad esempio fusoliera).

Tipicamente questa operazione viene eseguita in modo manuale. Le tre tecnologie sono state analizzate in un'unica sezione in quanto molto simili tra loro. Esse sono basate sull'idea di unire due o più pezzi precedentemente forati tramite l'inserimento nel foro di un terzo elemento. Questo elemento garantisce l'accoppiamento tramite la sua stessa deformazione o tramite l'avvitamento di un quarto elemento (dado).

La lavorazione viene eseguita con opportuni attrezzi manuali quali, ad esempio, martellatrici, rivettatrici, chiavi di serraggio.

Incollaggio

Per incollaggio si intende l'unione di due pezzi mediante l'uso di un adesivo che può essere definito come una sostanza naturale (colla) o sintetica (resina), (vedi Tabella 8) di tipo non metallico, capace di unire in modo stabile due superfici di qualsivoglia materiale. Tali adesivi possono essere tossici.

Lo stimolo all'uso sempre più frequente delle tecnologie adesive è originata in massima parte dall'industria aeronautica ed aerospaziale. Questo processo viene utilizzato nelle pannellerie (vedi Figura 25) e sta prendendo sempre più piede come alternativa alle precedenti tecnologie di giunzione meccanica.

Come per la saldatura, il personale addetto deve essere dotato di opportuna specializzazione certificata da un patentino.

Tabella 8 Classificazione degli adesivi in base alla loro origine e alle caratteristiche chimiche e fisiche del componente principale.

ORIGINE	CARATTERISTICHE FISICHE	CARATTERISTICHE CHIMICHE
Naturali	Animali	Albume, colla animale, caseina
	Vegetali	Resine naturali
	Minerali	Materiali inorganici
Sintetici	Elastomeri	Gomma naturale
		Gomme sintetiche
	Termoplastici	Derivati della cellulosa
		Polimeri vinilici
		Poliesteri saturi
		Poliacrilati
		Poliesteri
		Polisolfuri
	Termoindurenti	Amnioplastici
		Epossidici
		Resine fenoliche
		Poliesteri insaturi
		Poliaromatici
Furani		

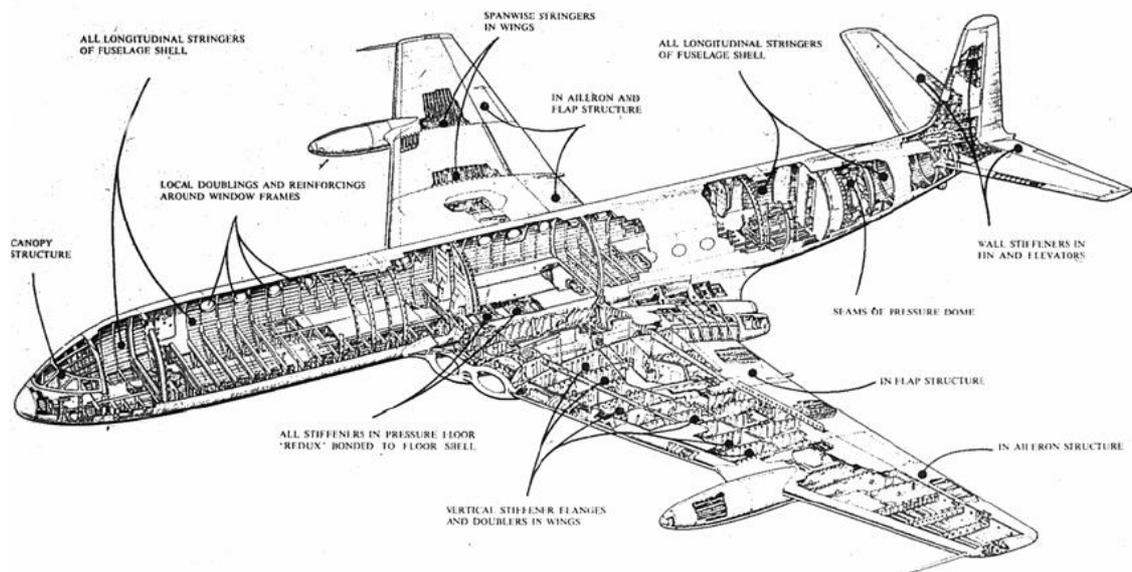


Figura 25 Alcune applicazioni del processo di incollaggio nel campo aeronautico

Attrezzature, Macchine, Impianti

Saldatrice, martellatrici, rivettatrici, chiavi di serraggio,

Mansioni della fase

Saldatura

Mansioni	Posizione lavoro	di	Operazioni
saldatore	saldatrice manuale	fissa	<p>Caricamento del pezzo (con carro ponte o con carrello) Avvicinamento dei due lembi tramite maschera o su supporti Avvicinamento della testa Saldatura</p>  <p>Figura 26 Operaio addetto alla saldatura</p>  <p>Figura 27 Testa della saldatrice</p> <p>Ispezione Rimozione del pezzo saldato</p>
saldatore	Saldatrice automatica	fissa	<p>Controllo del processo di saldatura Start e stop alla linea di saldatura</p>
saldatore	Saldatrice mobile		<p>Avvicinamento dei due lembi tramite maschera o su supporti Avvicinamento della testa Saldatura Ispezione</p> 



Figura 28 Apparecchiatura per CND

Bullonatura, chiodatura e rivettatura

Mansioni	Posizione di lavoro	Operazioni
Operaio addetto all'assemblaggio	In prossimità dei pezzi da assemblare	Caricamento del pezzo (con carropono o con carrello) Centraggio del foro Inserimento nel foro del chiodo, bullone, rivetto Serraggio Ispezione

Incollaggio

Mansioni	Posizione di lavoro	Operazioni
Tecnico specializzato in collaggio	In prossimità dei pezzi da incollare	Caricamento del pezzo (con carropono o con carrello) Pulizia delle superfici Avvicinamento dei pezzi mediante maschera o su supporti Preparazione della colla Applicazione della colla Trattamento e Ispezione

Fattori di rischio connessi alle operazioni di assemblaggio

Saldatura

Operazione	Rischio connesso ed eventuale danno atteso	Interventi di prevenzione rischi collegati all'operazione
Caricamento e posizionamento dei pezzi Rimozione del pezzo saldato	<ul style="list-style-type: none">➤ Rischi connessi alla presenza di organi meccanici in movimento quali carroponi e paranchi (lesioni da taglio, contusioni, amputazioni, emorragie, fratture, lesioni da corrente elettrica (elettrocuzione).➤ Caduta gravi➤ Movimentazione di carichi➤ Movimentazione manuale dei carichi (lesioni traumatiche a carico dell'operatore)➤ Caduta accidentale ed eventuale rottura del pezzo	<ul style="list-style-type: none">➤ Ove possibile prevedere mezzi automatici per la movimentazione dei carichi➤ Assicurarsi sempre della stabilità del carico➤ Utilizzare le attrezzature di lavoro secondo le informazioni ricevute dal datore di lavoro➤ Partecipare attivamente agli eventuali programmi di formazione organizzati dal datore di lavoro➤ Non rimuovere i sistemi di protezione della macchina➤ In caso di carichi superiori a 20 Kg o particolarmente voluminosi prevedere l'intervento di un secondo operatore di supporto al primo➤ Ove possibile prevedere mezzi automatici per la movimentazione dei carichi
Saldatura con saldatrice manuale	<ul style="list-style-type: none">➤ Presenza di calore e temperature locali molto elevate e conseguenti ustioni e stress termico➤ Sviluppo di polveri, gas, fumi e vapori metallici che dipendono da:<ul style="list-style-type: none">- Tipo di processo di saldatura impiegato	<ul style="list-style-type: none">➤ Le attrezzature per la saldatura devono essere idonee (se recenti, devono essere dotate del marchio "CE" ed, in particolare:<ul style="list-style-type: none">- i cannelli di saldatura devono essere dotati di valvole che impediscano il ritorno di fiamma;- nelle saldatrici elettriche l'interruttore onnipolare deve agire sul primario del trasformatore di alimentazione e le pinze devono essere protette contro i contatti



	<ul style="list-style-type: none"> - Materiale di base e d'apporto utilizzato - Ambiente nel quale si effettuano le operazioni ➤ Proiezione di metallo fuso e scorie di schegge con possibilità di lesioni del viso, degli occhi ed altre parti del corpo. ➤ Emissione di radiazioni elettromagnetiche luminose, ultraviolette ed infrarosse con possibilità di effetti sugli occhi (abbagliamento, congiuntivite, cataratta, danni alla cornea, fotofobia, iriti e blefariti) ed effetti sulla cute (eritema, scottature) ➤ Presenza di rumore che per elevati livelli e durata di esposizione, possono insorgere rischi di ipoacusia ➤ Presenza di campi magnetici con rischi trascurabili ➤ Presenza di correnti elettriche di elevata intensità. che possono provocare shocks elettrici gravi su un saldatore mediamente affaticato e sudato ➤ Uso di gas compressi ed infiammabili ➤ Uso delle macchine saldatrici, smerigliatrici ed altre attrezzature ➤ Innesco di incendio e/o esplosione a causa di temperatura elevata, fiamme libere, lancio di corpuscoli incandescenti per saldature su oggetti, in ambienti o in atmosfere incompatibili. ➤ Urto e schiacciamento per caduta di bombole. ➤ Rischio di elettrocuzione per guasti ed inefficiente isolamento di saldatrici elettriche. 	<p>accidentali.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Le postazioni di saldatura devono essere dotate di sistemi di aspirazione localizzata in grado di imporre ai gas nocivi un percorso che non attraversi la zona di respirazione del lavoratore. ➤ Per saldature in locali chiusi, l'aspirazione localizzata deve essere integrata da un sistema di alimentazione di aria fresca adeguato. ➤ Il personale addetto ai lavori di saldatura deve impiegare adatti DPI per la protezione: <ul style="list-style-type: none"> - Occhiali dotati di protezioni laterali e filtri colorati inattinici, con grado di protezione scelto in funzione dell'intensità della radiazione oppure schermo facciale con filtro colorato inattinico - Mezzi protettivi delle vie respiratorie in caso non sia possibile l'eliminazione adeguata dei fumi - Guanti di cuoio o materiale di caratteristiche equivalenti, resistenti alle particelle incandescenti - Grembiule e ghette di cuoio o materiale di caratteristiche equivalenti, resistenti alle particelle incandescenti - Indumenti da lavoro di tipo ignifugo - Scarpe di sicurezza con puntale protettivo, lamina antiperforazione e suola gommata per protezione di tipo elettrico. - Elmetto protettivo in caso di caduta di oggetti o di possibile urto della testa contro oggetti - Cuffie o inserti auricolari in presenza di fonti di rumore - Cinture di sicurezza per lavori in quota ➤ Processi di saldatura particolari quali il laser ed il fascio elettronico, richiedono posizioni di lavoro adeguatamente schermate ➤ Rispetto delle norme previste per la prevenzione incendi.
<p>Saldatura con impianto automatico</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ L'impianto è generalmente protetto dagli accessi dall'esterno durante le operazioni di saldatura. Pertanto i rischi sono molto più contenuti rispetto all'operazione manuale. 	

Bullonatura, chiodatura e rivettatura

Operazione	Rischio connesso ed eventuale	Interventi di prevenzione rischi collegati
------------	-------------------------------	--------------------------------------------



	danno atteso	all'operazione
Caricamento e posizionamento dei pezzi	<ul style="list-style-type: none">➤ Rischi connessi alla presenza di organi meccanici in movimento quali carroponti e paranchi (lesioni da taglio, contusioni, amputazioni, emorragie, fratture, lesioni da corrente elettrica (elettrocuzione).➤ Caduta gravi➤ Movimentazione di carichi➤ Movimentazione manuale dei carichi (lesioni traumatiche a carico dell'operatore)➤ Caduta accidentale ed eventuale rottura del pezzo	<ul style="list-style-type: none">➤ Ove possibile prevedere mezzi automatici per la movimentazione dei carichi➤ Assicurarsi sempre della stabilità del carico➤ Utilizzare le attrezzature di lavoro secondo le informazioni ricevute dal datore di lavoro➤ Partecipare attivamente agli eventuali programmi di formazione organizzati dal datore di lavoro➤ Non rimuovere i sistemi di protezione della macchina➤ In caso di carichi superiori a 20 Kg o particolarmente voluminosi prevedere l'intervento di un secondo operatore di supporto al primo➤ Ove possibile prevedere mezzi automatici per la movimentazione dei carichi
Giunzione	<ul style="list-style-type: none">➤ Esposizione ai rischi derivanti da vibrazioni meccaniche per utilizzo di martelli rivettatori, avvitatori ad impulso, chiodatrici➤ Utilizzo di attrezzature con rischio di lesioni da taglio, contusioni➤ Rischio di elettrocuzione per guasti ed inefficiente isolamento	<ul style="list-style-type: none">➤ Misurazione e valutazione del rischio e conseguente variazione delle mansioni in caso di superamento del limite➤ Non rimuovere i sistemi di protezione della macchina➤ Utilizzo di DPI idonei

Incollaggio

Operazione	Rischio connesso ed eventuale danno atteso	Interventi di prevenzione rischi collegati all'operazione
Caricamento e posizionamento dei pezzi	<ul style="list-style-type: none">➤ Rischi connessi alla presenza di organi meccanici in movimento quali carroponti e paranchi (lesioni da taglio, contusioni, amputazioni, emorragie, fratture, lesioni da corrente elettrica (elettrocuzione).➤ Caduta gravi➤ Movimentazione di carichi➤ Movimentazione manuale dei carichi (lesioni traumatiche a carico dell'operatore)➤ Caduta accidentale ed eventuale rottura del pezzo	<ul style="list-style-type: none">➤ Ove possibile prevedere mezzi automatici per la movimentazione dei carichi➤ Assicurarsi sempre della stabilità del carico➤ Utilizzare le attrezzature di lavoro secondo le informazioni ricevute dal datore di lavoro➤ Partecipare attivamente agli eventuali programmi di formazione organizzati dal datore di lavoro➤ Non rimuovere i sistemi di protezione della macchina➤ In caso di carichi superiori a 20 Kg o particolarmente voluminosi prevedere l'intervento di un secondo operatore di supporto al primo➤ Ove possibile prevedere mezzi automatici per la movimentazione dei carichi
Incollaggio	<ul style="list-style-type: none">➤ Contatto con agenti tossici (colle)	<ul style="list-style-type: none">➤ Utilizzo di DPI idonei (occhiali, maschera, guanti)➤ Le postazioni di incollaggio devono essere dotate di sistemi di aspirazione localizzata➤ Per operazioni in locali chiusi, l'aspirazione localizzata deve essere integrata da un sistema di alimentazione di aria fresca adeguato.

Controlli e normative per concentrazioni degli inquinanti



La ventilazione generale prevede la diluizione delle sostanze inquinanti con notevole quantità d'aria movimentata; può essere utilizzata per bassi livelli di tossicità degli inquinanti oppure in modo complementare alla ventilazione localizzata limiti per le concentrazioni degli inquinanti :

- Cr esav., Co, Ni : 1 mg/m³ per flusso > 5 g/h
- Cr triv., Mn, Pb, Cu, silice cristallina : 5 mg/m³ per flusso > 25 g/h
- ossidi di azoto : 500 mg/m³ per flusso > 5 Kg/h

Controlli e normative per vibrazioni

Per le vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio il valore limite di esposizione giornaliero è di 5 m/s² e il valore di azione giornaliero che fa scattare l'azione è di 2,5 m/s², mentre per le vibrazioni trasmesse al corpo intero, il valore limite di esposizione giornaliero è di 1,15 m/s² e il valore di azione giornaliero che fa scattare l'azione è di 0,5 m/s².

Riferimenti legislativi specifici della saldatura

D.P.R. 459/96 (Le saldatrici devono essere dotate del marchio CE in ottemperanza alla Direttiva Macchine)

D.P.R.547/55, artt. 250 -259 relativo alle operazioni di saldatura, brasatura e taglio alla fiamma

D.P.R.547/55 art. 269 (Le saldatrici devono portare l'indicazione della tensione, dell'intensità e del tipo di corrente, della potenza)

D.P.R.547/55 art. 34 e DL 626/94 art. 36 (Deve essere attuata un'idonea manutenzione per mantenerne il buono stato di conservazione e di efficienza)

D.P.R.547/55 art. 255, 311 (Il circuito primario di derivazione della corrente elettrica deve essere provvisto di interruttore onnipolare; inoltre, l'avvolgimento secondario del trasformatore deve essere isolato dal primario)

D.P.R.547/55 art. 271 (Gli elementi metallici delle apparecchiature devono essere collegati a terra)

D.P.R.547/55 art. 329 (È vietato installare saldatrici in luoghi che presentino pericolo di esplosione)

D.P.R.547/55 art. 257 (Le pinze porta elettrodi vanno protette da contatti accidentali con parti in tensione)

D.P.R.547/55 art. 268, 312 (Le saldatrici mobili e le smerigliatrici portatili possono essere alimentate solo da circuiti a bassa tensione)

Riferimenti legislativi inerenti all'analisi dei rischi per l'assemblaggio in generale

D.P.R. 27 aprile 1955, n. 547: *Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro*

D.P.R. 19 marzo 1956, n. 303: *Norme generali per l'igiene del lavoro non si applica l'Art.24 di tale decreto limitatamente al danno uditivo ed è soppressa la voce "rumori" nella tabella allegata al Decreto stesso come stabilito dall'Art.5 del D.Lgs 195/06*



D. Lgs. 15 agosto 1991 n. 277: *Attuazione delle direttive n. 80/1107/CEE, n. 82/605/CEE, n. 83/477/CEE, n. 86/188/CEE e n. 88/642/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro, a norma dell'art. 7 della legge 30 luglio 1990, n. 212 le disposizioni di cui al Capo IV sono state abrogate e sostituite da quanto contenuto nell'Art.5 del D.Lgs. N.195/06*

D.Lgs. 19 settembre 1994, n. 626 e s.m.i.: *Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE, 90/679/CEE, 93/88/CEE, 95/63/CE, 97/42/CE, 98/24/CE, 99/38/CE, 99/92/CE, 2001/45/CE e 2003/10/CE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro*

D.Lgs. 14 agosto 1996, n. 493: *Attuazione della direttiva 92/58/CEE concernente le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro*

D.Lgs. 3 febbraio 1997, n. 52: *Classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose*

D.Lgs. 10/04/2006 n.195 *Attuazione della direttiva 2003/10/CE relativa all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (rumore) in vigore dal 14 dicembre 2006.*

Microfusione

Fasi di lavorazione specifiche

[Iniezione cera nello stampo metallico](#)

[Assemblaggio dei modelli in cera](#)

[Formatura guscio ceramico](#)

[Evacuazione della cera in autoclave](#)

[Sinterizzazione \(cottura\) del guscio](#)

[Preriscaldamento del guscio](#)

[Colaggio del metallo fuso nel guscio](#)

[Rottura guscio](#)

[Distaffatura \(separazione dei singoli pezzi dal grappolo\)](#)

[Controlli](#)

[Finitura](#)

La microfusione è un particolare processo fusorio di fabbricazione di componenti in forma quasi finita, cioè che necessita di alcune successive lavorazioni alle macchine utensili per ottenere i requisiti richiesti in termini di tolleranza. In Figura 29 è mostrato un esempio di componente microfuso realizzato per il settore aeronautico.

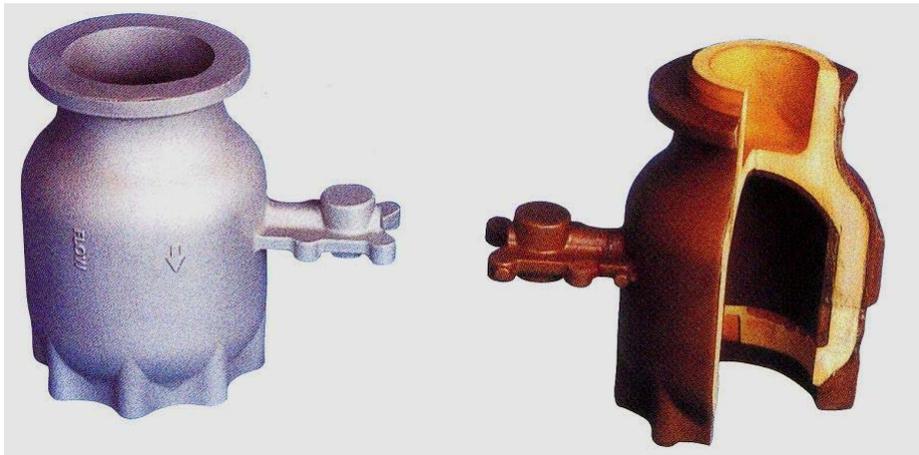


Figura 29 Componente microfuso impiegato nel settore aeronautico (parti di impianto per l'eliminazione del ghiaccio nelle ali)

Il processo inizia con la produzione di un modello in cera ottenuto per iniezione della cera stessa in uno stampo metallico. Per realizzare questa operazione vengono impiegate presse di iniezione come quelle mostrate in Figura 30 che possono trattare la cera sia allo stato liquido che allo stato pastoso.

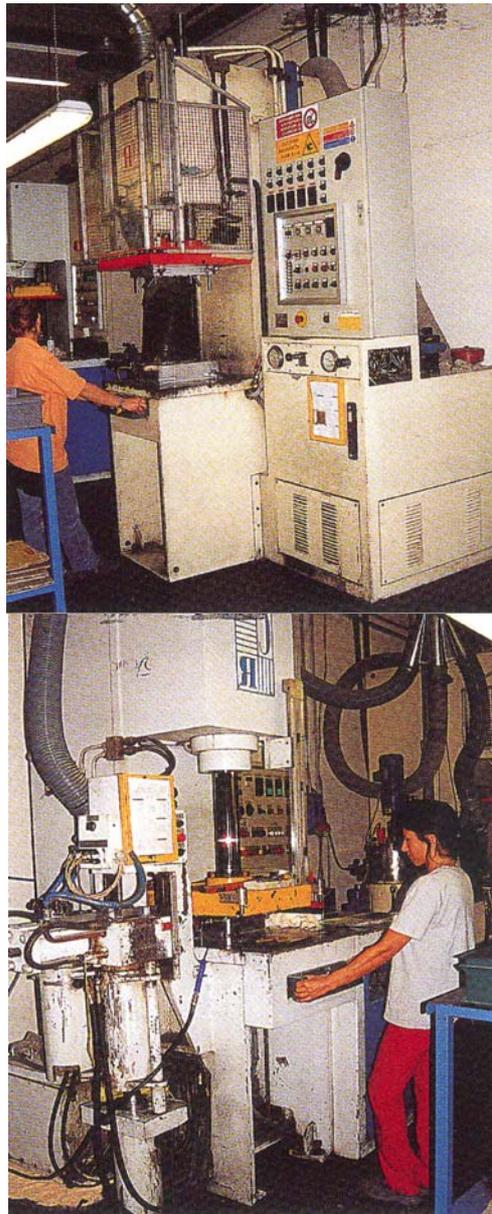


Figura 30 Presse di iniezione cera

Il modello ha la stessa geometria del pezzo richiesto opportunamente maggiorato per compensare i ritiri di volume che si verificano durante la produzione del modello in cera e durante la solidificazione del metallo. Con lo stesso procedimento utilizzato per produrre i modelli in cera, si realizzano i supporti. Successivamente, i modelli in cera vengono assemblati sul telaio di supporto necessario per realizzare il guscio ceramico.

Il grappolo in cera, ottenuto dalla saldatura dei modelli in cera su dei supporti anch'essi in cera, è destinato poi alle successive fasi di fabbricazione del guscio costituite da un'immersione del grappolo in un bagno ceramico, da un rivestimento con sabbie ceramiche fini a granulometria crescente e da un'essiccazione del rivestimento in un ambiente ad umidità e temperatura controllata. Queste ultime tre fasi si ripetono diverse volte fino a raggiungere spessori del guscio da 7 mm a 15 mm in funzione della complessità, del peso e delle dimensioni del particolare e

del tipo di lega impiegato. Esse sono generalmente eseguite con sistemi robotizzati (vedi Figura 31) per garantire la necessaria riproducibilità delle stesse.

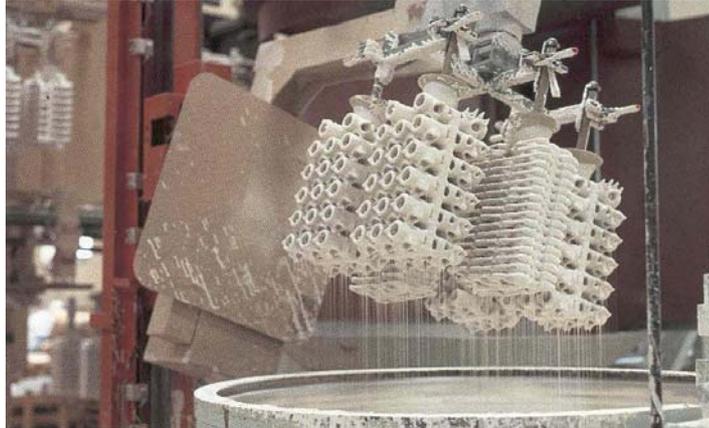


Figura 31 Sistema robotizzato di movimentazione dei gusci ceramici

Il grappolo è successivamente posizionato in un'autoclave, come quella mostrata in Figura 32, che è un'apparecchiatura dove viene prodotta in pochi secondi una pressione di vapore circa 10 Mpa) e una corrispondente temperatura ($>120^{\circ}\text{C}$) che consentono di sciogliere i modelli in cera.

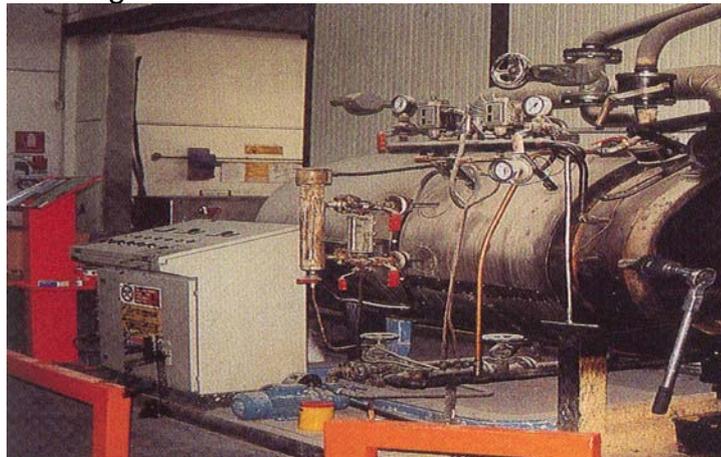


Figura 32 Autoclave per il deceramento di gusci ceramici

Esiste, inoltre, la possibilità di poter evacuare la cera anche utilizzando dei forni a combustione. Dopo l'evacuazione della cera il guscio si presenta all'interno con cavità e profili che riproducono in negativo la geometria del pezzo finale. Il guscio ceramico viene riscaldato in forni elettrici o a combustione per eliminare le ultime tracce di cera e prepararlo per la colata. La permanenza nel forno può essere anche di diverse ore. La fusione può essere effettuata con forni ad induzione, in aria o sottovuoto, mentre la colata si realizza con siviera e forni roll-over (a ribaltamento). Dopo la solidificazione ed il raffreddamento del grappolo seguono diverse fasi di lavorazione che si differenziano per i componenti commerciali e speciali. In particolare, per i componenti commerciali le fasi sono:

- rottura e rimozione del guscio ceramico mediante vibrazione;
- troncatura dei pezzi del grappolo;
- asportazione degli attacchi di colata;
- sabbiatura per eliminare i residui ceramici;



- controllo visivo;
- trattamenti termici;
- raddrizzatura o calibrazione a caldo o a freddo;
- finitura.

Per i componenti speciali le fasi di lavoro dopo colata sono più numerose e complesse. Esse sono riassumibili in:

- rottura del guscio mediante vibrazione o getto d'acqua ad alta pressione;
- troncatura dei pezzi del grappolo
- asportazione degli attacchi di colata
- sabbiatura o attacco chimico per eliminare i residui ceramici
- controllo visivo;
- trattamenti termici
- raddrizzatura o calibrazione a caldo o a freddo
- pressatura isostatica a caldo per eliminare eventuali microporosità non comunicanti con la superficie del componente
- controlli distruttivi: caratterizzazione meccanica (trazione, scorrimento a caldo) su provette colate a parte, caratterizzazione microstrutturale su piani di taglio prestabiliti ricavati da un pezzo campione;
- controlli non distruttivi: raggi X, liquidi penetranti, magnetoscopia, ultrasuoni;
- finitura;
- compilazione della relazione di qualifica dei componenti secondo le specifiche tecniche applicabili fornite dai clienti.

Attrezzature, Macchine, Impianti

Principali impianti e macchine:

Presse ad iniezione

Autoclave

Forni elettrici o a combustione

Mansioni delle fasi specifiche

Iniezione cera nello stampo metallico

Mansioni	Posizione di lavoro	Operazioni
Addetto alla pressa ad iniezione	Pressa	Caricamento della cera nella pressa Caricamento dello stampo sulla pressa (con carroponte o con carrello) Montaggio stampo sulla pressa Lubrificazione dello stampo con siliconici spray Iniezione della cera Estrazione del pezzo in cera Posizionamento del pezzo in cera su struttura metallica

Assemblaggio dei modelli in cera

Mansioni	Posizione di lavoro	Operazioni
Addetto all'assemblaggio cere per ottenere il grappolo	Tavolo di assemblaggio vicino alle presse	Prelievo dei pezzi da cassetta di deposito Riscaldamento della cera con saldatore (max 100° C) e giunzione dei pezzi Controllo giunzioni con lente Sigillatura con cera liquida

Formatura guscio ceramico

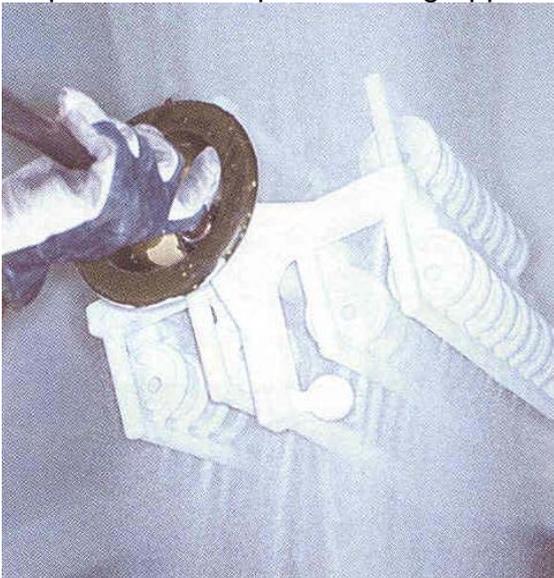
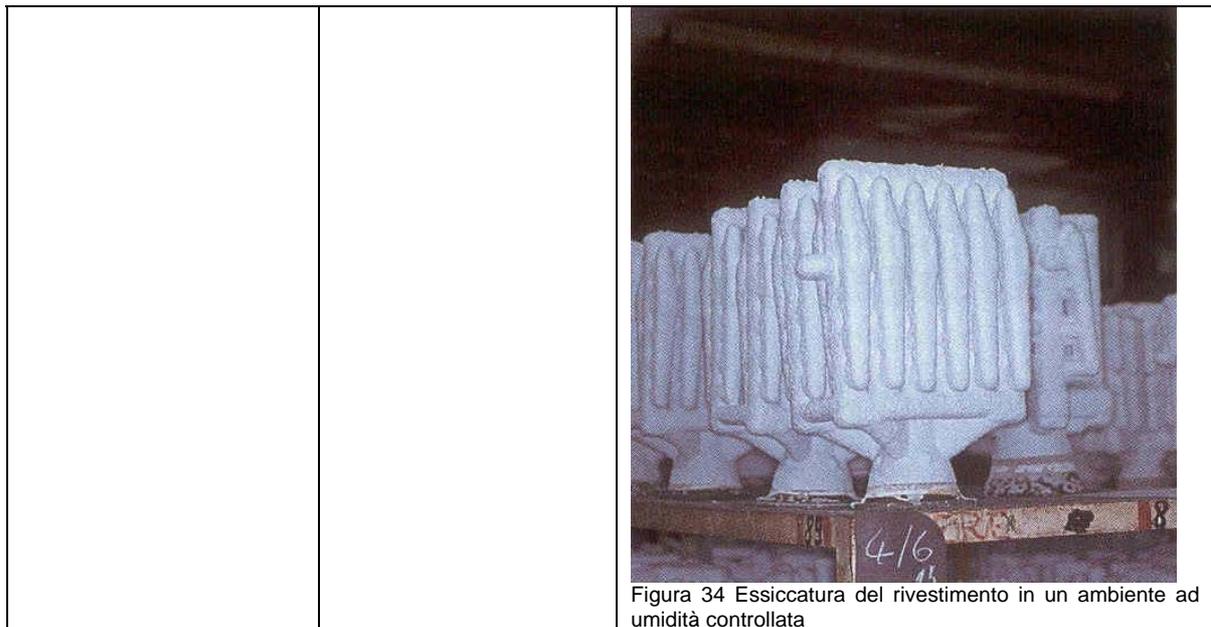
Mansioni	Posizione di lavoro	Operazioni
Addetto alla formatura del guscio	Sala formatura gusci (a temperatura ed umidità controllata) comprensiva di vasche e cabina a pioggia per l'aspersione della polvere	Preparazione dei bagni (sospensione polvere ceramica fine in soluzione colloidale) per immersione grappolo. Ciclo ripetitivo di: Immersione del grappolo Aspersione della polvere sul grappolo  Essiccatura con ventilatore

Figura 33 Fase di aspersione del grappolo con una sabbia refrattaria



Evacuazione della cera in autoclave

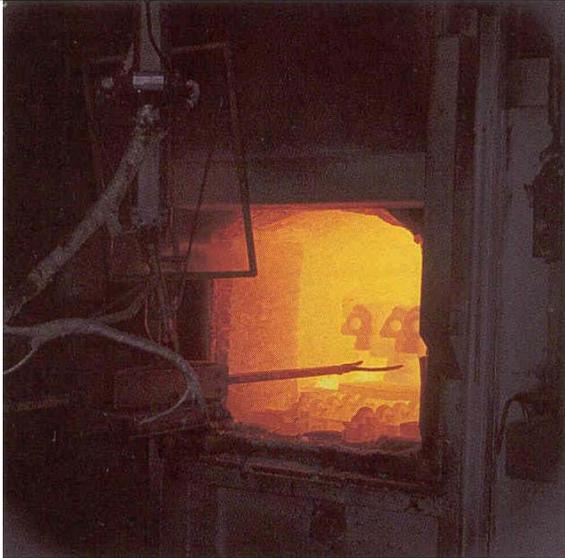
Mansioni	Posizione di lavoro	Operazioni
Addetto all'autoclave	Postazione autoclave	Posizionamento dei gusci nell'autoclave Accensione autoclave Estrazione gusci Riciclaggio cera

Sinterizzazione (cottura) del guscio a temperature elevate 1200° c.a.

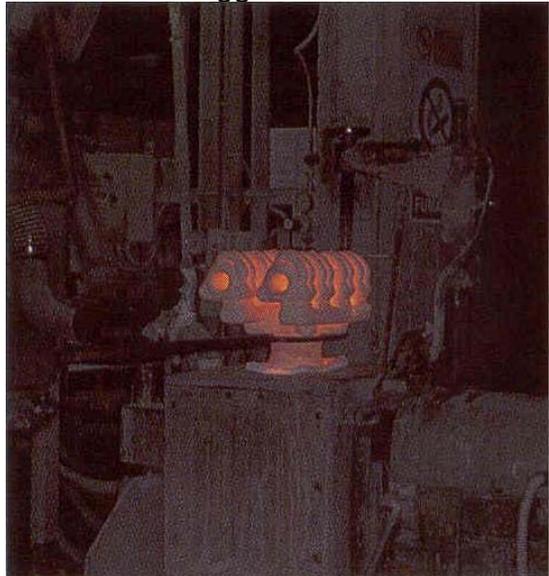
Mansioni	Posizione di lavoro	Operazioni
Addetto al forno di sinterizzazione	Forno di sinterizzazione	Posizionamento dei gusci nel forno. Estrazione gusci.

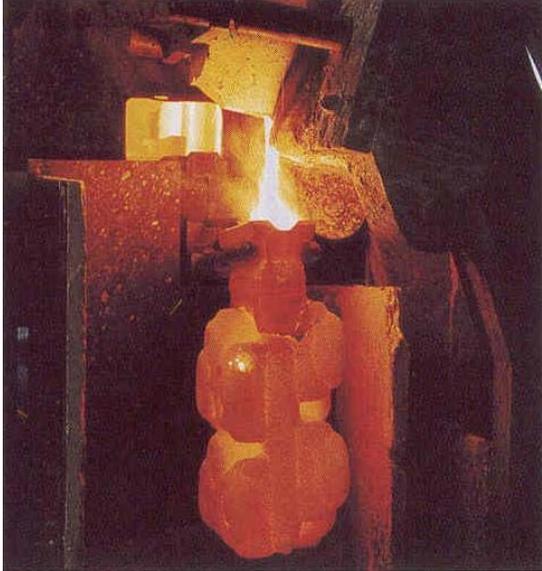
Preriscaldamento del guscio

Mansioni	Posizione di lavoro	Operazioni
Addetto al forno di riscaldamento	Forno di riscaldamento	Posizionamento dei gusci nel forno

		 <p>Figura 35 Fase di riscaldamento del guscio ceramico Estrazione gusci ad alta temperatura.</p>
--	--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Colaggio del metallo fuso nel guscio

Mansioni	Posizione di lavoro	Operazioni
Addetto al colaggio	Forno di fusione e colaggio (camera di fusione e camera di colaggio)	Posizionamento carica metallica nel crogiolo Accensione forno Posizionamento del guscio nella camera di colaggio. 

		 <p>Figura 36 Fasi di predisposizione e colaggio di un guscio ceramico</p> <p>Estrazione del guscio con il metallo colato ad alta temperatura (1500°C – 1700° C).</p>
--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Rottura guscio

Mansioni	Posizione di lavoro	Operazioni
Addetto alla rottura gusci	Postazione della martellatrice	Posizionamento del getto (uscita del colaggio) all'interno della macchina martellatrice ed azionamento della macchina stessa (rumore e polvere).

Distaffatura (separazione dei singoli pezzi dal grappolo)

Mansioni	Posizione di lavoro	Operazioni
Addetto alla distaffatura	Postazione di distaffatura con macchine da taglio (molatrice o getto d'acqua pressurizzata).	Posizionamento del grappolo e taglio dei singoli pezzi.

Controlli

Mansioni	Posizione di lavoro	Operazioni
Addetto ai controlli (metallurgista, ingegnere meccanico)	Postazione controlli (raggi X, controlli dimensionali, controlli metallurgici)	Controllo dei singoli pezzi con utilizzo anche di raggi X e sostanze chimiche.



Finitura

Mansioni	Posizione di lavoro	Operazioni
Addetto alla finitura	Postazioni diverse secondo il tipo di finitura	Lavorazioni meccaniche del tipo limatura e fresature con apparecchi manuali.

Fattori di rischio connessi alle operazioni e alle macchine/impianti del processo

Pressa ad iniezione

Operazione	Rischio connesso ed eventuale danno atteso	Interventi di prevenzione rischi collegati all'operazione
Caricamento cera nella pressa	<ul style="list-style-type: none">➤ Rumore➤ Vibrazioni➤ Eventuali cortocircuiti del sistema di alimentazione della macchina➤ Malfunzionamento del sistema di bloccaggio della pressa in presenza di ostacoli➤ Fuoriuscita di materiale➤ Rischi connessi ai mezzi di movimentazione meccanica (traumi e alterazioni degenerative ai sistemi articolari, morbo di Raynaud effetti su muscoli e nervi)	<ul style="list-style-type: none">➤ Isolare la macchina rumorosa➤ Creare un basamento di assorbimento delle vibrazioni per la macchina➤ Dotare il personale di idonei DPI per la prevenzione dell'ipoacusia professionale➤ Controllo periodico dell'impianto elettrico➤ Dotare la sala pressa di estintori adatti a spegnere incendi di natura elettrica (tipo E)➤ Manutenzione periodica della macchina e opportuno controllo dei sistemi di sicurezza ad essa connessi➤ Porre molta attenzione quando si effettua caricamento della cera sulla pressa.
Caricamento e montaggio stampo sulla pressa	<ul style="list-style-type: none">➤ Caduta gravi➤ Movimentazione di carichi➤ Affaticamento, difficoltà operative da parte dell'operatore nella fase di fissaggio dello stampo sulla pressa	<ul style="list-style-type: none">➤ In caso di carichi superiori a 20 Kg o particolarmente voluminosi prevedere l'intervento di un secondo operatore di supporto al primo➤ Ove possibile prevedere mezzi automatici per la movimentazione dei carichi➤ Assicurarsi sempre della stabilità del carico
Lubrificazione dello stampo con siliconici spray	<ul style="list-style-type: none">➤ Inalazione involontaria e contatto di sostanze chimiche	<ul style="list-style-type: none">➤ Fare indossare agli operatori DPI idonei alla protezione delle vie respiratorie e fare uso di guanti opportuni.
Iniezione della cera	<ul style="list-style-type: none">➤ Malfunzionamento comando macchina	<ul style="list-style-type: none">➤ Manutenzione periodica
Estrazione del pezzo in cera e suo posizionamento	<ul style="list-style-type: none">➤ Malfunzionamento degli estrattori meccanici➤ Movimentazione manuale dei carichi (rischi di lesioni al	<ul style="list-style-type: none">➤ In caso di carichi superiori a 20 Kg o particolarmente voluminosi prevedere l'intervento di un secondo operatore di supporto al primo



su struttura metallica	<ul style="list-style-type: none">➤ rachide, e/o altre parti del corpo)➤ Rottura del pezzo	<ul style="list-style-type: none">➤ Ove possibile prevedere mezzi automatici per la movimentazione dei carichi➤ Assicurarsi sempre della stabilità del carico➤ Manutenzione periodica degli estrattori
-------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Assemblaggio dei modelli in cera

Operazione	Rischio connesso ed eventuale danno atteso	Alcuni interventi di prevenzione rischi collegati all'operazione
Prelievo dei pezzi da cassetta di deposito	<ul style="list-style-type: none">➤ Movimentazione manuale dei carichi (lesioni traumatiche a carico dell'operatore)➤ Caduta accidentale ed eventuale rottura del pezzo	<ul style="list-style-type: none">➤ Porre molta attenzione quando si effettua il prelievo dei pezzi➤ Seguire le corrette regole di movimentazione manuale dei carichi
Riscaldamento della cera con saldatore e giunzione dei pezzi	<ul style="list-style-type: none">➤ Rischi connessi alla temperatura (ustioni, sovracalore)➤ Fumi e vapori	<ul style="list-style-type: none">➤ Impiego di mezzi e attrezzature idonee➤ Formazione e addestramento degli addetti➤ Uso di opportuni DPI
Controllo delle giunzioni lente	<ul style="list-style-type: none">➤ Illuminazione (affaticamento visivo)	<ul style="list-style-type: none">➤ Rendere la postazione idonea al lavoro dotandola della giusta illuminazione ed ergonomia
Sigillatura con cera liquida	<ul style="list-style-type: none">➤ Rischi connessi alla temperatura (ustioni, scottature)➤ Esplosione del bruciatore a gas➤ Rovesciamento della cera calda➤ Fumi e vapori	<ul style="list-style-type: none">➤ Rendere stabile il contenitore della cera calda➤ Impiego di mezzi e attrezzature idonee➤ Formazione e addestramento degli addetti➤ Uso di opportuni DPI➤ Controllo periodico del corretto funzionamento del bruciatore.

Formatura del guscio ceramico

Operazione	Rischio connesso ed eventuale danno atteso	Alcuni interventi di prevenzione rischi collegati all'operazione
Preparazione dei bagni per immersione del grappolo	<ul style="list-style-type: none">➤ Movimentazione manuale dei carichi➤ Aerosol➤ Polveri e fumi➤ Abrasioni per contatto vasche rotanti➤ Rischi meccanici➤ Vibrazioni legate all'uso del muletto	<ul style="list-style-type: none">➤ DPI di protezione delle vie respiratorie e degli occhi e degli arti➤ Segregazione delle vasche quando sono in rotazione anche con semplici nastri segnaletici➤ Rendere standardizzata la procedura➤ Analisi ambientali periodiche per verificare che il microclima sia a norma➤ Controllare la compatibilità con l'uso dei muletti del pavimento
Ciclo ripetitivo di <ul style="list-style-type: none">➤ Immersione grappolo➤ Aspersione della polvere sul grappolo➤ Essiccazione con ventilatore	<ul style="list-style-type: none">➤ Malfunzionamento del robot addetto	<ul style="list-style-type: none">➤ Manutenzione periodica programmata➤ Uso di opportuni DPI per l'operatore che supervisiona l'operazione



Evacuazione della cera in autoclave

Operazione	Rischio connesso ed eventuale danno atteso	Alcuni interventi di prevenzione rischi collegati all'operazione
Rischi connessi alla macchina	<ul style="list-style-type: none">➤ Rumore➤ Contropressioni➤ Esplosione➤ Incendio➤ Malfunzionamento della macchina	<ul style="list-style-type: none">➤ DPI di protezione per l'udito da indossare nella fase di evacuazione del vapore;➤ Manutenzione programmata➤ Controllare periodicamente e frequentemente l'efficienza delle guarnizioni.➤ Verificare periodicamente dell'esistenza e dell'efficienza di dispositivi automatici di scarico per eccessiva pressione (dischi di rottura, valvole di sicurezza).➤ L'impianto elettrico interessante la zona di lavoro deve essere del tipo antideflagrante.➤ Non intervenire su parti di apparecchiature in pressione (flange, raccordi, rampe, ecc.); prima di effettuare l'intervento si deve sfiatare e, se necessario, bonificare➤ E' utile, inoltre, la costituzione di un registro sul quale annotare accuratamente ogni prova effettuata e gli interventi di manutenzione realizzati nel tempo
Posizionamento/prelevamento dei gusci nell'autoclave	<ul style="list-style-type: none">➤ Rischi connessi alla movimentazione manuale dei carichi➤ Infortuni traumatici (contusioni ecc.)	<ul style="list-style-type: none">➤ Standardizzare le procedure➤ Formazione del personale sulla corretta postura da tenere, durante la movimentazione➤ Guanti antiscivolo per la corretta presa del pezzo

Pre-sinterizzazione (cottura) del guscio a temperature inferiori a 1000°C

Operazioni	Rischio connesso ed eventuale danno atteso	Alcuni interventi di prevenzione rischi collegati all'operazione
Rischi connessi al forno	<ul style="list-style-type: none">➤ Esplosione➤ Incendio➤ Fuoriuscita di gas➤ Malfunzionamento della macchina	<ul style="list-style-type: none">➤ Manutenzione programmata➤ Controllare periodicamente e frequentemente l'efficienza delle guarnizioni.➤ L'impianto elettrico interessante la zona di lavoro deve essere del tipo antideflagrante.
Posizionamento/estrazione dei gusci nel forno (eseguito a forno freddo)	<ul style="list-style-type: none">➤ Rischi connessi alla movimentazione manuale dei carichi➤ Infortuni traumatici (contusioni ecc.)	<ul style="list-style-type: none">➤ Standardizzare le procedure➤ Formazione del personale sulla corretta postura da tenere, durante la movimentazione➤ Guanti antiscivolo per la corretta presa del pezzo.
Applicazione coibentazione sui gusci	<ul style="list-style-type: none">➤ Rilascio fibre	<ul style="list-style-type: none">➤ DPI idonei in particolare mascherine adatte a contrastare il rilascio della fibre➤ Standardizzazione delle procedure➤ Formazione del personale sulla corretta procedura da seguire



Pre-riscaldamento del guscio

Operazione	Rischio connesso ed eventuale danno atteso	Alcuni interventi di prevenzione rischi collegati all'operazione
Rischi connessi al forno	<ul style="list-style-type: none">➤ Esplosione➤ Pericolo tra parti mobili in avviamento automatico➤ Pericolo di soffocamento➤ Incendio➤ Fuoriuscita di gas➤ Malfunzionamento della macchina	<ul style="list-style-type: none">➤ Le porte di accesso e di uscita del forno dovrebbero essere munite di porticina di sicurezza con maniglia interna ed esterna di sicurezza.➤ Ci deve essere all'interno del forno un pulsante che comandi un segnale acustico visivo, udibile all'esterno al fine di richiamare l'attenzione di altre persone in caso di pericolo.➤ L'apertura delle porte se normalmente in automatico, deve poter avvenire manualmente mediante un pulsante d'emergenza con chiave estraibile, posto in entrata ed uscita del forno.➤ L'apertura delle porte deve poter avvenire anche dall'interno del forno, mediante un comando elettrico.➤ Manutenzione programmata del forno e dei dispositivi di sicurezza➤ Controllare periodicamente e frequentemente l'efficienza delle guarnizioni.➤ L'impianto elettrico interessante la zona di lavoro deve essere del tipo antideflagrante.
Estrazione dei gusci ad alta temperatura	<ul style="list-style-type: none">➤ Rischi da temperatura (colpi di calore, scottature ecc)➤ Malfunzionamento dei mezzi di movimentazione meccanici	<ul style="list-style-type: none">➤ DPI per la protezione dal calore per l'operatore➤ Formazione del personale su come eseguire correttamente l'operazione e su come prevenire i rischi da temperatura.➤ Manutenzione programmata dei mezzi di movimentazione meccanici➤ Controllare l'esistenza dei dispositivi di sicurezza e il loro corretto funzionamento sui mezzi suddetti. Inoltre se quest'ultimi sono di realizzazione artigianale verificare la loro rispondenza a norme armonizzate e ai requisiti di sicurezza richiesti dalla comunità europea.
Applicazione Coibentazione sui gusci	<ul style="list-style-type: none">➤ Rilascio fibre	<ul style="list-style-type: none">➤ DPI idonei in particolare mascherine adatte a contrastare il rilascio delle fibre➤ Standardizzazione delle procedure➤ Formazione del personale sulla corretta procedura da seguire

Colaggio del metallo fuso nel guscio

Operazione	Rischio connesso ed eventuale danno atteso	Alcuni interventi di prevenzione rischi collegati all'operazione
Posizionamento carica metallica nel crogiolo	<ul style="list-style-type: none">➤ Rischi connessi alla movimentazione manuale dei carichi➤ Infortuni traumatici (contusioni ecc.)➤ Caduta gravi (nel caso di uso di carro ponte)	<ul style="list-style-type: none">➤ Standardizzare le procedure➤ Formazione del personale sulla corretta postura da tenere, durante la movimentazione➤ Guanti antiscivolo per la corretta presa del pezzo.➤ Accertare la stabilità del carico



<p>Accensione/conduzione forno</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Malfunzionamento dei dispositivi di comando ➤ Rischi di natura elettrica 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Manutenzione programmata ➤ Controllare l'esistenza dei dispositivi di sicurezza e il loro corretto funzionamento ➤ Controllare periodicamente e frequentemente l'efficienza delle guarnizioni ➤ Controllo periodico dell'impianto elettrico ➤ Dotare la sala pressa di estintori adatti a spegnere incendi di natura elettrica (tipo E)
<p>Posizionamento del guscio nella camera di colaggio</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Rischi connessi alla movimentazione manuale dei carichi ➤ Infortuni traumatici (contusioni ecc.) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Standardizzare le procedure ➤ Formazione del personale sulla corretta postura da tenere, durante la movimentazione ➤ Manutenzione programmata dei mezzi di movimentazione meccanici
<p>Estrazione del guscio con il metallo colato ad alta temperatura (1400°C-1600°C)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Rischi da temperatura (colpi di calore, scottature ecc) ➤ Malfunzionamento dei mezzi di movimentazione meccanici ➤ Urti ➤ Vibrazioni ➤ Rotture del guscio incandescente e /o rovesciamento del metallo fuso 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ DPI per la protezione dal calore per l'operatore ➤ Formazione del personale su come eseguire correttamente l'operazione e su come prevenire i rischi da temperatura. ➤ Manutenzione programmata dei mezzi di movimentazione meccanici ➤ Controllare l'esistenza dei dispositivi di sicurezza e il loro corretto funzionamento sui mezzi suddetti. Inoltre se quest'ultimi sono di realizzazione artigianale verificare la loro rispondenza a norme armonizzate e ai requisiti di sicurezza richiesti dalla comunità europea. ➤ Controllare che sul percorso da fare non ci siano ostacoli e che il pavimento non sia disconnesso ➤ Mantenere sempre sufficiente distanza di sicurezza tra l'operatore e il pericolo ➤ Evitare movimenti bruschi dei mezzi meccanici

Rottura guscio

Operazione	Rischio connesso ed eventuale danno atteso	Alcuni interventi di prevenzione rischi collegati all'operazione
<p>Rischi connessi alla macchina</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Eiezione di materiale ➤ Rumore ➤ Vibrazioni ➤ Malfunzionamento 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Controllare l'esistenza dei dispositivi di sicurezza e il loro corretto funzionamento. ➤ Se la macchina è di realizzazione artigianale verificare la sua rispondenza a norme armonizzate e ai requisiti di sicurezza richiesti dalla comunità europea. ➤ Isolare fisicamente la macchina per prevenirne il rumore e dotarla di basamento che non trasmetti vibrazioni all'esterno ➤ Eseguire interventi di manutenzione programmata e tenere un registro di questi ➤ Dotare l'operatore di opportuni DPI se si valuta che esistano ancora rischi residui dopo l'isolamento della macchina
<p>Posizionamento del getto all'interno della macchina martellatrice ed azionamento di questa</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Malfunzionamento ➤ Rischi connessi alla movimentazione manuale dei carichi ➤ Infortuni traumatici (contusioni ecc.) 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Manutenzione programmata dei mezzi di movimentazione, della macchina, dei dispositivi di sicurezza, dei comandi. ➤ Accertare la stabilità del carico ➤ Standardizzare le procedure ➤ Formazione del personale sulla corretta



	<ul style="list-style-type: none">➤ Caduta gravi (nel caso di uso del carro ponte)➤ Vibrazioni	<ul style="list-style-type: none">movimentazione dei carichi sia manuale che con mezzi meccanici➤ Controllare la compatibilità con l'uso dei muletti del pavimento
--	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Distaffatura

Operazione	Rischio connesso ed eventuale danno atteso	Alcuni interventi di prevenzione rischi collegati all'operazione
Posizionamento del grappolo e taglio dei singoli pezzi	<ul style="list-style-type: none">➤ Proiezione di materiale➤ Rumore➤ Vibrazioni➤ Polveri➤ Abrasione➤ Rischio elettrico➤ Caduta gravi (nel caso di uso del carro ponte)➤ Rischi connessi alla movimentazione manuale dei carichi➤ Infortuni traumatici (contusioni ecc.)	<ul style="list-style-type: none">➤ DPI di protezione opportuni per le vie respiratorie e per gli occhi.➤ La macchina deve essere rispondente ai requisiti di sicurezza richiesti dalla comunità europea, in particolare deve avere idoneo sistema di frenatura contro l'inerzia residua.➤ Manutenzione programmata dei mezzi di movimentazione, della macchina, dei dispositivi di sicurezza, dei comandi. Tenere un registro degli interventi.➤ Dare procedure standardizzate per il corretto fissaggio del getto sul piano di lavoro➤ Istruzione del personale sulla corretta procedura➤ Verifica periodica dell'impianto elettrico➤ Accertare la stabilità del carico

Controlli

Operazione	Rischio connesso ed eventuale danno atteso	Alcuni interventi di prevenzione rischi collegati all'operazione
Controllo dei singoli pezzi anche con utilizzo di raggi x e sostanze chimiche	<ul style="list-style-type: none">➤ Esposizione a radiazioni➤ Rischio chimico dovuto all'uso di sostanze a base di acidi (cloridrico, nitrico, fosforico)➤ Cattiva illuminazione (affaticamento visivo ecc.)	<ul style="list-style-type: none">➤ Dosimetro X-ray per monitorare l'assorbimento delle radiazioni da parte dell'operatore➤ DPI per cute, vie respiratorie e occhi, specifici per la protezione da agenti chimici aggressivi.➤ Rendere la postazione idonea al lavoro dotandola della giusta illuminazione ed ergonomia.

Finitura

Operazione	Rischio connesso ed eventuale danno atteso	Alcuni interventi di prevenzione rischi collegati all'operazione
Lavorazioni meccaniche di tipo abrasivo con apparecchi manuali	<ul style="list-style-type: none">➤ Rischi specifici a seconda del tipo di macchina da valutare caso per caso	<ul style="list-style-type: none">➤ Controllare l'esistenza dei dispositivi di sicurezza e il loro corretto funzionamento.➤ DPI opportuni per l'operatore➤ Standardizzazione delle procedure➤ Manutenzione programmata degli apparecchi➤ Verifica dei sistemi di sicurezza e del sistema di alimentazione (integrità cavi, spine ecc.)



Rischi di natura igienico ambientale comuni a tutte le operazioni

Identificazione rischio specifico	Danno atteso	Interventi di prevenzione Fattori di rischio evidenti
Rumor Polveri Microclima inquinato Vibrazioni meccaniche	<ul style="list-style-type: none">➤ Ipoacusia➤ Malattie respiratorie quali bronchite cronica , irritazione delle vie respiratorie e degli occhi➤ Stress da temperatura➤ Traumi e alterazioni degenerative ai sistemi articolari	<ul style="list-style-type: none">➤ Adozione di sistemi antivibranti➤ Adozione di DPI specifici➤ Frequente pulizia delle zone di accumulo della polvere➤ Creazione di basamenti antivibranti e isolamento fisico delle macchine rumorose➤ Manutenzione periodica➤ Controlli medici periodici➤ Turnazione degli addetti➤ Analisi ambientali

Riferimenti legislativi inerenti all'analisi dei rischi

D.P.R. 27 aprile 1955, n. 547: *Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro*

D.P.R. 19 marzo 1956, n. 303: *Norme generali per l'igiene del lavoro non si applica l'Art.24 di tale decreto limitatamente al danno uditivo ed è soppressa la voce "rumori" nella tabella allegata al Decreto stesso come stabilito dall'Art.5 del D.Lgs 195/06*

D. Lgs. 15 agosto 1991 n. 277: *Attuazione delle direttive n. 80/1107/CEE, n. 82/605/CEE, n. 83/477/CEE, n. 86/188/CEE e n. 88/642/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro, a norma dell'art. 7 della legge 30 luglio 1990, n. 212 le disposizioni di cui al Capo IV sono state abrogate e sostituite da quanto contenuto nell'Art.5 del D.Lgs. N.195/06*

D.Lgs. 19 settembre 1994, n. 626 e s.m.i.: *Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE, 90/679/CEE, 93/88/CEE, 95/63/CE, 97/42/CE, 98/24/CE, 99/38/CE, 99/92/CE, 2001/45/CE e 2003/10/CE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro*

D.P.R. 24 luglio 1996, n. 459 e s.m.i.: *Regolamento per l'attuazione delle Direttive 89/392/CEE, 91/368/CEE, 93/44/CEE e 93/68/CEE concernenti il riavvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative alle macchine.*

D.Lgs. 14 agosto 1996, n. 493: *Attuazione della direttiva 92/58/CEE concernente le prescrizioni minime per la segnaletica di sicurezza e/o di salute sul luogo di lavoro*

D.Lgs. 3 febbraio 1997, n. 52: *Classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose*



D.M. 10/03/1998 e s.m.i: *Criteria generali di sicurezza antincendio per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro*

D.Lgs. 10/04/2006 n.195 *Attuazione della direttiva 2003/10/CE relativa all'esposizione dei lavoratori ai rischi derivanti dagli agenti fisici (rumore) in vigore dal 14 dicembre 2006.*



4 Impatto e rischio ambientale

4.1 Fattori di impatto e di rischio ambientale

Si tratta di aziende, per lo più, a basso inquinamento ambientale legato alla presenza di emissioni in atmosfera soprattutto per il processo di galvanica ed i reparti di verniciatura e/o di resinatura in cui si utilizzano solventi in presenza di impianti di aspirazione localizzata. Anche i fumi di saldatura sono espulsi in atmosfera ma i quantitativi aereo dispersi sono in genere minimali.

Le aziende in oggetto producono un basso quantitativo di rifiuti pericolosi in quanto solo alcuni processi (galvanica) posseggono le caratteristiche di pericolosità nella produzione degli scarti di lavorazione.

Contenuto è l'inquinamento delle acque laddove sono presenti impianti di trattamento chimico-fisici per la bonifica delle acque scure o di altre acque potenzialmente inquinate.

Raro e del tutto fortuito è l'inquinamento conseguente a sversamento di sostanze pericolose nei terreni o nelle acque di falda DM (471/99).