



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE**

Dipartimento Universitario Clinico di
Scienze Mediche Chirurgiche e della Salute

Dispense del corso di
Impianti industriali e meccanici

prof. ing. Marco Boscolo

Sommario

1. PRESENTAZIONE	7
2. L'OFFICINA MECCANICA.....	9
2.1 Immagazzinamento	9
2.2 Taglio di verghe e lamiere.....	11
2.2.1 Taglio meccanico	11
2.2.1.1 Sega a nastro	11
2.2.1.2 Sega a disco.....	12
2.2.1.3 Cesoiatura	13
2.2.2 Taglio termico	16
2.2.2.1 Taglio ossiacetilenico.....	16
2.2.2.2 Taglio al Plasma.....	17
2.2.2.3 Taglio Laser	17
2.2.2.4 Rischi specifici.....	18
2.3 Calandratura	18
2.4 Molatura	19
2.5 Levigatura	20
2.6 Foratura	21
2.7 Fresatura.....	22
2.7.1 La fresatrice	23
2.7.2 La fresa.....	23
2.8 Tornitura	24
2.9 Saldatura	25
2.9.1 Saldatura ad arco elettrico.....	25
2.9.1.1 Saldatura con elettrodo rivestito.....	26
2.9.1.2 Saldatura a filo	26
2.9.1.3 Saldatura TIG.....	27
2.9.2 Saldatura a gas	27
2.9.3 Il pericolo di inalazione dei gas di saldatura	28
2.10 Verniciatura	30
2.10.1 Verniciatura a polvere.....	31
2.10.2 Verniciatura a spruzzo.....	32
2.10.3 Cataforesi	33
2.10.4 Cabine di verniciatura	34
2.11 Movimentazione dei carichi.....	35
2.11.1 Carrelli elevatori	35
2.11.2 Carroponte.....	36
3. IL CANTIERE NAVALE	38
3.1 Descrizione del ciclo produttivo	38
3.1.1 Centro manufatti scafo	40
3.1.1.1 Officina navale.....	40
3.1.1.2 Officina prefabbricazione.....	42
3.1.2 Centro bordo	44
3.1.2.1 Officina premontaggio scafo.....	44
3.1.2.2 Officina preallestimento.....	44
3.1.3 Bacino di costruzione.....	45
3.1.4 Banchine di allestimento	48
3.1.5 Attività ausiliarie alla produzione	50
3.2 Tipi di lavorazioni	50
4. LA PRODUZIONE DELL'ACCIAIO.....	51
4.1 L'acciaio come materia prima	51
4.2 Il ciclo integrale siderurgico.....	51
4.3 L'acciaio da carica solida: le acciaierie Bertoli Safau (ABS)	51
4.3.1 Colata in fossa	57
4.3.2 Colata continua	59
4.4 Il laminatoio a caldo.....	61
4.5 Forgiatura.....	62

5. INDUSTRIA DELLA LAVORAZIONE DEL LEGNO	64
5.1 Rilevanza del settore industriale in FVG	64
5.2 La produzione della materia prima	65
5.2.1 I segati di legno	65
5.2.1.1 Le segherie	65
5.2.1.2 Gli essiccatoi	66
5.2.2 Gli impianti per la produzione di pannelli truciolari	67
5.2.2.1 Le operazioni preliminari	68
5.2.2.2 Essiccazione del legno macinato	68
5.2.2.3 Preparazione delle resine e degli additivi	69
5.2.2.4 Formazione del materasso	69
5.2.2.5 Pressatura	70
5.2.2.6 Taglio in formato e raffreddamento	70
5.3 Le operazioni secondarie	71
5.3.1 Stoccaggio e prelievo delle materie prime (preparazione pezzi)	72
5.3.2 Impiallacciatura e nobilitazione	72
5.3.3 Lavorazione alle macchine utensili	72
5.3.3.1 Sega circolare	72
5.3.3.2 Sega a nastro	72
5.3.3.3 Pialla a filo	73
5.3.3.4 Pialla a spessore	74
5.3.3.5 Fresatrice	75
5.3.3.6 Cavatrice a punta	76
5.3.4 Carteggiatura	78
5.3.5 Verniciatura	79
5.3.5.1 Tinteggiatura	80
5.3.5.2 Applicazione del fondo	80
5.3.5.3 Carteggiatura	81
5.3.5.4 Finitura	81
6. BIBLIOGRAFIA	83

Indice delle figure

<i>Figura 1</i> Tipico processo produttivo di un'industria meccanica	9
<i>Figura 2</i> Il magazzino materie prime	10
<i>Figura 3</i> Carroponte installato nel magazzino materie prime	10
<i>Figura 4</i> Tipologie di sega a nastro	12
<i>Figura 5</i> I rischi associati alla sega a nastro	12
<i>Figura 6</i> Sega a disco per metalli	13
<i>Figura 7</i> Cesoiatura	14
<i>Figura 8</i> Cesoiamento	16
<i>Figura 9</i> Taglio ossiacetilenico	17
<i>Figura 10</i> Taglio al plasma	17
<i>Figura 11</i> Taglio laser	18
<i>Figura 12</i> Calandratura	18
<i>Figura 13</i> Rischi specifici nell'operazione di calandratura	19
<i>Figura 14</i> Mola da banco	19
<i>Figura 15</i> Molatura	20
<i>Figura 16</i> Rischi specifici nell'operazione di molatura	20
<i>Figura 17</i> Levigatrici a nastro e disco	21
<i>Figura 18</i> Rischi specifici nella levigatura	21
<i>Figura 19</i> Trapano a colonna	22
<i>Figura 20</i> Pericoli connessi con la foratura	22

<i>Figura 21 Fresatrice verticale</i>	23
<i>Figura 22 Fresa</i>	23
<i>Figura 23 Pericoli implicati dalla fresatrice</i>	24
<i>Figura 24 Tornio parallelo</i>	24
<i>Figura 25 Tornitura</i>	24
<i>Figura 26 I principali pericoli del tornio</i>	25
<i>Figura 27 Schema del processo di saldatura</i>	25
<i>Figura 28 Saldatura con elettrodo rivestito</i>	26
<i>Figura 29 I pericoli della saldatura con elettrodo rivestito</i>	26
<i>Figura 30 Saldatura a filo</i>	27
<i>Figura 31 Saldatura TIG</i>	27
<i>Figura 32 Saldatura ossiacetilenica</i>	28
<i>Figura 33 Saldobrasatura</i>	28
<i>Figura 34 Cabina di saldatura</i>	30
<i>Figura 35 Cappa mobile</i>	30
<i>Figura 36 Polveri di verniciatura</i>	31
<i>Figura 37 Applicazione della polvere</i>	32
<i>Figura 38 Verniciatura a spruzzo</i>	32
<i>Figura 39 Vasca di sgrassaggio per immersione</i>	33
<i>Figura 40 Vasca di cataforesi</i>	33
<i>Figura 41 Cabina di verniciatura aperta</i>	34
<i>Figura 42 Cabina di verniciatura chiusa</i>	34
<i>Figura 43 Pericoli connessi con la verniciatura a spruzzo</i>	35
<i>Figura 44 Muletto</i>	35
<i>Figura 45 carroponete</i>	36
<i>Figura 46 Stabilimento Fincantieri Monfalcone</i>	38
<i>Figura 47 Gru a portale</i>	38
<i>Figura 48 Imbarco della sezione di prua</i>	39
<i>Figura 49 Varo tecnico: allagamento del bacino</i>	40
<i>Figura 50 Parco profilati</i>	41
<i>Figura 51 Taglio ossiacetilenico</i>	41
<i>Figura 52 Dispositivo per il taglio al plasma</i>	42
<i>Figura 53 "Seste"</i>	42
<i>Figura 54 Officina di prefabbricazione</i>	43
<i>Figura 55 Costruzione di un blocco</i>	43
<i>Figura 56 Sezione in fase di costruzione</i>	44
<i>Figura 57 Sezione ultimata</i>	44
<i>Figura 58 Preallestimento</i>	45
<i>Figura 59 Imbarco di una sezione</i>	45
<i>Figura 60 Saldatura di una sezione appena imbarcata</i>	46
<i>Figura 61 Preallestimento</i>	46
<i>Figura 62 Bacino</i>	47
<i>Figura 63 Bacino: taccate</i>	47

<i>Figura 64 Cerimonia di varo</i>	48
<i>Figura 65 Varo tecnico: allagamento del bacino</i>	48
<i>Figura 66 Banchina di allestimento</i>	49
<i>Figura 67 Operazioni di allestimento</i>	49
<i>Figura 68 Acciaierie ABS Bartoli Safau a Cargnacco</i>	52
<i>Figura 69. Lingotti</i>	52
<i>Figura 70 Blumi</i>	53
<i>Figura 71 Vergella</i>	53
<i>Figura 72 Rottame di acciaio a parco</i>	54
<i>Figura 73 Rottame di ghisa a parco</i>	54
<i>Figura 74 Carroponte dotato di magneti per lo scarico dei vagoni ferroviari</i>	54
<i>Figura 75 Riempimento della cesta mediante carroponte dotato di magneti</i>	55
<i>Figura 76 Benna a polipo per la movimentazione di rottame metallico</i>	55
<i>Figura 77 Sollevamento e trasporto della cesta</i>	56
<i>Figura 78 Forno elettrico ad arco (EAF)</i>	56
<i>Figura 79 Forno ad arco - spillaggio dell'acciaio</i>	57
<i>Figura 80 Bagno di acciaio fuso nel forno ad arco</i>	57
<i>Figura 81 Operazioni di metallurgia secondaria in siviera</i>	57
<i>Figura 82 Pulizia siviere</i>	57
<i>Figura 83 Colata continua</i>	57
<i>Figura 84 Lingottiere</i>	58
<i>Figura 85 Lingottiere in fossa</i>	58
<i>Figura 86 Colata in sorgente (schema)</i>	59
<i>Figura 87 Siviera</i>	59
<i>Figura 88 Colata continua (schema)</i>	60
<i>Figura 89 Colata continua: Siviera, paniera, lingottiera</i>	60
<i>Figura 90 Linee di colata continua</i>	61
<i>Figura 91 Laminazione a caldo (schema)</i>	61
<i>Figura 92 Gabbia di laminazione</i>	62
<i>Figura 93 Forgiatura</i>	62
<i>Figura 94 Pinza per forgiatura</i>	63
<i>Figura 95 Il monumento alla sedia di Manzano</i>	64
<i>Figura 96 Fasi di lavorazione del legno</i>	65
<i>Figura 97 Sega a nastro per segheria</i>	66
<i>Figura 98 Essiccatoio sottovuoto</i>	67
<i>Figura 99 Legname essiccato e pronto per la spedizione</i>	67
<i>Figura 100 Pannelli truciolari</i>	68
<i>Figura 101 Cippatrice</i>	68
<i>Figura 102 Essiccatoio per truciolo di legno</i>	69
<i>Figura 103 Pressa a caldo per la produzione di pannelli truciolari</i>	70
<i>Figura 104 Diagramma di produzione dei pannelli truciolari</i>	71
<i>Figura 105 Troncatrice per legno</i>	72
<i>Figura 106 Sega a nastro</i>	73

<i>Figura 107 Pialla filo</i>	73
<i>Figura 108 Piallatura a filo e spessore: principio di funzionamento</i>	74
<i>Figura 109 Piallatura a filo: avanzamento manuale del pezzo</i>	74
<i>Figura 110 Pialla a spessore</i>	75
<i>Figura 111 Testa porta coltelli</i>	75
<i>Figura 112 Fresatura di un profilo</i>	76
<i>Figura 113 Fresatura di un'anta in un centro di lavoro</i>	76
<i>Figura 114 Cavatrice a punta</i>	77
<i>Figura 115 Cavatrice a catena</i>	77
<i>Figura 116 Mortasatrice a scalpello</i>	78
<i>Figura 117 Carteggiatura manuale su banco aspirato</i>	79
<i>Figura 118 Carteggiatura manuale su banco aspirato</i>	79
<i>Figura 119 Carteggiatura manuale</i>	79
<i>Figura 120 Cabina di verniciatura aperta</i>	81
<i>Figura 121 Verniciatura a spruzzo</i>	82

1. Presentazione

Il corso di *Impianti industriali e meccanici* viene impartito agli allievi specializzandi in Medicina del lavoro, con lo scopo di presentare delle nozioni utili a conoscere e comprendere gli ambienti di lavoro che si troveranno a visitare nell'ambito dell'attività clinica specialistica cui sono destinati.

La trattazione degli argomenti che segue è inevitabilmente condizionata dal modesto carico didattico riservato al corso, nonché dalla inevitabile mancanza di un adeguato back ground culturale del pubblico che ne è destinatario, ragion per cui non se ne voglia all'autore se la trattazione non apparirà esaustiva e sistematica.

Nello scegliere gli argomenti da trattare, si è tenuto di dover privilegiare quelli coerenti con il tessuto economico regionale, caratterizzato da una solida base industriale di piccole e medie imprese principalmente operanti nel settore manifatturiero, in comparti chiavi quali:

- Meccanica e metallurgia
- Cantieristica navale
- Elettrodomestici e mobilifici
- Chimica e alimentare

Il primo capitolo viene quindi dedicato all'industria meccanica, che viene considerata con riferimento ad un'ipotetica officina dedita a lavorazioni meccaniche di precisione, rappresentativa di una realtà che nel suo complesso annovera in regione circa 5000 imprese, che rappresentano quasi il 6% della totalità di quelle ivi presenti.

Un capitolo viene quindi destinato alla cantieristica navale ed in particolare al cantiere navale di Monfalcone che rappresenta un'attività di assoluta rilevanza sia in termini economici che occupazionali.

Il settore metallurgico viene analizzato con riferimento all'acciaieria e al laminatoio, dei quali in regione ci sono svariate rappresentanze, per lo più ubicate nelle provincie di Udine e Trieste.

La trattazione si conclude con la presentazione delle lavorazioni presenti all'interno di mobilificio, rappresentativo di una realtà che nel territorio regionale conta più di 2000 imprese.

Ne è risultato un lavoro che potrebbe definirsi didascalico, che si pone come obiettivo la fornitura di quei rudimenti che permettano ai futuri medici specialisti di orientarsi nell'ambiente in cui si troveranno ad operare comprendendone le problematiche sottese.

Il materiale presentato è in gran parte frutto dell'esperienza maturata dal docente che ringrazia sin d'ora tutti coloro che vorranno segnalare inesattezze, refusi e suggerire eventuali miglioramenti.

Buon lavoro

Marco Boscolo

2. L'officina meccanica

L'industria meccanica è un vasto e fondamentale settore manifatturiero che si occupa della progettazione, sviluppo, produzione e manutenzione di macchinari, componenti meccanici e sistemi complessi.

Le attività implicate sono le più disparate e vanno dalla produzione di viti e ingranaggi fino alla costruzione di macchine tessili, motori aerei e macchine utensili sofisticate.

Il tipico ciclo produttivo (Figura 1) trae origine dal magazzino materie prime dove vengono stoccati tutti i materiali e i semilavorati necessari alla produzione che vengono prelevati e alimentati alle linee produttive, dove subiscono svariate trasformazioni fisiche fino a dar luogo al prodotto finito.

Le principali operazioni coinvolte nel ciclo produttivo possono essere così sinteticamente elencate:

- Taglio
- Foratura
- Fresatura
- Tornitura
- Saldatura
- Verniciatura

Il ciclo si chiude nel magazzino prodotti finiti dove avviene l'imballo e la spedizione ai clienti. Di seguito tali lavorazioni si considerano con riferimento ad un'ipotetica azienda del settore.

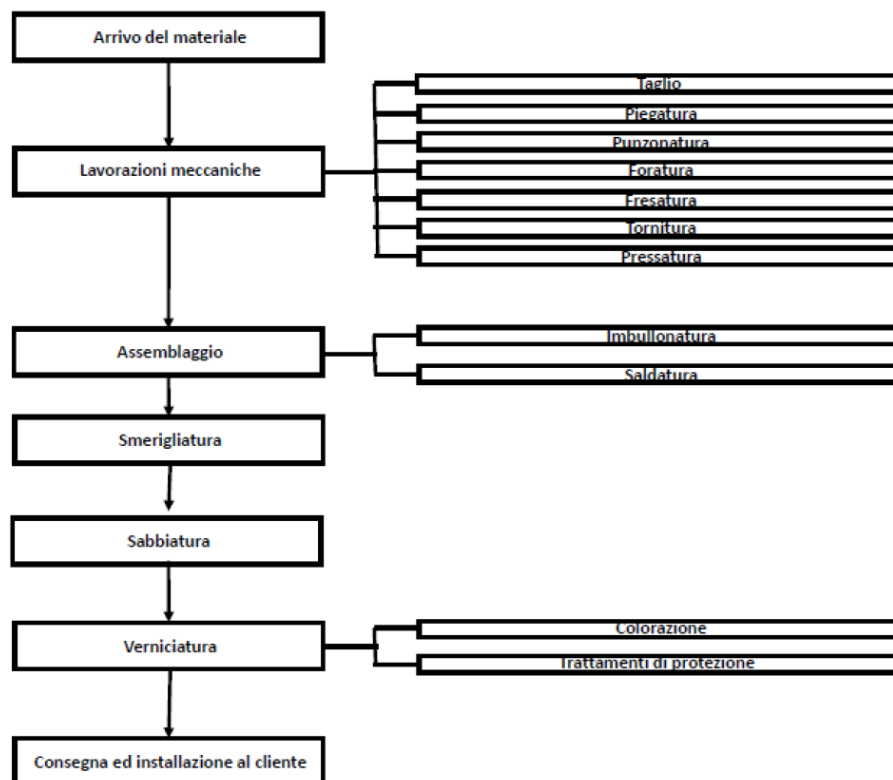


Figura 1 Tipico processo produttivo di un'industria meccanica

2.1 Immagazzinamento

Il ciclo produttivo trae origine dal magazzino materie prime in ingresso, dove vengono stoccati i semilavorati che saranno oggetto di affinazione.

La sua funzione principale è quella di ricevere, stoccare e gestire tutti i materiali grezzi e i semilavorati necessari alle linee produttive, garantendo che la produzione non subisca interruzioni per mancanza di componenti.



Figura 2 Il magazzino materie prime

Nel magazzino non si esegue solamente lo stoccaggio dei materiali ma si effettuano anche operazioni di verifica di conformità dei materiali ordinati con quelli effettivamente consegnati, il prelievo e predisposizione in *kit* che andranno ad alimentare le linee produttive in base agli ordini di produzione.

Per il buon funzionamento del magazzino è inoltre indispensabile conoscere sempre la consistenza dei materiali stoccati, impresa che può richiedere sforzi titanici e che oggi viene sovente portata a termine per mezzo di sistemi informatici.

A seconda dei materiali immagazzinati e quindi in base alla loro resistenza agli agenti atmosferici, lo stoccaggio può avvenire al coperto o all'esterno.

I materiali variano enormemente a seconda della specificità dell'azienda, ma i principali includono **metalli grezzi** (sotto forma di profilati, lamiere e semilavorati da fusione o forgiatura) e **materiali ausiliari** quali liquidi lubrificanti, oli da taglio, fluidi idraulici, e materiali di consumo come bulloneria, elettrodi per saldatura, imballaggi, ecc.

Le movimentazioni dei materiali possono avvenire tramite carrello elevatore o, nei casi di materiali molto pesanti, mediante carroponte.



Figura 3 Carroponte installato nel magazzino materie prime

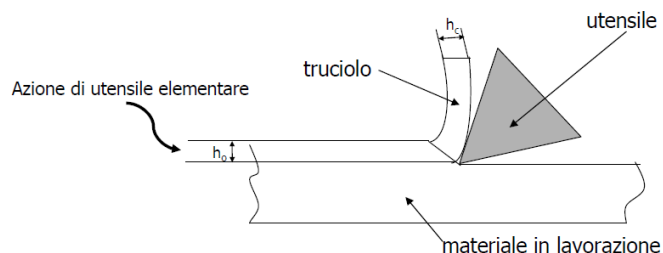
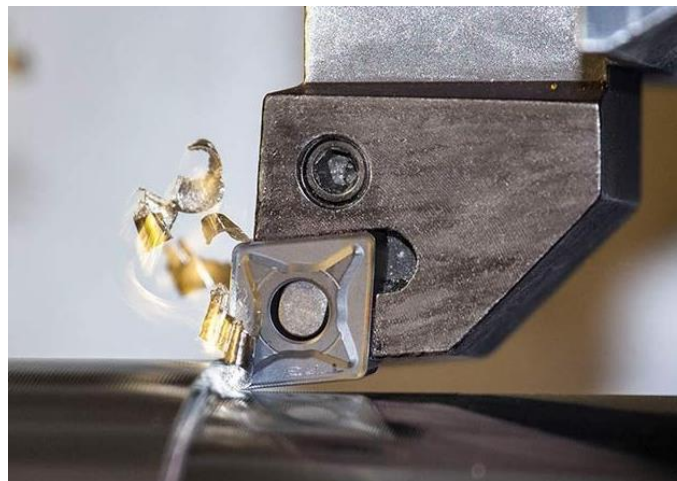
2.2 Taglio di verghe e lamiere

Il taglio di un pezzo metallico consiste nel separare fisicamente un blocco in due o più parti distinte. A seconda del risultato desiderato, della precisione richiesta e del tipo di metallo, vengono impiegate diverse tecnologie.

2.2.1 Taglio meccanico

Nel taglio meccanico la separazione avviene per mezzo di una forza applicata perpendicolarmente alle superfici da separare che produce lo scorrimento di due sezioni adiacenti. Si distingue tra taglio per asportazione di truciolo (fresatura, tornitura, segazione) o per trancitura (cesoie, punzonatura).

Nel taglio con asportazione l'azione di scorrimento è indotta dai denti affilati di un utensile (sega) che rimuove una parte di materiale sotto forma di truciolo.



Gli utensili impiegati nella segazione possono essere di svariate tipologie, a seconda delle dimensioni e della forma dei pezzi da lavorare, della precisione che si vuole ottenere e della velocità con cui si intende procedere.

2.2.1.1 Sega a nastro

In una sega a nastro, la lama è costituita da un nastro metallico chiuso che si avvolge su due pulegge che la guidano e la mantengono in tensione, imprimendole un movimento continuo. La macchina può essere orizzontale, adatta per il taglio barre, tubi e profilati, o verticale (Figura 5).

I rischi specifici della macchina sono molteplici (Figura 5). Tra questi ricordiamo:

- mancato intervento dei ripari e dei dispositivi di sicurezza
- errori di manovra,
- contatti accidentali con il nastro;
- proiezione di materiali;
- rottura del nastro
- errato bloccaggio del pezzo



Orizzontale



Verticale

Figura 4 Tipologie di sega a nastro

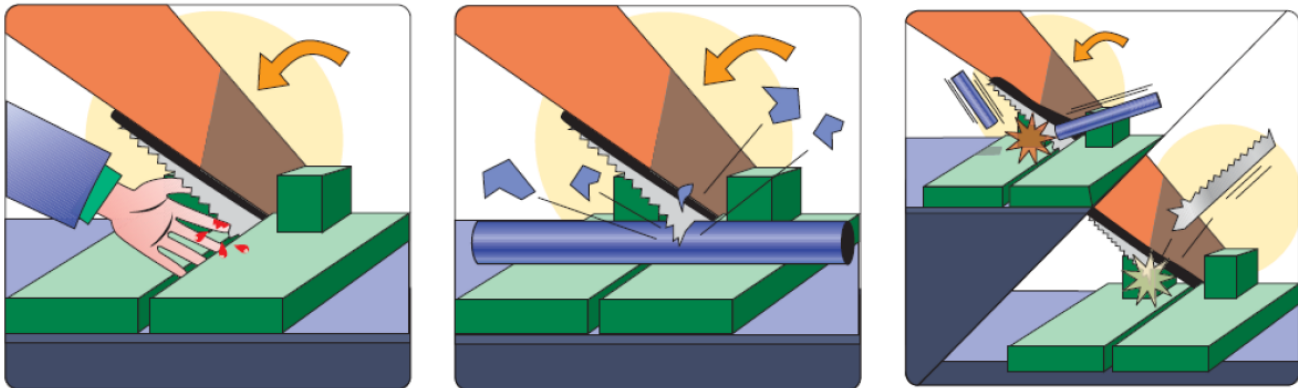


Figura 5 I rischi associati alla sega a nastro

2.2.1.2 Sega a disco

La sega a disco (Figura 6) è un utensile utilizzato per eseguire tagli precisi, solitamente angolari o trasversali, su vari materiali metallici come ferro, acciaio e alluminio. La lama è costituita da un disco metallico rigido, sul quale sono ricavati i denti acuminati destinati ad incidere il materiale asportandovi il truciolo.

I rischi implicati sono del tutto simili a quelli della versione a nastro.



Figura 6 Sega a disco per metalli

2.2.1.3 Cesoatura

Le cesoie sono macchine utilizzate per il taglio meccanico a freddo. A differenza della segatura o della fresatura, che asportano truciolo, la cesoia separa il materiale (solitamente lamiera, barre o profilati metallici) applicando una forza tale da superarne la resistenza al taglio.

Il processo (Figura 7) simula il funzionamento di un paio di forbici giganti e potenti. Il principio si basa sull'azione combinata di due lame affilate, una superiore mobile (detta anche lama di taglio) e una lama inferiore fissa (detta anche matrice o controlama).

Dapprima il pezzo di metallo viene posizionato tra le due lame e bloccato saldamente da pressori per impedirne lo scivolamento. Quindi la lama superiore scende verticalmente o con una leggera angolazione. Man mano che la lama penetra nel materiale, la pressione aumenta. Inizialmente la deformazione è elastica ma, con il progredire dell'azione di taglio, la deformazione diventa plastica, fino a che lo sforzo supera la massima resistenza del metallo, che si trancia di netto lungo la linea di contatto tra le due lame.

I tipi di cesoie utilizzate sono molteplici. Tra questi ricordiamo:

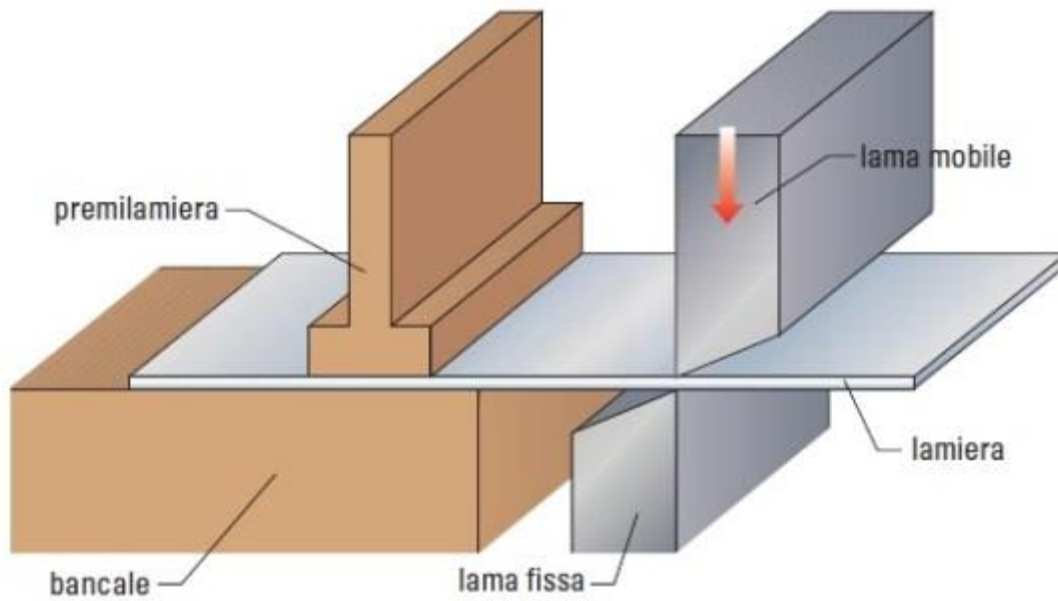


Figura 7 Cesoiatura

- **cesoie lineari** (o ghigliottine): le più comuni, utilizzate per tagliare lamiere in fogli o strisce rettangolari. Esse spesso hanno una lama superiore inclinata per ridurre lo sforzo necessario a tagliare l'intera larghezza della lamiera.



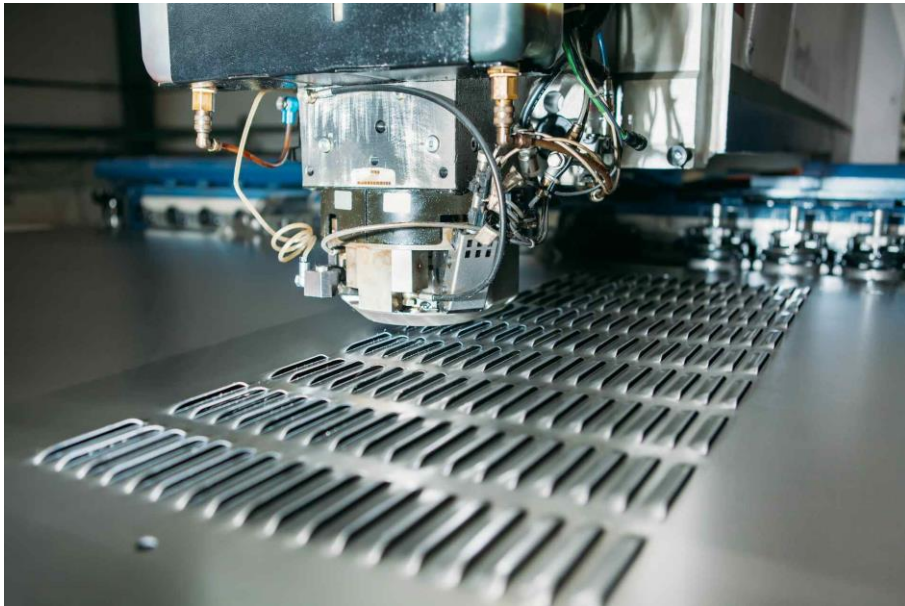
- **cesoie a ghigliottina verticali**: utilizzate per tagliare barre o profilati pieni.



- **cesoie circolari** (o a dischi): due dischi rotanti che tagliano lamiere in continuo, utilizzate per rifilare i bordi o creare strisce larghe.



- **tranciatrici/punzonatrici**: macchine che combinano la cesoiatura con uno stampo (punzone e matrice) per ritagliare forme specifiche dalla lamiera.



In sintesi, la cesoiatura è una lavorazione essenziale nella carpenteria metallica e nella lavorazione delle lamiere, apprezzata per la sua rapidità ed efficienza nel produrre tagli dritti e puliti.

I rischi specifici della macchina sono legati alla proiezione di pezzi in lavorazione e al cesoiamento, con particolare riguardo agli arti superiori.

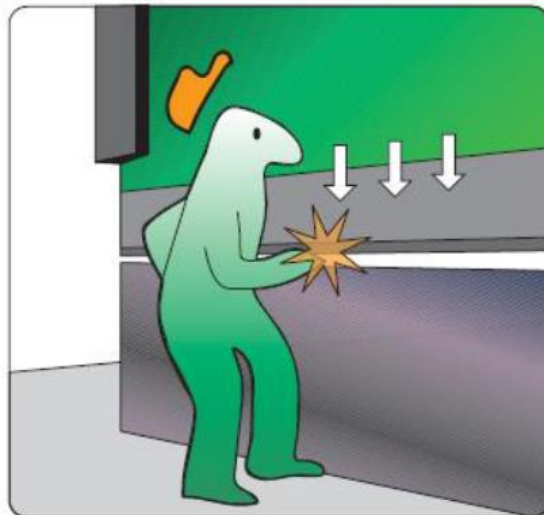


Figura 8 Cesoiamento

2.2.2 Taglio termico

Nel taglio termico dell'acciaio, si utilizza una fonte di energia termica per riscaldare porzioni specifiche di materiale ottenendone la liquefazione puntuale. A quel punto, il metallo fuso viene soffiato via ottenendo la separazione delle due parti. Il taglio termico è adottato in particolari contesti per la rapidità di esecuzione dell'operazione e la possibilità di conseguire geometrie di taglio molto complesse.

2.2.2.1 Taglio ossiacetilenico

Il taglio a fiamma è una tipologia di taglio estremamente diffusa ed economica. Esso impiega una miscela di ossigeno e acetilene o che dà luogo ad una fiamma (dardo) in grado di fondere l'acciaio e allontanare la porzione di metallo liquefatto.



Figura 9 Taglio ossiacetilenico

2.2.2.2 **Taglio al Plasma**

Nel taglio al plasma (Figura 10), un gas (aria compressa, azoto, argon o ossigeno), viene espulso ad alta velocità attraverso un ugello dove, per mezzo di un arco elettrico instauratosi tra l'elettrodo e l'elemento da trattare, si realizza la trasformazione del gas in plasma, che porta il metallo alla temperatura di fusione.

In seguito, il gas per mezzo dell'elevata energia cinetica che possiede, espelle il metallo fuso dalla zona da trattare, permettendo così di realizzare la separazione delle due parti. Naturalmente, poiché il processo si basa sulla formazione di un arco elettrico tra la *torcia* ed il materiale, quest'ultimo deve essere conduttore, ragion per cui tale procedimento si impiega su metalli quali acciaio, alluminio e rame.



Figura 10 Taglio al plasma

2.2.2.3 **Taglio Laser**

Il taglio al laser è anche un processo di taglio termico nel quale l'energia laser viene utilizzata per fondere l'acciaio. Un fascio di luce monocromatico e omogeneo è generato all'interno di un laser a risonanza e focalizzato attraverso una lente sul materiale metallico. Questo fa sì che le sezioni di destinazione dell'acciaio si riscaldino e si fondano, dando luogo ad un taglio estremamente netto e preciso.



Figura 11 Taglio laser

2.2.2.4 Rischi specifici

I rischi specifici riguardano il possibile verificarsi di atmosfere potenzialmente esplosive a seguito di fuoriuscita di gas combustibile, l'inalazione dei fumi di saldatura lesioni oculari per l'esposizione a radiazioni infrarosse.

2.3 Calandratura

La calandratura è una lavorazione per deformazione plastica che consente di imprimere una semplice curvatura a dei pezzi originariamente piani. A tal fine le lamiere o le barre metalliche vengono fatti passare attraverso dei rulli controrotanti che sono in grado di imprimere la deformazione desiderata.

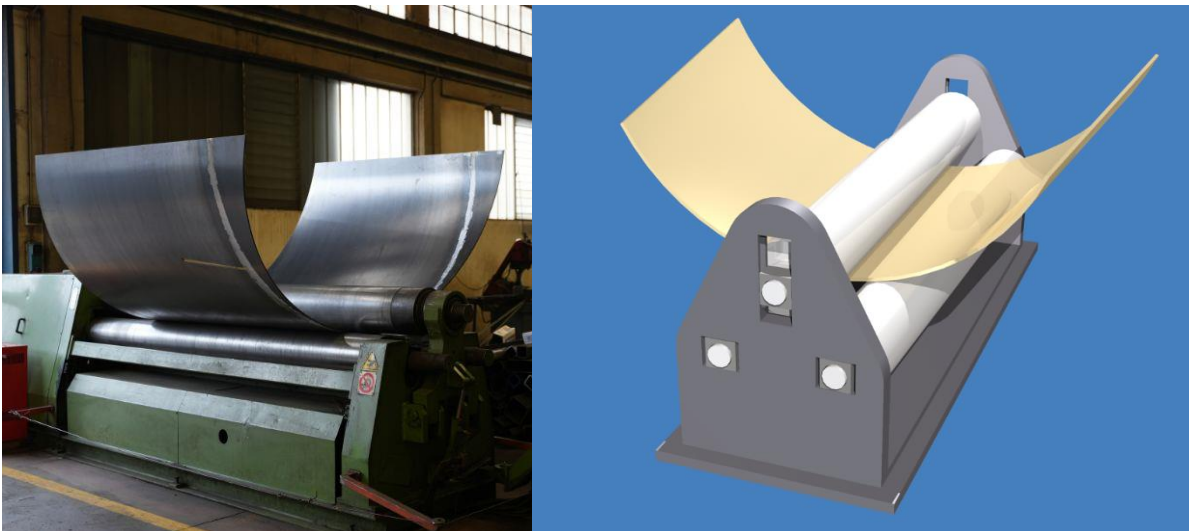


Figura 12 Calandratura

Tra i rischi specifici della macchina ricordiamo lo schiacciamento e il trascinarsi degli arti superiori o degli indumenti fra i rulli che lavorano.



Figura 13 Rischi specifici nell'operazione di calandratura

2.4 Molatura

Le molatrici (Figura 14) sono macchine usate per lavorazioni grossolane di sgrossatura o sbavatura. Le molatrici da banco sono le più diffuse e sono costituite da un motore elettrico che presenta, sui prolungamenti dell'albero due mole, protette da robusti carter.



Figura 14 Mola da banco

Il pezzo viene sorretto a mano, con l'aiuto di un piccolo appoggio registrabile, che deve essere tenuto molto vicino alla mola (Figura 15).

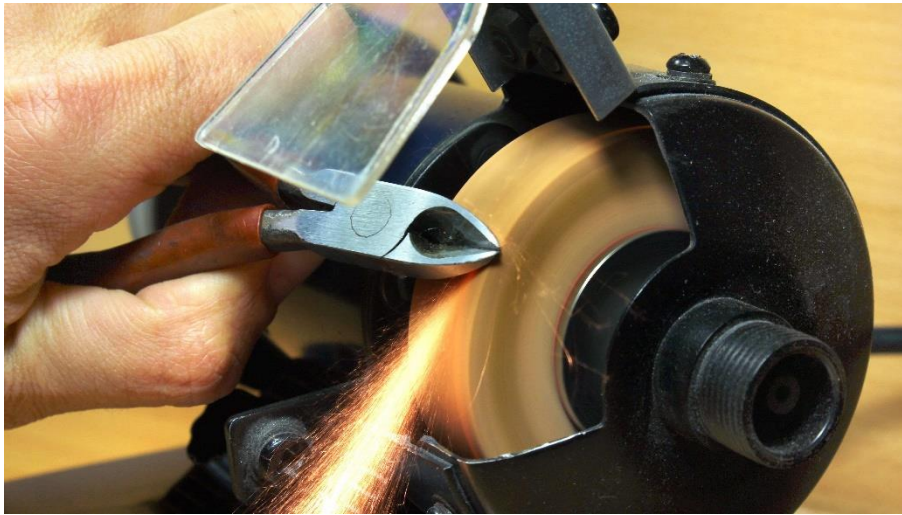


Figura 15 Molatura

Le mole sono utensili abrasivi dato che l'asportazione di materiale avviene per l'azione di un elevato numero di grani abrasivi distribuiti nella massa della mola e mantenuti nella forma desiderata grazie ad un legante. Con queste macchine vengono effettuate anche le affilature degli utensili. Particolare attenzione si deve porre alle vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio dal pezzo.

I rischi specifici della macchina riguardano:

- proiezione di abrasivo o altri materiali contro l'operatore o altre persone presenti nelle vicinanze, con particolare pericolo per gli occhi;
- esplosione della mola causata dalle sollecitazioni radiali indotte dalla forza centrifuga. La rottura o lo scoppio possono verificarsi per difetti presenti nella struttura oppure in seguito a sollecitazioni anomale per urto del pezzo o per incuneamento dello stesso tra mola e poggia pezzo.

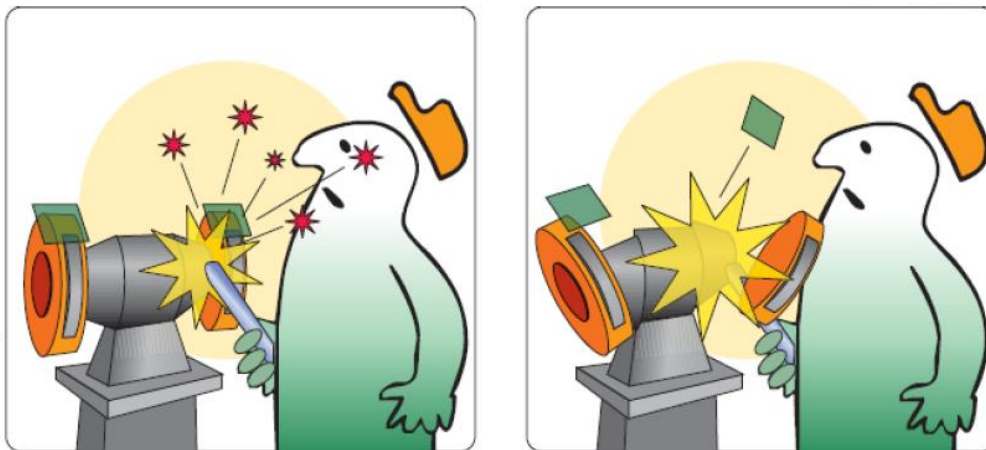


Figura 16 Rischi specifici nell'operazione di molatura

2.5 Levigatura

La levigatura è una lavorazione per asportazione di truciolo che consente di ottenere una determinata finitura superficiale mediante l'azione abrasiva impressa da un nastro o da un disco rotante (Figura 17).

Tra i rischi specifici delle macchine ricordiamo:

- contatto accidentale con l'organo di lavoro;
- rischio di inalazioni delle polveri provenienti dalla lavorazione del metallo;
- proiezione del pezzo in lavorazione sull'addetto o nell'ambiente circostante.

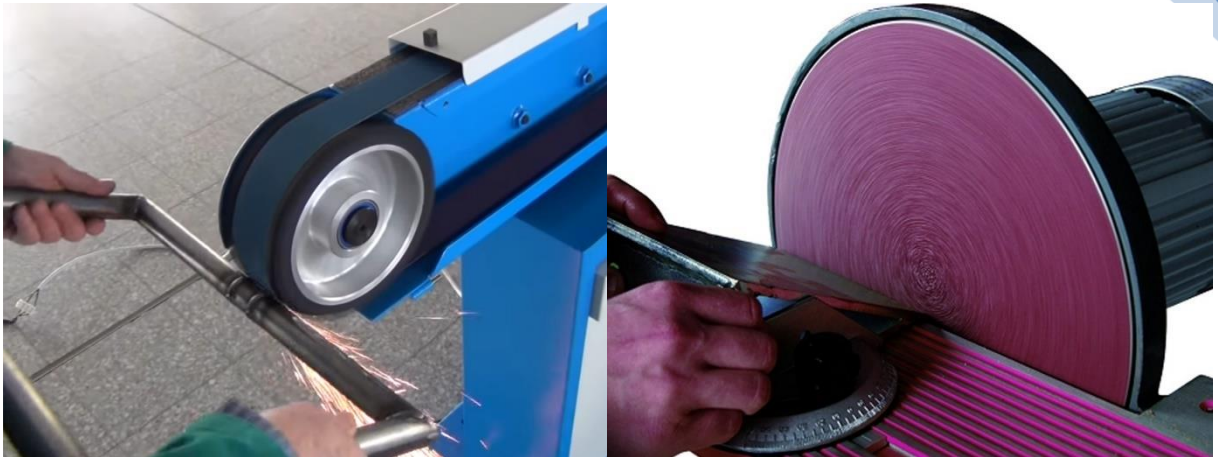


Figura 17 Levigatrici a nastro e disco



Figura 18 Rischi specifici nella levigatura

2.6 Foratura

Le operazioni di foratura sono in genere eseguite per mezzo di trapani a colonna (Figura 19) che, per mezzo di una punta elicoidale posta in rotazione sul proprio asse, riescono ad incidere una superficie metallica asportandovi il materiale sotto forma di truciolo, dando luogo ad un foro di diametro pari a quello della punta. Nel trapano il moto di taglio rotatorio continuo è sempre posseduto dall'utensile e viene trasmesso dal mandrino tramite un motore elettrico e un cambio di velocità.



Trapano a colonna



Mandrino porta punta e punta

Figura 19 Trapano a colonna

I principali pericoli riguardano principalmente l'utensile e il mandrino che, durante la rotazione, può causare gravi ferite agli arti superiori ed è potenzialmente in grado di trascinare indumenti o capelli. La sua rottura può inoltre cagionare la proiezione dei frammenti in grado di raggiungere l'operatore.

In determinati casi, qualora il pezzo non sia stato adeguatamente bloccato, può verificarsene l'indesiderata rotazione con evidente pregiudizio dell'integrità fisica degli operatori eventualmente coinvolti.

Rischi specifici sono infine legati all'intrappolamento degli arti superiori nel variatore di giri.

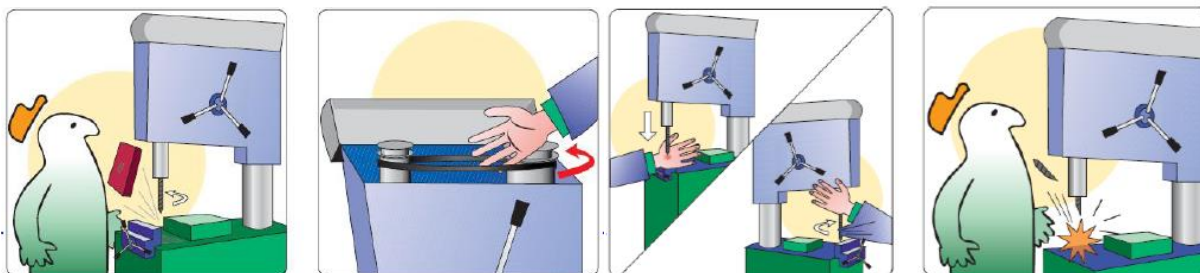


Figura 20 Pericoli connessi con la foratura

2.7 Fresatura

La fresatura meccanica è una lavorazione per asportazione di truciolo con cui si ottiene una vasta gamma di superfici. Viene effettuata mediante utensili, detti **frese**, montate su macchine utensili chiamate **fresatrici**.

La lavorazione comporta una contemporanea rotazione dell'utensile e traslazione del pezzo: i taglienti della fresa, ruotando, asportano metallo dal pezzo quando questo viene a trovarsi in interferenza con la fresa a causa della traslazione del banco su cui il pezzo è ancorato.

2.7.1 La fresatrice

La *fresatrice* (Figura 21) è la macchina utensile adibita alla fresatura meccanica. Essa è costituita da un basamento, cioè la tavola dove viene fissato il pezzo da fresare, e un montante, sul quale è alloggiato il mandrino che viene azionato da un motore elettrico. Il mandrino imprime all'utensile di fresatura, la fresa, il moto rotatorio che le consente di asportare il truciolo. Esistono le fresatrici orizzontali e le fresatrici verticali. Le prime hanno il mandrino montato orizzontalmente, le seconde, invece, verticalmente.



Figura 21 Fresatrice verticale

2.7.2 La fresa

La *fresa* (Figura 22) è l'utensile che permette l'asportazione del truciolo; ha una forma cilindrica a sezione circolare con denti taglienti disposti lungo la circonferenza esterna. Lo spazio tra i denti taglienti è il passo della fresa. A seconda del numero e della disposizione dei taglienti si caratterizzano varie tipologie di fresa da impiegarsi in diversi tipi di lavorazione. In linea di massima, maggiore è il numero di denti migliore è il grado di finitura apportato al pezzo in lavorazione.



Figura 22 Fresa

I principali pericoli implicati dal funzionamento della macchina riguardano:

- proiezioni di materiali in lavorazione e frammenti di utensili;
- contatti accidentali con l'utensile in rotazione con conseguenti lesioni anche molto gravi;
- schiacciamenti e cesoiamenti dovuti ai movimenti connessi al cambio di utensili e alle traslazioni della tavola portapezzo.

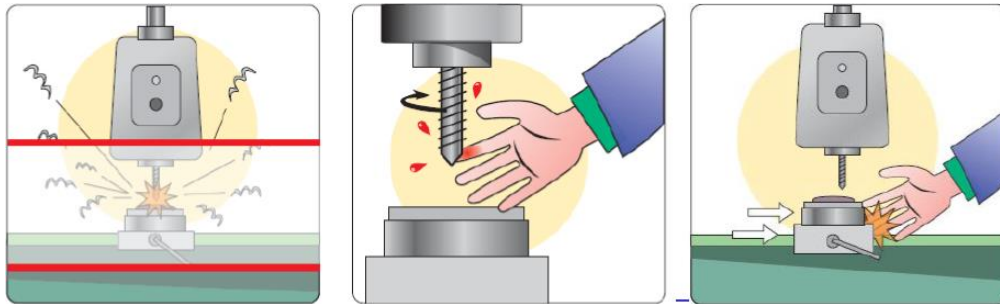


Figura 23 Pericoli implicati dalla fresatrice

2.8 Tornitura

La tornitura (Figura 25) dell'acciaio è una lavorazione per asportazione di truciolo nella quale un pezzo di acciaio grezzo viene fatto ruotare su un asse mentre un utensile tagliente rimuove il materiale in eccesso fino al conseguimento della forma desiderata.

La macchina per mezzo la quale si esegue l'operazione di tornitura è detta tornio (Figura 24).

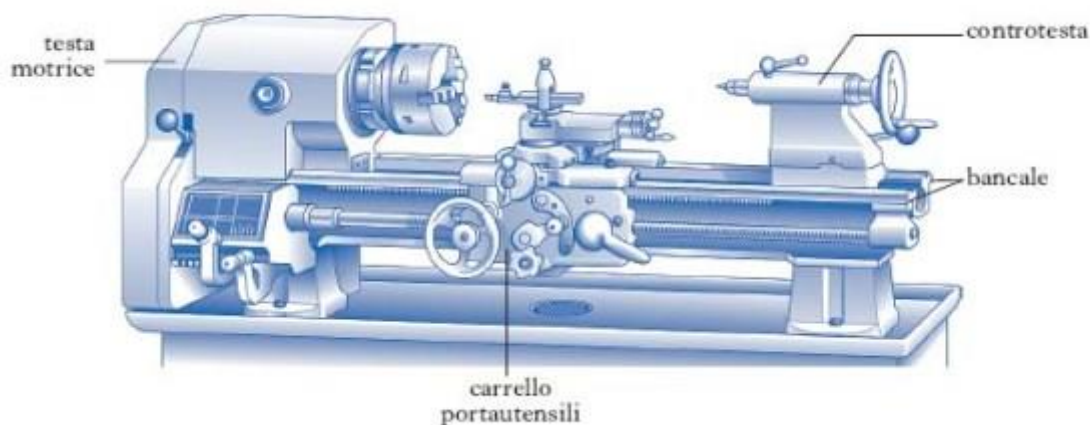


Figura 24 Tornio parallelo

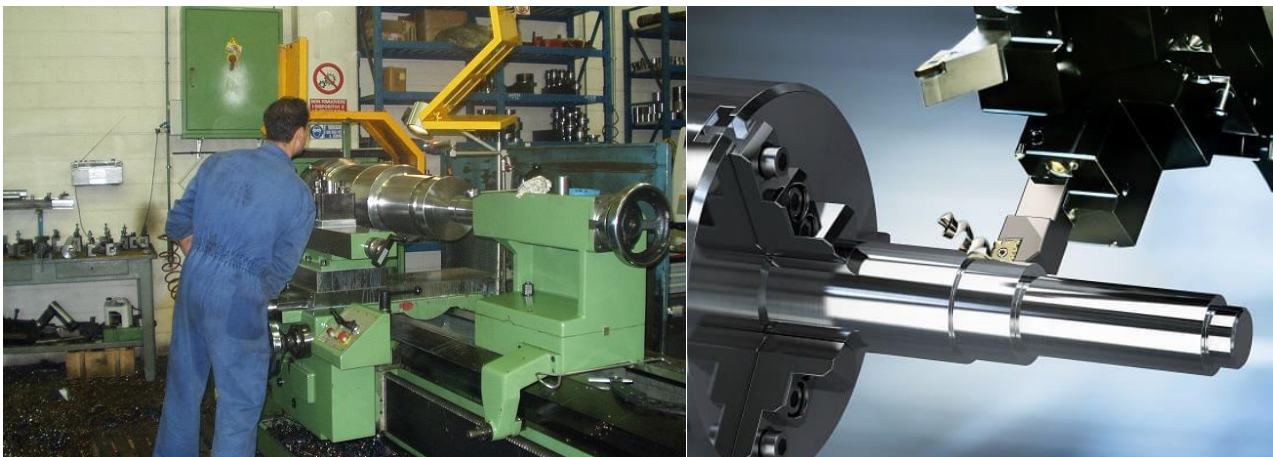


Figura 25 Tornitura

I principali pericoli (Figura 26) implicati dal funzionamento della macchina riguardano:

- impigliamento degli indumenti nel mandrino rotante con conseguente trascinarsi nella rotazione;
- proiezione del materiale in lavorazione per effetto della forza centrifuga;
- avviamento accidentale della macchina, specialmente nei torni di vecchia costruzione dove il comando di messa in moto del mandrino è a leva sporgente;
- schiacciamento degli arti con il mandrino durante la sua sostituzione.

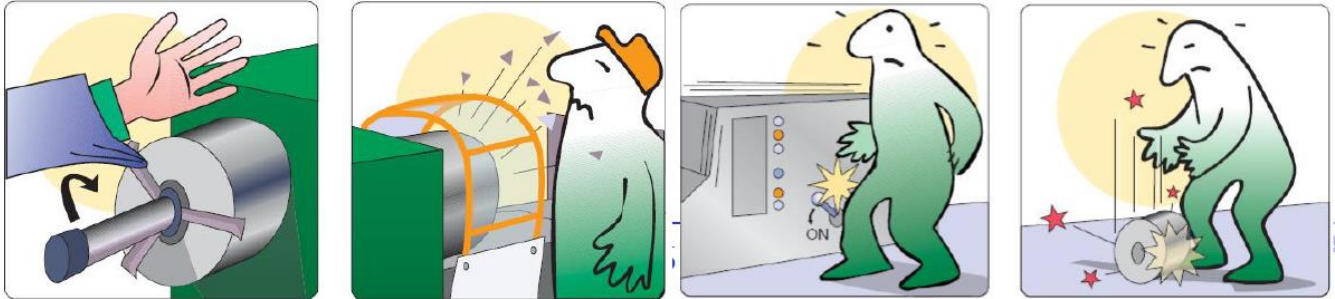


Figura 26 I principali pericoli del tornio

2.9 Saldatura

La saldatura è un processo che permette di unire in modo permanente due o più pezzi di materiale tramite la fusione localizzata degli stessi o con l'aggiunta di un materiale d'apporto. L'unione chimico-fisica che si crea rende i giunti continui e resistenti.

Il processo (Figura 27) si basa sull'applicazione di calore e, in alcuni casi, di pressione, per portare i materiali a temperature sufficientemente elevate da consentirne la fusione e la successiva solidificazione in un unico blocco. Spesso viene utilizzato un gas di protezione per evitare l'ossidazione del metallo fuso.

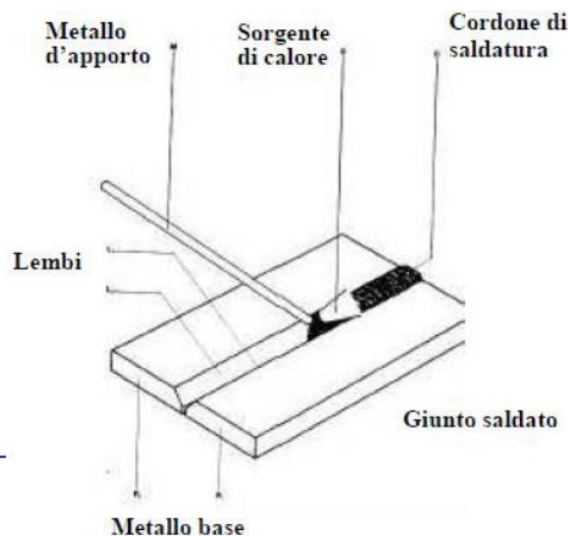


Figura 27 Schema del processo di saldatura

Esistono diverse tecniche di saldatura, classificate principalmente in base alla fonte di energia utilizzata. Tra le numerose tecniche di saldatura impiegabili, ricordiamo quelle di seguito riportate.

2.9.1 Saldatura ad arco elettrico

In questa tecnica di saldatura si utilizza un arco elettrico per riscaldare le superfici fino alla temperatura di fusione. L'arco si genera tra un elettrodo che può eventualmente anche fornire il materiale di apporto e il metallo base.

Per saldare, l'operatore tiene in mano una pinza porta elettrodo, che, posto in contatto con il materiale da saldare, innesca l'arco elettrico. Ne risulta una corrente molto elevata che surriscalda sia

l'elettrodo, che il metallo base. A seconda del tipo di elettrodo e dell'eventuale impiego di un gas "protettivo", vi sono tre varianti principali.

2.9.1.1 Saldatura con elettrodo rivestito

L'elettrodo è rivestito da un materiale che, fondendosi, va a depositarsi sul cordone di saldatura, proteggendolo dall'ossidazione. Tale deposito (*scoria*), una volta solidificato va rimosso meccanicamente tramite un martello appositamente conformato e una spazzola metallica

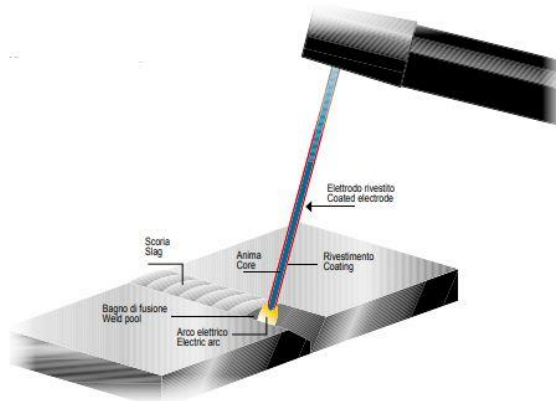


Figura 28 Saldatura con elettrodo rivestito

I principali pericoli connessi con questo tipo di attività sono:

- elettrocuzione;
- ustioni per il calore emesso dall'arco;
- ustioni per contatto con le parti da saldare;
- inalazione dei fumi prodotti;

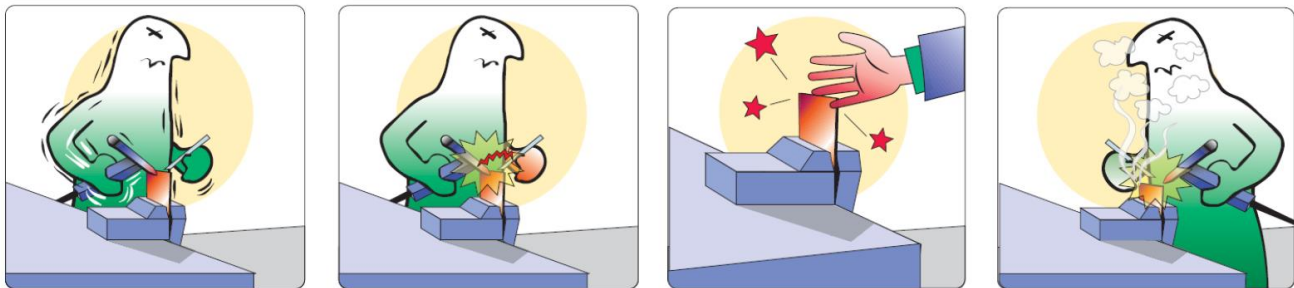


Figura 29 I pericoli della saldatura con elettrodo rivestito

2.9.1.2 Saldatura a filo

Nella saldatura a filo l'elettrodo dal quale si genera l'arco fuoriesce in maniera continua da una pinza particolare (*torcia*) unitamente ad un flusso di gas inerte (argon) che previene l'ossidazione del cordone di saldature.

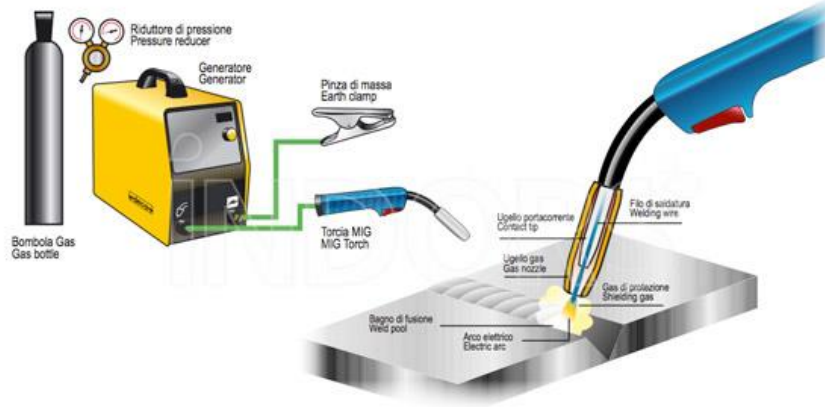


Figura 30 Saldatura a filo

2.9.1.3 Saldatura TIG

La saldatura TIG (*Tungsten Inert Gas*) è un processo ad arco elettrico che usa un elettrodo infusibile di tungsteno e un gas inerte (solitamente argon) per proteggere il bagno di fusione, creando saldature di altissima qualità, precise e pulite, adatte a quasi tutti i metalli, inclusi acciai inossidabili e alluminio. Richiede grande abilità manuale, in quanto il metallo d'apporto (se necessario) viene aggiunto manualmente, ma garantisce cordoni estetici e resistenti, sebbene sia un processo più lento.



Figura 31 Saldatura TIG

2.9.2 Saldatura a gas

Nella saldatura a gas, il calore necessario all'operazione viene ottenuto per mezzo di un gas combustibile (*acetilene*) che viene miscelato con l'ossigeno all'interno di un cannello, dando luogo ad una fiamma molto calda (circa 3000°C) in grado di sciogliere i metalli da saldare. La tecnica prevede almeno due varianti, a seconda del materiale da saldare (acciaio o rame).

La **saldatura ossiacetilenica**, o saldatura autogena, è un processo che unisce due parti metalliche in acciaio riscaldandole localmente fino alla fusione, con o senza l'aggiunta di un materiale d'apporto.

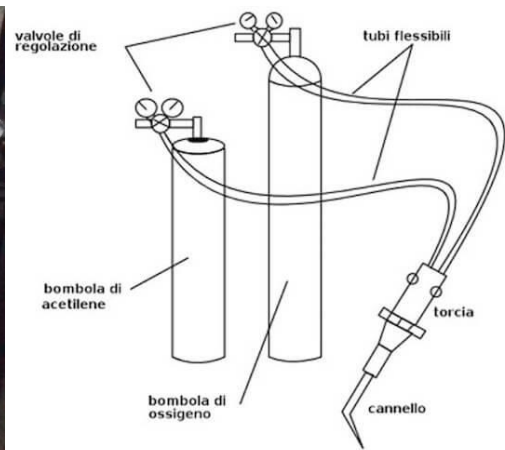
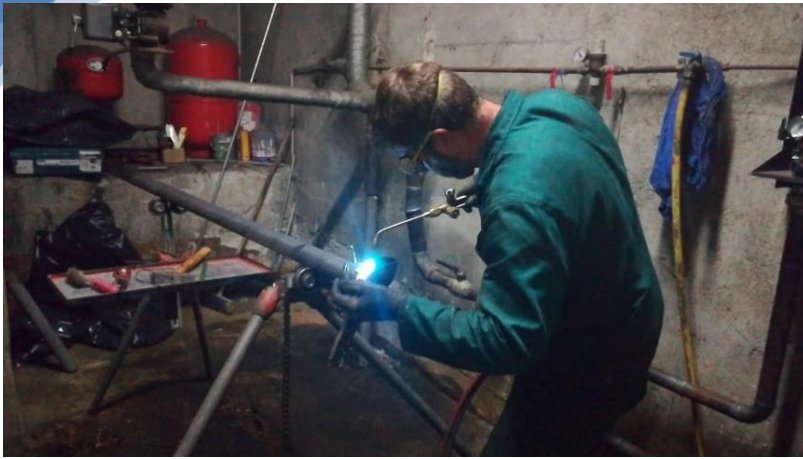


Figura 32 Saldatura ossiacetilenica

La **saldobrasatura** invece (Figura 33), è una tecnica di giunzione metallica che unisce materiali (anche diversi) riscaldandoli per mezzo di un cannello ossiacetilenico a una temperatura inferiore al loro punto di fusione, aggiungendo una lega d'apporto (spesso ottone o argento) che, fondendosi, si diffonde tra i pezzi, creando un giunto resistente, con modeste deformazioni termiche, ideale per acciai, rame, ghisa e leghe.

I pericoli specificatamente correlati con la saldatura a gas sono i seguenti:

- proiezione di materiali incandescenti;
- ustioni per ritorno di fiamma al cannello dovuto a ostruzione e/o contatto con le parti fuse;
- incendio; scoppio delle bombole (pressione massima per l'acetilene 15 kg/m^2);
- inalazione dei fumi prodotti;
- formazione di cataratta dovuto alle radiazioni infrarosse.



Figura 33 Saldobrasatura

2.9.3 Il pericolo di inalazione dei gas di saldatura

Il processo di fusione dà luogo all'evaporazione dei metalli e delle sostanze estranee eventualmente presenti sulle superfici (oli, vernici, collanti, materiale di rivestimento dell'elettrodo, ecc.) che subito dopo condensano e sono alla base dello sviluppo di fumi che per loro natura risultano nocivi all'inalazione e devono essere perciò allontanati dagli operatori.

Il processo in precedenza richiamato comporta dei fattori di rischio sia per quanto riguarda la sicurezza nei luoghi di lavoro, che di inquinamento ambientale. Tra di essi ricordiamo:

- **gas generati dall'arco elettrico** quali gli ossidi di azoto, gli ossidi di carbonio, l'ozono, i prodotti di pirolisi quali fosgene, aldeidi, fenoli, idrocarburi insaturi, acidi carbonilici, isocromati, acido cianidrico ecc.
- **fumi e materiali corpuscolari** generati dalla fusione dei metalli in seguito all'evaporazione e alla successiva condensazione dei materiali dando luogo a particelle con diametro dell'ordine del micron (0.001 mm) e quindi con elevata capacità di penetrazione nell'apparato respiratorio. La

quantità di fumi sviluppati e la loro composizione dipende dal processo di saldatura adottato e da altri fattori quali il diametro dell'elettrodo e la presenza di eventuali rivestimenti, la portata e composizione del gas protettivo, la presenza di sostanze di varia natura sulle lamiere. Suscita un particolare interesse la saldatura degli acciai inossidabili a causa della presenza di elementi quali nichel, cromo, molibdeno, manganese che producono composti ossidati pericolosi per la salute.

- **prodotti di decomposizione dei materiali** che ricoprono o imbrattano le lamiere.

In presenza di tali lavorazioni si rende dunque necessario prevedere degli impianti di aspirazione finalizzati all'allontanamento degli inquinanti dalla zona di lavoro e alla loro immissione in atmosfera nel rispetto dei limiti di legge.

In linea di principio le tecniche che si adottano rispondono a due criteri fondamentali e tra loro complementari: ventilazione locale per aspirazione localizzata e ventilazione generale per diluizione.

La ventilazione localizzata consiste nel catturare gli inquinanti il più vicino possibile alla sorgente di emissione prima che essi attraversino la zona di respirazione dei lavoratori o che si disperdano nell'ambiente di lavoro. Questi impianti richiedono portate molto minori rispetto alla ventilazione generale e quindi costi di funzionamento e riscaldamento meno elevati, a fronte però di un maggior investimento iniziale.

Tale tipo di ventilazione (captazione alla sorgente) deve essere ritenuta prioritaria soprattutto in presenza di emissione di sostanze pericolose, e il dimensionamento deve essere effettuato considerando un'adeguata velocità di cattura, che, in assenza di operazioni diverse da quella in specie quali la molatura, può ragionevolmente fissarsi a 0,5 m/s. Eventuali maggiorazioni possono essere conseguenti a particolari condizioni di lavoro (luoghi confinati) o a determinati parametri igienico sanitari.

Alcuni esempi di aspirazione localizzata sono presentati nelle figure di seguito riportate.



Figura 34 Cabina di saldatura



Figura 35 Cappa mobile

La ventilazione generale introduce nel locale una quantità di aria nuova al fine di portare la concentrazione degli inquinanti a valori al di sotto di quelli limite di esposizione e come tale va utilizzata solo come complemento all'aspirazione localizzata. Può essere utilizzata come tecnica principale solo quando la ventilazione localizzata non è tecnicamente possibile.

Nel ricorso alla ventilazione generale, gli obiettivi che ci si pone nel dimensionamento dell'impianto che la realizza possono così delinearsi:

- assicurare un adeguata portata di aria di rinnovo;
- ottenere un lavaggio completo ed uniforme dei locali prevenendo la formazione di zone morte caratterizzate da ristagno d'aria
- evitare di perturbare l'azione degli organi di captazione tramite correnti d'aria antagoniste
- evitare di modificare velocità e la direzione di emissione delle sorgenti inquinanti
- creare di dar luogo a correnti d'aria in grado di procurare disagio ai lavoratori.

2.10 Verniciatura

La verniciatura nell'industria meccanica è un processo cruciale che ha lo scopo di prevenire la corrosione dei componenti metallici e di migliorarne l'estetica e la durata, attraverso cicli che includono

la *preparazione* della superficie (pulizia, sgrassaggio, sabbiatura), *applicazione di primer* e vernice (a liquido, a polvere, cataforesi) e *cottura/polimerizzazione*, garantendo resistenza meccanica, chimica e agli agenti atmosferici per macchinari e carpenterie.

I tipi di verniciatura comunemente adottati possono così distinguersi:

- Verniciatura a polvere.
- Verniciatura a spruzzo.
- Cataforesi (E-coating).

Il ciclo di lavorazione prevede in generale le seguenti fasi:

- Preparazione, tramite sgrassaggio, sabbiatura/granigliatura e pretrattamento chimico per pulizia e aderenza;
- Applicazione tramite stesura di primer (base anticorrosiva) e strati di finitura.
- Cottura/Polimerizzazione, consistente nell'essiccazione in atmosfera controllata per fissare il rivestimento.
- Controllo finale.

2.10.1 Verniciatura a polvere

La verniciatura a polvere (Figura 37) consiste nell'applicazione di una resina sintetica secca (*polvere* - Figura 36) che aderisce al pezzo da rivestire grazie ad una carica elettrostatica impressa dal particolare tipo di erogatore impiegato (*pistola a spruzzo elettrostatica*). L'oggetto viene caricato negativamente mentre la polvere riceve una carica positiva, che le consente di aderire in modo uniforme e omogeneo su tutta la superficie.



Figura 36 Polveri di verniciatura

Il processo si completa con la *polimerizzazione* in forno, dove i pezzi da trattare permangono per circa 30 minuti ad una temperatura compresa tra 140°C e 200°C. I vantaggi principali del processo possono così riassumersi:

- elevata resistenza a urti, graffi, raggi UV e corrosione;
- si evita l'impiego di solventi e quindi non vengono emessi composti organici volatili (VOC) dannosi per l'ambiente.
- l'efficienza risulta elevata: la polvere in eccesso può essere spesso recuperata e riutilizzata, riducendo gli sprechi.

A fronte di tutto ciò vi sono naturalmente dei limiti:

- i materiali oggetto di trattamento devono essere conduttori e devono resistere alle temperature di polimerizzazione, per cui di fatto il campo di applicazione è circoscritto ai metalli conduttori

(acciaio, alluminio, ghisa). Sebbene esistano tecnologie emergenti per materiali termosensibili come l'MDF, l'uso rimane prevalentemente metallurgico.

- l'applicazione comporta il ricorso a macchinari specifici, cabine di verniciatura e forni di grandi dimensioni, rendendo difficile l'applicazione per pezzi molto voluminosi.



Figura 37 Applicazione della polvere

2.10.2 Verniciatura a spruzzo

Nella verniciatura a spruzzo una vernice fluida (a base acqua o solvente) viene depositata sulla superficie da trattare per mezzo di un erogatore (*pistola*) che può essere eventualmente alimentato con aria compressa. Il ciclo si completa con la polimerizzazione che può avvenire a temperatura controllata oppure in atmosfera.



Figura 38 Verniciatura a spruzzo

A differenza della verniciatura a polvere, quella a liquido offre una maggiore versatilità, e può essere applicata su una varietà più ampia di materiali, quali metalli, plastiche, legno e carbonio.

2.10.3 Cataforesi

La *verniciatura in cataforesi* è un trattamento di rivestimento anticorrosivo a immersione, efficace su componenti metallici in ferro, acciaio, ghisa, alluminio e leghe leggere. Grazie a un processo elettrochimico, la vernice viene depositata uniformemente anche nelle zone più difficili da raggiungere, garantendo una protezione completa contro la corrosione, l'ossidazione e l'usura.

Questa tecnologia è ampiamente impiegata nei settori in cui la resistenza agli agenti atmosferici è fondamentale, come l'automotive. I vantaggi del trattamento in cataforesi possono così riassumersi:

- Protezione anticorrosiva anche in ambienti estremi
- Copertura totale anche di cavità, bordi e zone interne
- Spessore uniforme e controllato del film protettivo (15–30 μm)
- Ottima adesione per finiture successive (verniciatura a polvere o liquido)
- Processo ecologico, con vernici a base acqua e basso impatto ambientale

Il trattamento di verniciatura in cataforesi è realizzato attraverso diversi stadi. La fase preliminare prevede uno sgrassaggio a immersione, essenziale per assicurare una pulizia profonda dei manufatti, a cui segue la verniciatura cataforeica vera e propria.



Figura 39 Vasca di sgrassaggio per immersione

Il procedimento (Figura 40) consiste nell'immersione dei pezzi, collegati al polo negativo di un generatore elettrico, in una vasca ove sono immersi anche alcuni elettrodi collegati al polo positivo. Il campo elettrico ed i fenomeni elettrochimici che si sviluppano determinano la deposizione sul pezzo e la solidificazione della vernice, che viene poi polimerizzata in forno.

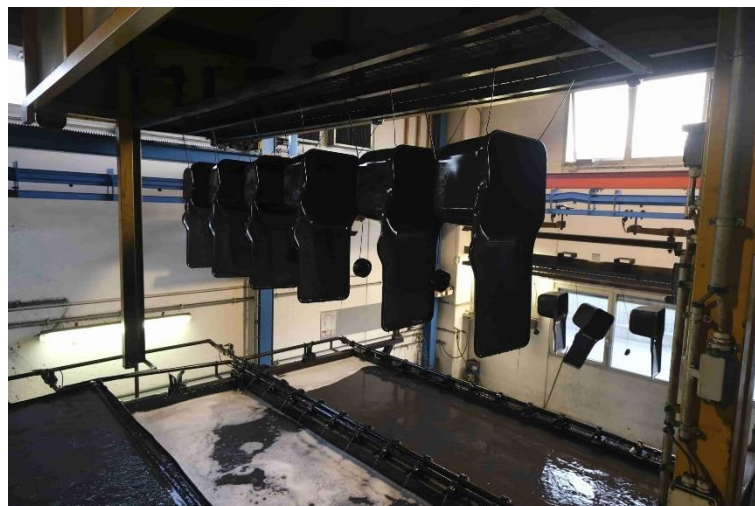


Figura 40 Vasca di cataforesi

2.10.4 Cabine di verniciatura

Ad eccezione della verniciatura per cataforesi, l'applicazione della vernice comporta la diffusione nell'ambiente di polveri o nebbie di vernice, che naturalmente non devono in alcun modo venire in contatto con gli addetti né disperdersi nell'ambiente circostante, interessando anche le maestranze non direttamente impiegate nella verniciatura.

Per prevenire tale circostanza, la verniciatura viene eseguita in ambienti confinati e mantenuti in depressione rispetto a quelli circostanti per mezzo del prelievo di un'adeguata portata d'aria che viene espulsa all'esterno dei fabbricati dopo aver subito un processo di abbattimento delle emissioni che la caratterizzano. Tali ambienti, detti *cabine di verniciatura*, possono essere *aperti* o *chiusi*.

Nelle *cabine aperte*, il confinamento non è totale e, su almeno uno dei lati, esso viene a mancare. In questo tipo di cabine, il pezzo da verniciare viene interposto tra l'operatore e la parete di fondo, dalla quale viene prelevata l'aria. All'interno della cabina si instaura così un flusso d'aria "controllato" che interessa l'operatore da tergo e solo successivamente la zona di applicazione, dalla quale viene rimosso il particolato (goccioline e polvere) che viene trasportato verso la superficie di cattura, da dove sarà definitivamente allontanato dall'ambiente.



Figura 41 Cabina di verniciatura aperta

Nella *cabina di verniciatura chiusa* (Figura 42), il confinamento è totale e il flusso d'aria è diretto dall'alto verso il basso.

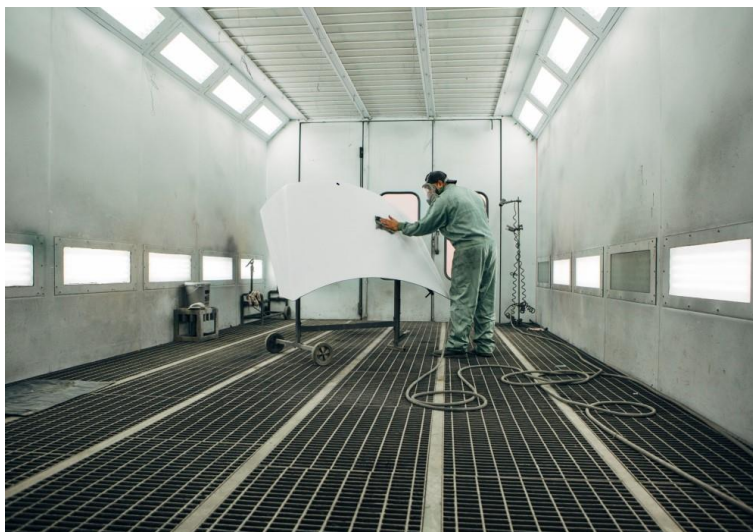


Figura 42 Cabina di verniciatura chiusa

È evidente che quest'ultima soluzione garantisce delle prestazioni superiori alla precedente, sia in termini di contenimento che in termini funzionali, essendo in questo caso possibile realizzare la polimerizzazione a temperatura controllata. Per contro i costi di impianto sono decisamente più elevati.

I pericoli specificatamente connessi con le operazioni di verniciatura sono naturalmente molteplici. Tra questi ricordiamo:

- intossicazione per inalazione di aerosol di vapori dovuti a prodotti vernicianti e solventi utilizzati o di gas nocivi dovuti al sistema di riscaldamento;
- incendio per la presenza di prodotti vernicianti combustibili e/o infiammabili;
- esplosione per la miscela di aria e vapori di prodotti infiammabili;
- elettrocuzione per contatto con componenti elettrici o in tensione;
- urti meccanici durante la movimentazione dei pezzi da verniciare con l'uso di apparecchi di sollevamento e trasporto.

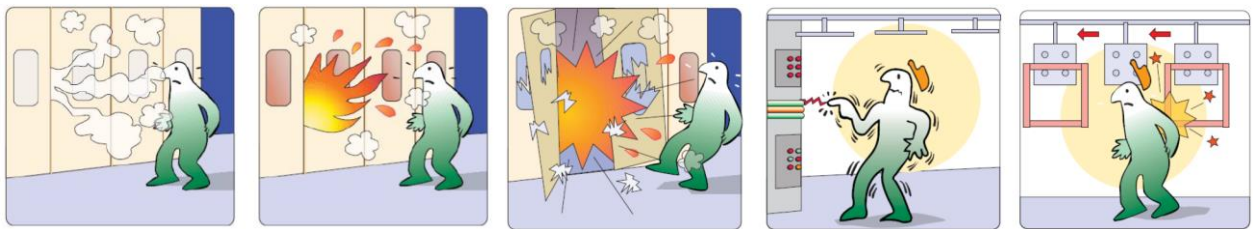


Figura 43 Pericoli connessi con la verniciatura a spruzzo

2.11 Movimentazione dei carichi

La movimentazione dei carichi all'interno delle officine meccaniche è quasi sempre di tipo meccanico in relazione alle ingenti masse e dimensioni che li caratterizzano.

Gli apparecchi di sollevamento usati sono di vario tipo, e sono scelti in base alle necessità di lavorazione, allo spazio disponibile, ecc. Al di sopra dei 200 kg di portata, devono essere denunciati all'ASL e devono essere sottoposti a collaudo prima dell'installazione. Sono corredati da un libretto matricolare e devono essere sottoposti a verifica periodica da parte degli Enti preposti.

2.11.1 Carrelli elevatori

Il carrello elevatore (comunemente chiamato "muletto") è un mezzo operativo progettato per la movimentazione, il sollevamento e lo stoccaggio di merci, solitamente posizionate su pallet.

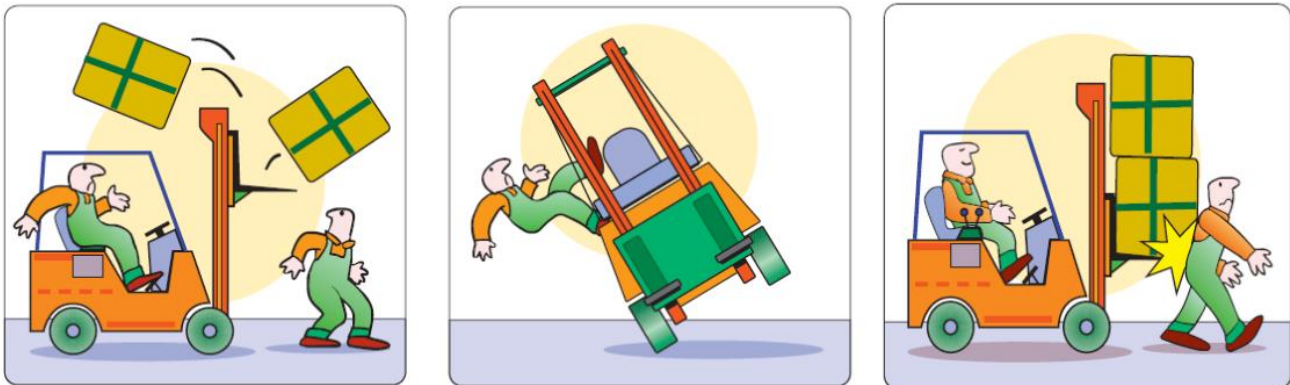
Il sollevamento avviene per mezzo di una forca che scorre su un montante (fisso o telescopico) mentre per la traslazione ci si affida ad un carrello solitamente a quattro ruote, dotato di motore a combustione interna (in genere di tipo Diesel) o elettrico, a seconda del contesto in cui ci si trova ad operare.



Figura 44 Muletto

I rischi specifici della macchina sono molteplici. Tra questi ricordiamo:

- perdita di stabilità del carico;
- schiacciamento dovuto al ribaltamento del carrello per manovre scorrette;
- urto o investimento di persone da parte del carrello in movimento



2.11.2 Carroponte

Concettualmente un carroponte è costituito da un paranco o da un argano mobile su una struttura metallica a sua volta scorrevole su vie di corsa sopraelevate. Con i carroponti è possibile effettuare manovre di sollevamento e traslazione di carichi in uno spazio la cui proiezione orizzontale ha forma rettangolare.

Il carroponte è essenzialmente composto da un carrello dotato di paranco in grado di *traslare* su una o due travi orizzontali (*ponte*) le quali poggiano a loro volta su carrelli laterali (*testate*), in grado di scorrere su dei binari sopraelevati detti *vie di corsa*.

Combinando opportunamente il moto di scorrimento con quello di traslazione è dunque possibile coprire un'area rettangolare approssimativamente compresa entro la proiezione in pianta delle vie di corsa.

Entro tale area è quindi possibile il sollevamento dei carichi tra la quota del pavimento e quella massima, approssimativamente corrispondente alla quota del paranco.

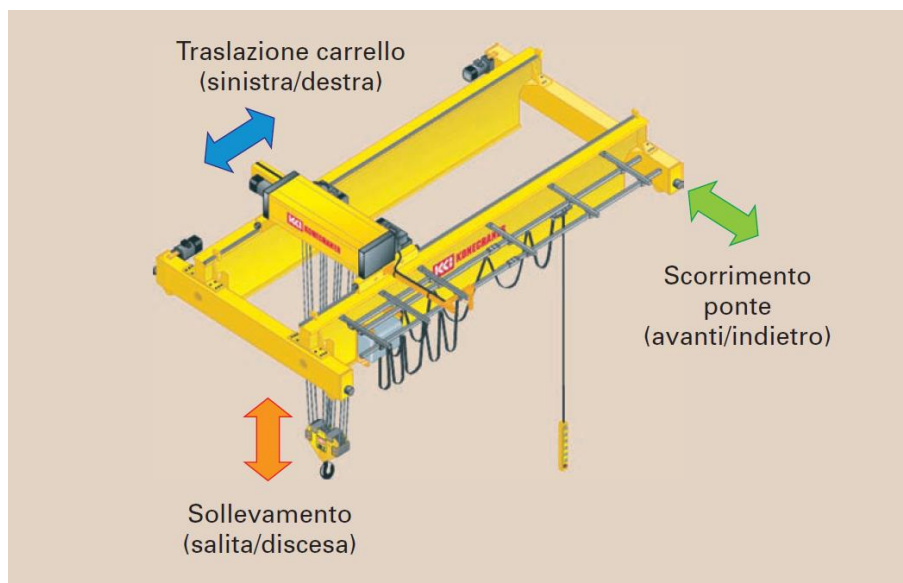


Figura 45 carroponte

Il carroponte è ovviamente dotato di numerosi dispositivi di sicurezza; tra questi ricordiamo:

- dispositivi di frenatura atti ad assicurare il pronto arresto e la posizione di fermo del carico e del mezzo, nonché a controllare la gradualità dell'arresto
- fine-corsa elettrici

- freni automatici, azionati da servofreni elettroidraulici od elettromagnetici, agenti per mancanza di corrente e atti a provocare l'arresto sia del mezzo che del carico
- Respingenti ad azione ammortizzante

Tra i principali rischi connessi con il suo funzionamento vi sono:

- **Perdita di stabilità del carico** (caduta del carico), dovuta ad una scelta errata dell'accessorio di sollevamento, oppure ad un'imbracatura di portata insufficiente o ancora una presa errata (errate modalità di imbracatura) nonché a movimenti troppo bruschi (dipende dal tipo di motorizzazioni).
- **Cedimento strutturale** per mancata o insufficiente manutenzione, difetti di costruzione, errori di manovra (urti, sollevamento di elementi fissati a terra
- **Oscillazione del carico** per manovre brusche (per il tipo di mezzo e il tipo di carico), errori di bilanciamento, tiro non equilibrato delle funi (causa rotazioni del carico).
- **Interferenza con terze persone**, a causa di manovra con visibilità scarsa o assente, mancata segnalazione del movimento (cicalino), o infine errori di coordinamento reciproco;

3. Il cantiere navale

Nel paragrafo che segue si farà riferimento al cantiere navale di Monfalcone, dove si costruiscono navi da crociera. Il sito produttivo è di evidente interesse non solo per la peculiarità dei prodotti che vengono realizzati, ma anche per l'assoluta rilevanza industriale ed economica che lo caratterizza, rendendolo di sicuro una delle più interessanti attività produttive in regione.

3.1 Descrizione del ciclo produttivo

Nello stabilimento FINCANTIERI S.p.A. di Monfalcone vengono costruite navi da crociera di grandi dimensioni, adottando la tecnica di costruzione in bacino, una sorta di grande vasca separata dal mare per mezzo di una paratoia mobile.



Figura 46 Stabilimento Fincantieri Monfalcone

In estrema sintesi il processo produttivo prevede che i materiali necessari alla realizzazione dello scafo e di tutte le strutture di bordo vengano preventivamente assiemati per formare degli insiemi elementari (*blocchi*) che, con riferimento alle celebri costruzioni *LEGO*, potrebbero rappresentarne i mattoncini. È interessante notare che, per ragioni tecnologiche, i blocchi vengono costruiti al rovescio, ossia sono disposti sotto-sopra rispetto la posizione che occuperanno sulla nave.

I blocchi vengono quindi impiegati per formare degli insiemi di dimensioni più grandi, detti *sezioni*, il cui peso e dimensioni sono limitati dalla potenzialità delle pur enormi gru di cui il cantiere è dotato (Figura 47).

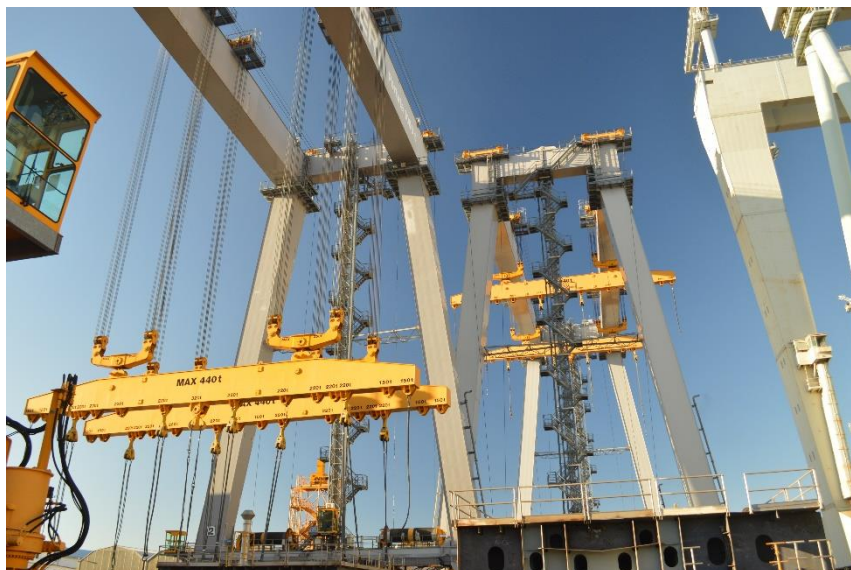


Figura 47 Gru a portale

A tal fine i blocchi vengono trasportati in un'area attigua al *bacino* dove, dopo essere stati ribaltati, sono sollevati e disposti sulla sezione destinata ad accoglierli, alla quale vengono quindi saldati. Quando la sezione risulta ultimata, se ne procede all'imbarco, sollevandola per mezzo di due gigantesche gru a portale che provvedono a posizionarla nel punto di destinazione, a bordo della nave in costruzione all'interno del bacino (Figura 48).



Figura 48 Imbarco della sezione di prua

Si noti che la costruzione all'interno del bacino non procede da un'estremità all'altra della nave ma, al contrario, essa inizia dal centro per procedere contemporaneamente verso le due estremità, conseguendo in questo modo una velocizzazione delle operazioni.

Nel bacino la nave non viene realizzata per intero ma limitatamente allo scafo e a tutte le strutture portanti, fino a raggiungere una sagoma esternamente ben definita ma che internamente risulta in parte priva di tutti quegli accessori che ne daranno l'aspetto caratteristico.

A questo punto la nave subisce il *varo tecnico*, che avviene per allagamento del bacino e apertura della paratia mobile che ne consente il primo galleggiamento e il riposizionamento in banchina. Qui la nave permane per circa un anno, subendo le operazioni di *allestimento* che daranno ai suoi apparati e agli ambienti interni l'aspetto definitivo.



Figura 49 Varo tecnico: allagamento del bacino

Al fine di saturarne la capacità produttiva, nel cantiere non si costruisce mai una nave alla volta ma, al contrario, se ne fanno sempre almeno tre, i cui stati di avanzamento sono opportunamente sfasati. Quando per una nave si stanno preparando i materiali per la realizzazione dei blocchi, quella che precede occupa il bacino mentre quella ancora prima è in fase di allestimento in banchina.

L'organizzazione produttiva prevede che le attività necessarie alla costruzione di navi siano sviluppate nell'ambito di quattro macroaree definite *centri produttivi* a loro volta suddivise in *officine*, dedicate alla realizzazione di specifiche fasi del processo produttivo. Le macroaree sono le seguenti:

- centro manufatti scafo;
- centro bordo;
- bacino di costruzione;
- banchine di allestimento.

Di seguito si dà descrizione del ciclo produttivo seguendo il flusso dei materiali in lavorazione, dai depositi delle materie prime in ingresso fino alla zona dove la nave viene ultimata.

3.1.1 Centro manufatti scafo

Le attività svolte nel centro *manufatti scafo* (centro MAS) sono organizzate su due officine, quella *navale* (NAV) e quella di *prefabbricazione* (PRF).

3.1.1.1 Officina navale

Nell'*officina navale* avvengono le trasformazioni delle materie prime in ingresso (lamiere, travi e profili) destinati alla realizzazione dello scafo. Le lamiere e i profilati, prelevati dal parco entro il quale vengono inizialmente stoccati (Figura 50), sono avviati alle operazioni di taglio o foratura in base agli schemi taglio definiti in sede di progetto.



Figura 50 Parco profilati

Ciò avviene tramite delle macchine di taglio e sistemi di movimentazione a rullo automatizzati ed integrati (plasma ed ossiacetilenico) e sagomatura (pressatura e calandratura a freddo).



Figura 51 Taglio ossiacetilenico

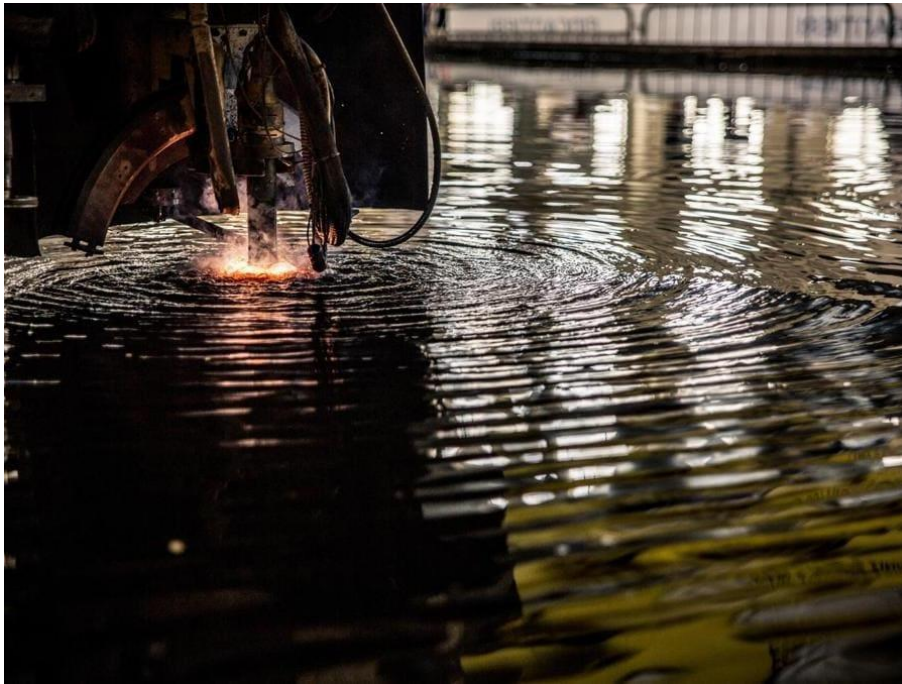


Figura 52 Dispositivo per il taglio al plasma

Al di sotto di tettoie poste sull'ex parco lamiera sono scaricati e stoccati i sottoassiemi destinati poi all'*officina prefabbricazione*. Al bisogno vengono utilizzati:

- un forno di asciugatura, per eliminare l'umidità dalle superfici metalliche dei materiali prelevati dalle aree esterne e macchine taglia-profili, per il taglio dei profili, allo scopo di prepararle alle successive fasi di sagomatura / montaggio / saldatura.
- macchine di vario tipo quali calandre, presse, presso-piegatrici, ecc, per la sagomatura di lamiera e profili.

In questa officina si effettuano anche attività di falegnameria che riguardano principalmente la realizzazione di dime in legno chiamate "*seste*", che si utilizzano per verificare la correttezza della sagomatura dei manufatti metallici realizzati per mezzo dei macchinari in precedenza richiamati.



Figura 53 "Seste"

3.1.1.2

Officina prefabbricazione

Le lamiera ed i profili tagliati e sagomati nell'officina navale passano quindi alla seconda officina del ciclo di produzione scafo chiamata *officina di prefabbricazione* dove questi materiali vengono montati e saldati a formare pannelli e sottoassiemi (questi ultimi approvvigionati anche già pronti da

fornitori esterni) a loro volta assemblati insieme con travi, puntelli, squadre ed altri elementi di scafo fino a formare strutture saldate definite “*blocchi*”, sostanzialmente mediante due fasi di lavoro:

- *realizzazione di “pannelli”* tramite l’unione di semilavorati ed il montaggio sugli stessi di profili e travi metalliche, destinati all’irrigidimento delle strutture; tale fase viene svolta attraverso sistemi di tracciatura e saldatura automatica e/o manuale (macchine ad elevato grado di automazione);
- *assemblaggio dei suddetti pannelli* con semilavorati (es. sottoassiemi, ecc.) e pareti verticali, sui quali vengono montate ulteriori strutture di rinforzo ed irrigidimento (es. travi, puntelli, ecc.) a formare i cosiddetti “*Blocchi*” tramite attività di saldatura manuale con saldatrici ad arco manuali e semiautomatiche e taglio manuale con cannello ossiacetilenico.

In uscita dall’Officina Prefabbricazione i blocchi sono trasportati e stoccati in piazzali di stoccaggio/finitura blocchi.



Figura 54 Officina di prefabbricazione

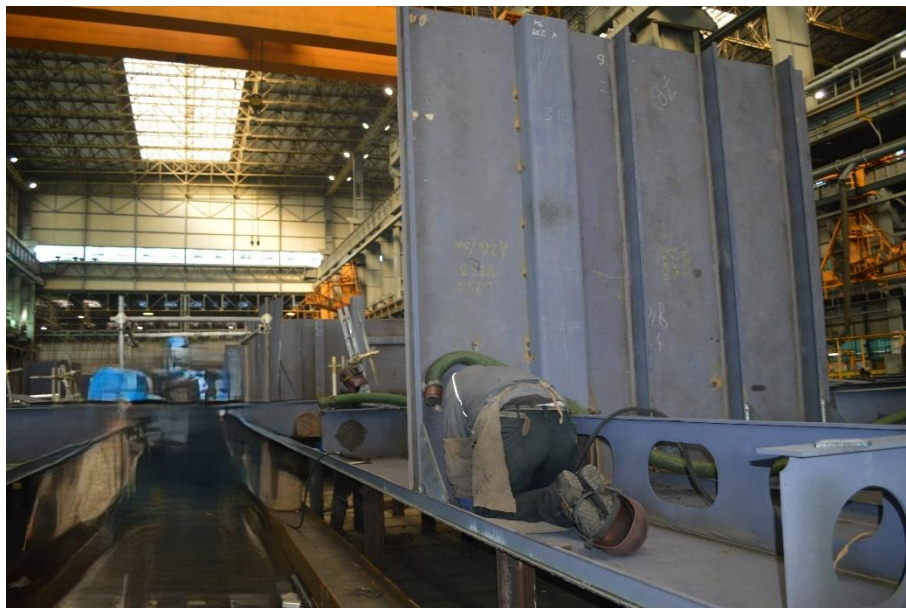


Figura 55 Costruzione di un blocco

3.1.2 Centro bordo

3.1.2.1 *Officina premontaggio scafo*

L'*officina premontaggio scafo*, che opera all'aperto in aree attigue al bacino, riceve i *blocchi* finiti dall'*officina prefabbricazione* e li assiema al fine di costruire le *sezioni*, che costituiscono le unità di sollevamento o *unità d'imbarco*.



Figura 56 Sezione in fase di costruzione



Figura 57 Sezione ultimata

Tale attività viene fatta seguendo le operazioni di carpenteria e saldatura completa all'interno dell'area servita dalle gru a portale di bacino che garantiscono la massima portata di sollevamento all'interno del cantiere, in modo da poter massimizzare il lavoro attuabile a terra, con i conseguenti risparmi di tempo che questo consente.

3.1.2.2 *Officina preallestimento*

L'*officina preallestimento* è responsabile del *preallestimento* sulla base dei cicli produttivi precedentemente definiti.

In tale fase, all'interno di aree coperte, i blocchi vengono dotati dell'impiantistica necessaria (tubazioni, isolamenti, vie di posa dei cavi elettrici, apparecchiature elettriche, etc.) e allestiti con le

strutture accessorie (scale, passerelle, etc.). Queste possono essere fornite dall'esterno o realizzate da reparti dedicati tramite operazioni di taglio, sagomatura, saldatura, molatura e finitura superficiale per tubi e strutture metalliche, e tramite operazioni di taglio e sagomatura.



Figura 58 Preallestimento

3.1.3 Bacino di costruzione

In bacino si realizza l'assieme delle sezioni fino alla realizzazione della nave "al grezzo", ossia ben definita nella sua forma ma ancora priva di tutte quelle finiture interne di cui verrà dotata solo nella fase finale di allestimento.

A tal fine le Sezioni, una volta ultimate le fasi in precedenza descritte, sono trasportate all'interno del *bacino di costruzione* seguendo delle sequenze ben precise e pianificate.

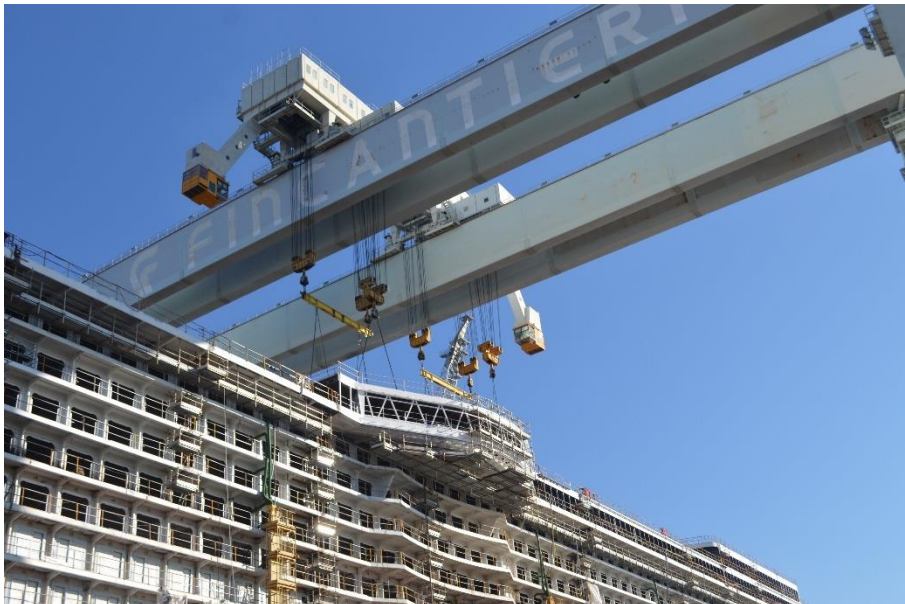


Figura 59 Imbarco di una sezione

Qui l'*officina montaggio scafo* provvede ad unire fra loro tali manufatti mediante attività di carpenteria e saldatura, fino a formare lo scafo nella sua conformazione finale.



Figura 60 Saldatura di una sezione appena imbarcata

Nel bacino proseguono inoltre anche le operazioni di *preallestimento* iniziate nella fase precedente, su tubi, apparecchiature di vario genere, coibentazioni, ecc.. Inoltre si cominciano ad introdurre sulla nave quelle apparecchiature (quali ad esempio i motori) che non potrebbero più essere imbarcati nella fase successiva di allestimento.



Figura 61 Preallestimento

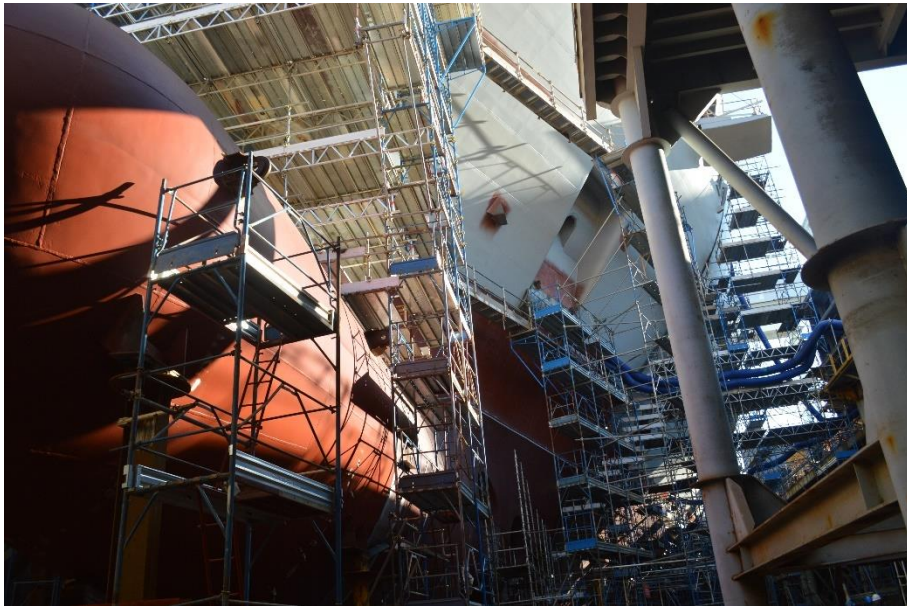


Figura 62 Bacino



Figura 63 Bacino: taccate

Al termine dell'attività in bacino, la costruzione, con lo scafo reso galleggiante, viene spostata, attraverso le operazioni di “varo”, nella banchina di allestimento, per le successive e conclusive fasi di allestimento-arredamento, prove e collaudi.



Figura 64 Cerimonia di varo



Figura 65 Varo tecnico: allagamento del bacino

3.1.4 Banchine di allestimento

Nelle *banchine di allestimento* si svolgono le operazioni di *completamento degli impianti*, di *avviamento* e di *consegna*. In tale fase si completano anche gli arredi, le dotazioni alberghiere e più in generale tutte le dotazioni di bordo.



Figura 66 Banchina di allestimento

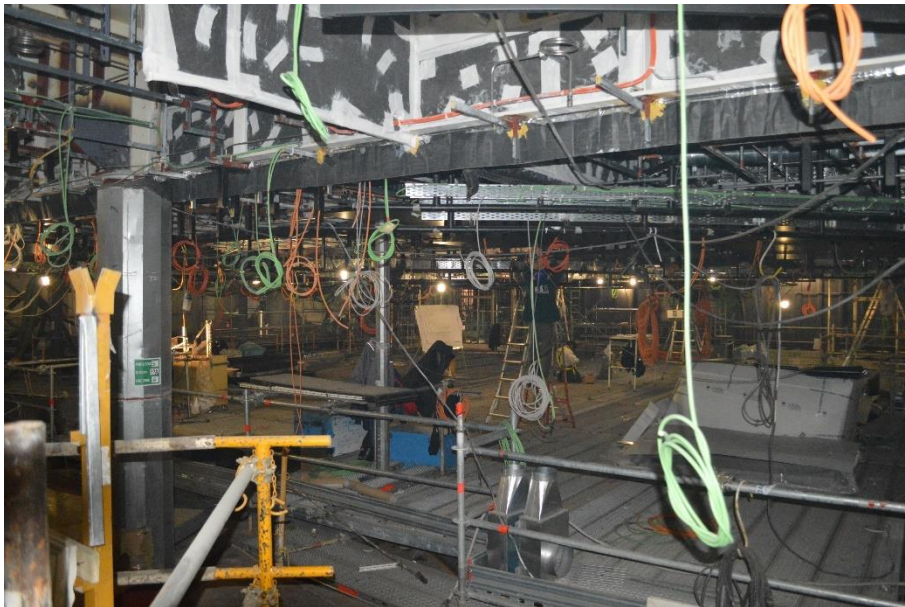


Figura 67 Operazioni di allestimento

In questa fase proseguono anche attività di sabbiatura, normalmente solo delle “casse”¹ della costruzione navale, affidate a ditte in appalto.

Ad un certo grado di avanzamento dei lavori in banchina, la nave viene portata in bacino (non a Monfalcone ma in genere a Trieste), per l’ultimazione delle fasi di pitturazione dello scafo (*carenaggio*).

Solitamente prima e dopo la fase di carenaggio sopra descritta, vengono svolte le cosiddette “prove a mare” che consistono in prove e collaudi di tutti i sistemi ed impianti della nave che, da normativa, devono tenersi in condizioni di effettiva navigazione.

Al rientro dalle prove in mare la nave viene nuovamente ormeggiata in banchina ove vengono ultimate le attività di arredamento, prove e collaudi finali, l’addestramento dell’equipaggio, ecc. fino alla consegna della nave alla Società Armatrice.

¹ Si tratta di vani ricavati al di sotto della linea di galleggiamento, destinati a contenere liquidi di varia natura, dal combustibile, all’acqua potabile ai reflui, ecc..

3.1.5 Attività ausiliarie alla produzione

Oltre alle attività direttamente finalizzate alla costruzione della nave in precedenza descritte, ve ne sono diverse altre che risultano di assistenza e supporto trasversale a quelle prettamente produttive. Tra queste ricordiamo:

- **Camera calda:** struttura attrezzata gestita dall'ente Metodi, dove viene effettuato l'addestramento dei futuri addetti alle operazioni di saldatura, nonché l'aggiornamento dei saldatori già operativi, in funzione dell'evoluzione delle tecniche di saldatura.
- **Controlli non distruttivi:** attività effettuate prevalentemente da ditte esterne coordinate dall'ente Qualità, finalizzate alla verifica della qualità delle saldature effettuate attraverso controlli radiografici, magnetoscopici e/o con liquidi penetranti in tutte le fasi del ciclo produttivo.
- **Manutenzione:** riguarda la conduzione e la manutenzione degli impianti di stabilimento (es. centrale pneumatica, impianti antincendio, cabine di allaccio e distribuzione del metano, cabine di allaccio e trasformazione distribuzione dell'energia elettrica, ecc.). Tali attività sono finalizzate a garantire il funzionamento in sicurezza ed efficienza di tutte le infrastrutture dello stabilimento (immobili inclusi) e delle macchine, impianti, attrezzature, ed al contempo a garantire che il loro utilizzo avvenga nel rispetto delle norme di legge.
- **Magazzini:** aree coperte ed esterne dello Stabilimento dove si stoccano materiali, prodotti e/o attrezzature.
- **Uffici, mensa, spogliatoi, servizi igienici:** gli edifici / strutture prefabbricate dello Stabilimento in cui si svolgono attività di ufficio, mensa, aree di pausa, spogliatoio, servizi igienici, ecc..
- **Raggruppamento e deposito temporaneo dei rifiuti prima della raccolta:** luoghi in cui si trasferiscono i residui di lavorazione ed in cui si effettua il raggruppamento ed il loro successivo deposito in caso fossero considerati rifiuti.

3.2 Tipi di lavorazioni

Le attività di costruzione o ristrutturazione di un cantiere navale sono in parte assimilabili a quelle di una carpenteria o officina meccanica.

Spesso però esse si svolgono in ambienti (*bordo nave, stive, bacini*) fortemente disagiati, chiusi o delimitati, e caratterizzati da uno scarso o quasi nullo ricambio d'aria (*ambiente confinato ristretto*).

Le lavorazioni che si realizzano per la realizzazione delle navi da crociera sono essenzialmente le seguenti:

- taglio delle tubazioni;
- taglio delle lamiere al plasma;
- saldatura delle lamiere tramite saldatura ad arco;
- molatura delle strutture saldate;
- montaggio di lamiere o pannelli metallici o tubazioni o impianti di servizi o ponti

Di conseguenza, le mansioni più diffuse tra le maestranze del cantiere sono le seguenti:

- **saldatore:** preparazione della postazione di lavoro, esecuzione di operazioni di saldatura a filo o elettrodo su lamiere in acciaio, movimentazione di attrezzature, esecuzione di controlli vari, pulizia della postazione di lavoro;
- **carpentiere:** predisposizione della postazione di lavoro, montaggio pannelli, puntatura tramite brevi tratti di saldatura di lamiere in acciaio, taglio o molatura, controlli vari e pulizia della postazione di lavoro;
- **addetto all'assistenza** e agli impianti provvisori (preparazione degli impianti, smontaggio, assistenza per eventuali anomalie);
- **manutentore:** addetto all'attività di manutenzione delle macchine e apparecchiature;
- **allestitore** (tubisti, carpentieri leggeri a supporto degli impianti navali, carpentieri tracciatori che allineano le lamiere);
- **imbracatore:** addetto alle operazioni di imbracatura dei carichi da movimentare
- **gruista:** operatore delle gru da cantiere

4. La produzione dell'acciaio

4.1 L'acciaio come materia prima

Con il termine acciaio si intende una lega composta principalmente da ferro e carbonio, quest'ultimo in percentuale non superiore al 2%, valore oltre il quale la lega assume il nome di ghisa.

L'importanza dell'acciaio è enorme, sia dal punto di vista economico che da quello tecnologico, tanto che non risulta azzardato affermare che senza la disponibilità di acciaio in quantità e a basso costo la rivoluzione industriale non sarebbe stata possibile.

All'acciaio oggi si perviene essenzialmente con due tipi di processi basati rispettivamente sul *ciclo integrale siderurgico* e *l'acciaieria* basata su forno elettrico ad arco che di seguito molto sinteticamente si richiamano.

4.2 Il ciclo integrale siderurgico

Nel ciclo integrale siderurgico le materie prime di partenza sono essenzialmente costituite dal minerale di ferro e dal carbonio. In prima approssimazione si può ritenere che il primo venga impiegato tal quale mentre il secondo deve subire un preliminare processo di distillazione, ottenuto in impianti imponenti denominati *cokerie*, per l'eliminazione delle sostanze volatili in esso contenute, al termine del quale si presenta sotto forma di *carbon coke* (o metallurgico).

Il minerale di ferro e il carbon coke vengono caricati a strati alterni alla sommità di un forno particolare, conformato a tino, detto *altoforno*, all'interno del quale avviene il processo di riduzione del minerale di ferro e la sua fusione. Una volta fuso, il metallo si raccoglie alla base del forno, detta *crogiolo*, ove forma un bagno incandescente su cui galleggia la *loppa*, costituita dalla roccia fusa che imprigionava il minerale. Periodicamente (circa ogni due ore) il bagno viene vuotato tramite l'operazione di *colata*, ottenuta letteralmente "stappando" un foro praticato nel crogiolo da cui fuoriesce dapprima la *ghisa* e successivamente la *loppa*.

La ghisa che fuoriesce dal foro di colata viene incanalata per mezzo di particolari canali refrattariati, denominati *canali di colata*, verso un punto di sversamento per il quale si perviene ad un particolare contenitore ospitato su un carro ferroviario denominato *carro siluro*, per mezzo del quale si provvede al suo trasporto entro le aree dello stabilimento adibite alla trasformazione della ghisa in acciaio (reparto acciaieria) o al colaggio in particolari stampi denominati *paniere* per la formazione di piccoli lingotti chiamati *pani* destinati alla vendita.

Nell'acciaieria la ghisa liquida viene sottoposta ad un processo di affinazione, finalizzato alla riduzione del contenuto di carbonio. Tale processo ha luogo nel *convertitore ad ossigeno*, costituito da un tino in acciaio le cui pareti sono rivestite da materiale refrattario nel quale viene sversata la ghisa liquida, sulla quale vengono quindi indirizzati dei potentissimi getti di ossigeno puro che reagisce con il carbonio contenuto nel bagno fuso, dando luogo alla formazione di CO₂. Il processo si protrae fintanto che il contenuto di carbonio progressivamente diminuisce, fino a raggiungere i livelli desiderati in funzione delle caratteristiche dell'acciaio che si vuole ottenere.

Il processo ha termine con la *colata (continua o in lingottiera)* tramite la quale si ottengono dei semilavorati destinati rispettivamente alle operazioni di laminazione e fusione.

4.3 L'acciaio da carica solida: le acciaierie Bertoli Safau (ABS)

Lo stabilimento produttivo occupa circa 1500 addetti, è ubicato nel comune di Pozzuolo del Friuli, in località Cargnacco, su un'area totale di 730.000 mq, dei quali 189.000 sono coperti. I ricavi riportati nel Bilancio di Sostenibilità e relativi al periodo 2022/23 erano di 1.442 milioni di euro, per un volume di produzione annuo di circa 1,5 milioni di tonnellate.



Figura 68 Acciaierie ABS Bartoli Safau a Cagnacco

L'ABS Acciaierie Bertoli Safau SpA produce acciai da carica solida per i più svariati impieghi, dall'industria automobilistica ai veicoli industriali all'industria meccanica. Si tratta di semilavorati, quali *lingotti*, *billette*, *blumi* e *vergelle*¹ destinati, a subire ulteriori e numerose variazioni di forma che li trasformeranno nei più disparati componenti meccanici delle macchine.

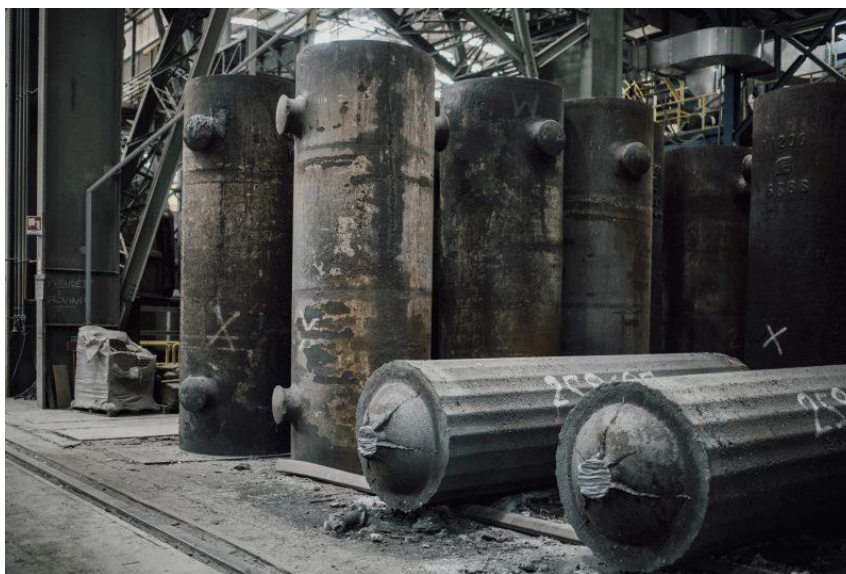


Figura 69. Lingotti

¹ Sia i blumi che le vergelle sono dei semilavorati "lunghi" derivanti da un processo di colata continua. La loro differenza sta nelle dimensioni trasversali: il *Blumo*: ha una sezione trasversale maggiore mentre la *Billetta* ha dimensioni inferiori. I blumi, data la loro sezione più grande, vengono tipicamente utilizzati come materia prima per la produzione di prodotti laminati di maggiori dimensioni, come profilati pesanti, travi, barre di grosso diametro, o per successive lavorazioni di forgiatura, mentre le billette vengono impiegate per la produzione di vergelle

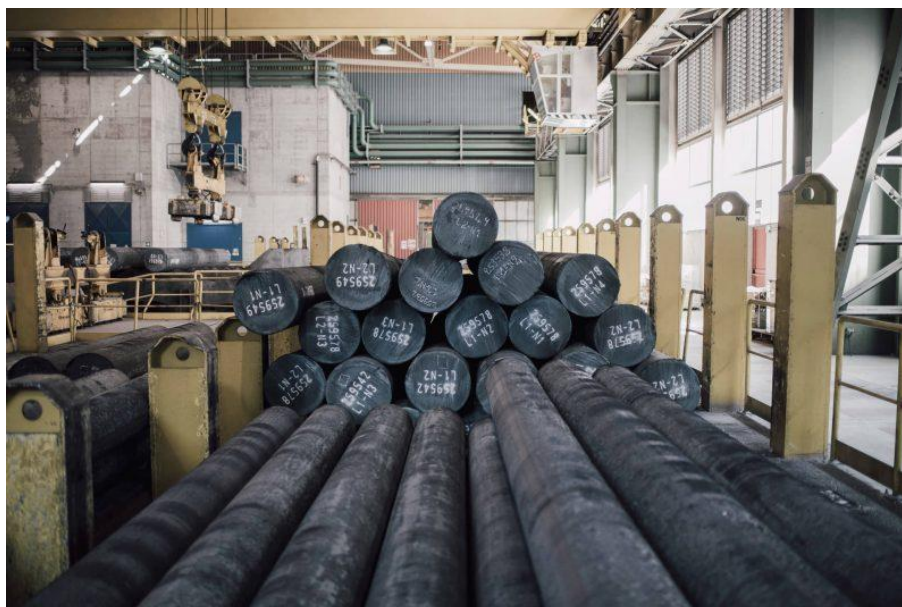


Figura 70 Blumi



Figura 71 Vergella

Il ciclo produttivo trae origine dal parco rottami, interamente coperto, dove il rottame di acciaio (Figura 72) e la ghisa (Figura 73) sono conferiti tramite carri ferroviari o autotreni per essere stoccati in apposite fosse o stalli.

Lo scarico dei vagoni avviene mediante carroponi dotati di magneti (Figura 74), mentre i camion provvedono allo scarico in aree prestabilite direttamente con il proprio mezzo. A tali materiali vanno ad aggiungersi i recuperi interni costituiti da spuntature, lingotti, colonne e radici di placche, parti di semilavorati scarti e colaticci che sono trasportati al parco rottame con l'ausilio di trasporti interni.

Tutto il materiale è classificato in funzione della tipologia e della provenienza e depositato in aree prestabilite e dedicate per evitarne la miscelazione. Ciò in quanto la classificazione del rottame per tipologia e per composizione risulta di fondamentale importanza nel conseguimento delle qualità metallurgiche desiderate del prodotto finito.



Figura 72 Rottame di acciaio a parco



Figura 73 Rottame di ghisa a parco



Figura 74 Carroponete dotato di magnete per lo scarico dei vagoni ferroviari

La preparazione della carica prevede il riempimento con rottame delle ceste (Figura 75), in numero di 3, per un peso complessivo di circa 95 t. La carica è definita tenendo conto delle caratteristiche chimiche del rottame in base a delle pratiche operative ben definite e viene introdotta all'interno delle ceste mediante carroponeti dotati di magnete o, nel caso di cariche destinate alla produzione di acciaio inox, di benna a polipo.

Si noti che la carica non è costituita unicamente da rottame di acciaio, essendovi in genere aggiunto un quantitativo di ghisa in pani o sotto forma di rottame, in proporzioni variabili tra il 5% e il 10% in peso, necessario al conseguimento del voluto quantitativo di carbonio nel prodotto finito.



Figura 75 Riempimento della cesta mediante carro ponte dotato di magnete



Figura 76 Benna a polipo per la movimentazione di rottame metallico

Nelle ceste vengono aggiunti anche altri materiali ausiliari quali calce e carbone necessari al processo metallurgico per motivi sui quali in questa sede è possibile prescindere. L'aggiunta di tali

additivi avviene tramite nastri trasportatori aerei e coperti, alimentati da una batteria di silos posti sull'impalcato del forno, a loro volta alimentati da ulteriori nastri provenienti dalla zona di stoccaggio esterna al parco rottame.

Le ceste così preparate, vengono trasportate mediante carroponete (Figura 77) in prossimità del forno ad arco (Figura 78), in attesa del caricamento. Per compiere tale operazione è necessario procedere con l'apertura della cofanatura insonorizzante (detta *dog-house*) che racchiude il forno e con la successiva apertura della volta di quest'ultimo, che viene fatta ruotare verso l'esterno.

Effettuata la carica della cesta il rottame viene fuso mediante arco elettrico, con elettrodi di grafite e con l'ausilio di sei bruciatori alimentati a metano. Dal forno fusorio l'acciaio è spillato in siviera (Figura 79), per le successive fasi di affinazione, che consistono nell'aggiunta di additivi e ferroleghie per il raggiungimento delle caratteristiche chimico fisiche volute (Figura 81).

Seguono le operazioni di affinazione e degasazione dell'acciaio preliminari alla colata, che può avvenire *in fossa* o per mezzo di *macchina per colata continua* (Figura 83).



Figura 77 Sollevamento e trasporto della cesta



Figura 78 Forno elettrico ad arco (EAF)



Figura 79 Forno ad arco - spillaggio dell'acciaio



Figura 80 Bagno di acciaio fuso nel forno ad arco



Figura 81 Operazioni di metallurgia secondaria in siviera

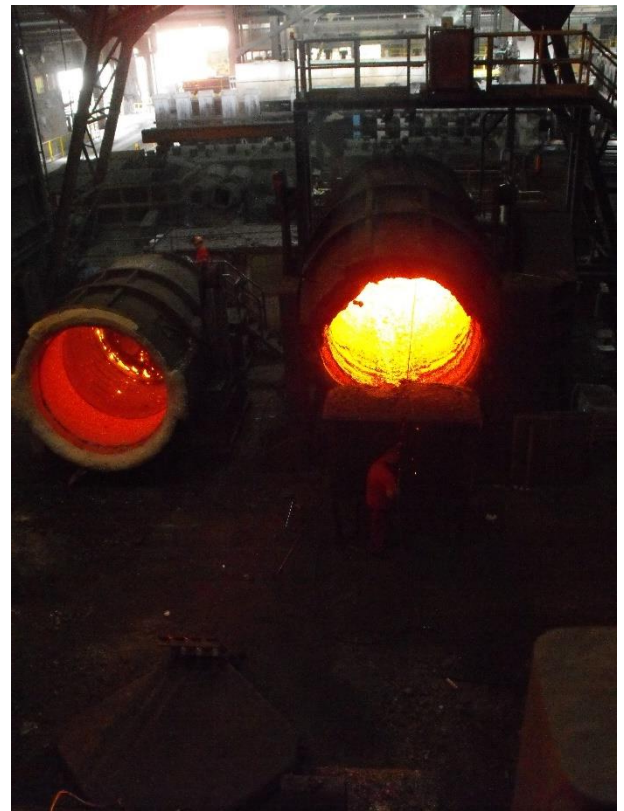


Figura 82 Pulizia siviera

Figura 83 Colata continua

4.3.1 Colata in fossa

La “colata in fossa” consiste nel versamento del metallo liquido in appositi recipienti di ghisa detti *lingottiere* (Figura 84). A tal fine la *siviera* è trasportata dal carroponete di colata sopra delle depressioni dette *fosse* entro le quali sono state preventivamente predisposte, a raggera, un adeguato numero di *lingottiere*, a formare un cerchio il cui centro è occupato da un canale verticale di alimentazione detto *colonna*.

L'acciaio fuso viene versato nella *colonna* e perviene alle *lingottiere*, dal basso, attraverso dei condotti radiali che le raggiungono dipartendosi da questa (*colata in sorgente*). Con questo sistema si ottengono lingotti con meno difetti e si diminuisce l'usura delle *lingottiere*.

Quando l'acciaio si è solidificato si esegue lo *strippaggio*, ovvero si sfilano i lingotti dalle lingottiere mediante carroponte dotato di pinza idraulica. Successivamente i lingotti sono raffreddati per un breve intervallo di tempo in una vasca d'acqua oppure avviati al lento raffreddamento in appositi alloggiamenti isolati.

I lingotti così prodotti vengono destinati agli altri processi lavorativi (laminazione, forgiatura) oppure inviati direttamente alle fasi successive di trattamento e quindi alla vendita.



Figura 84 Lingottiere



Figura 85 Lingottiere in fossa

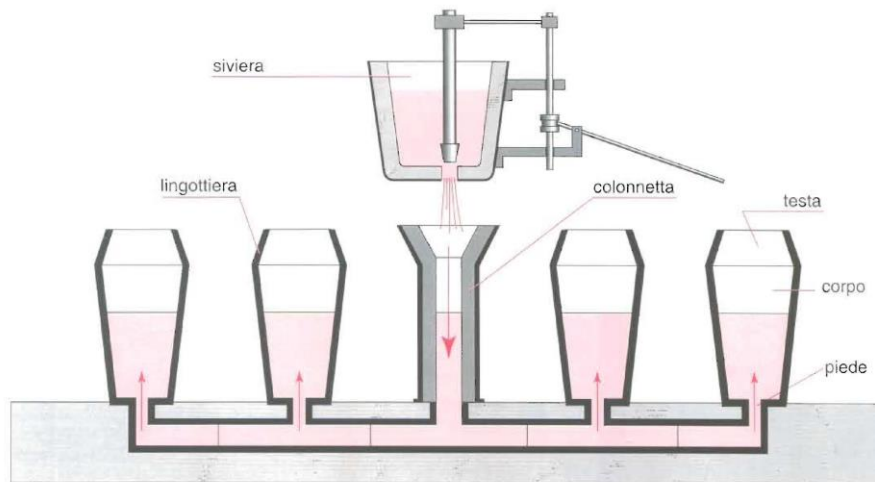


Figura 86 Colata in sorgente (schema)

4.3.2 Colata continua

La colata continua consente la produzione diretta di semilavorati senza passare da fasi di strappaggio, condizionamento, sbazzature ecc., tipiche delle colate in lingotti, con notevoli risparmi sui costi di produzione e vantaggi sulla qualità del prodotto finale.

Per la “colata in continuo” (vedi schema di Figura 88) la siviera (Figura 87), tramite carro ponte, viene appoggiata su di una sorta di torretta girevole, destinata a sostenerla durante le operazioni di colata. Questa si avvia con la stappatura del foro predisposto sul fondo della siviera, per mezzo del quale l'acciaio è versato in un contenitore (*paniera*), che lo alimenta alle linee di colata attraverso dei fori praticati sul fondo. Da qui il metallo fuso raggiunge dei dispositivi, detti *lingottiere*, consistenti in condotti refrigerati, sulle cui pareti interne avviene la solidificazione superficiale dell'acciaio, dando luogo ad una sorta di pelle che contiene al suo interno un nucleo di metallo ancora fuso (Figura 89 e Figura 90).

Questo lingotto di acciaio plastico può essere trascinato per mezzo di rulli lungo un percorso inizialmente curvilineo fino a disporsi in orizzontale, posizione in cui avviene la completa solidificazione ed il taglio nei formati voluti.

Successivamente i semilavorati ottenuti vengono destinati agli ulteriori processi di laminazione e forgiatura oppure direttamente alla fase di affinazione e quindi alla vendita.



Figura 87 Siviera

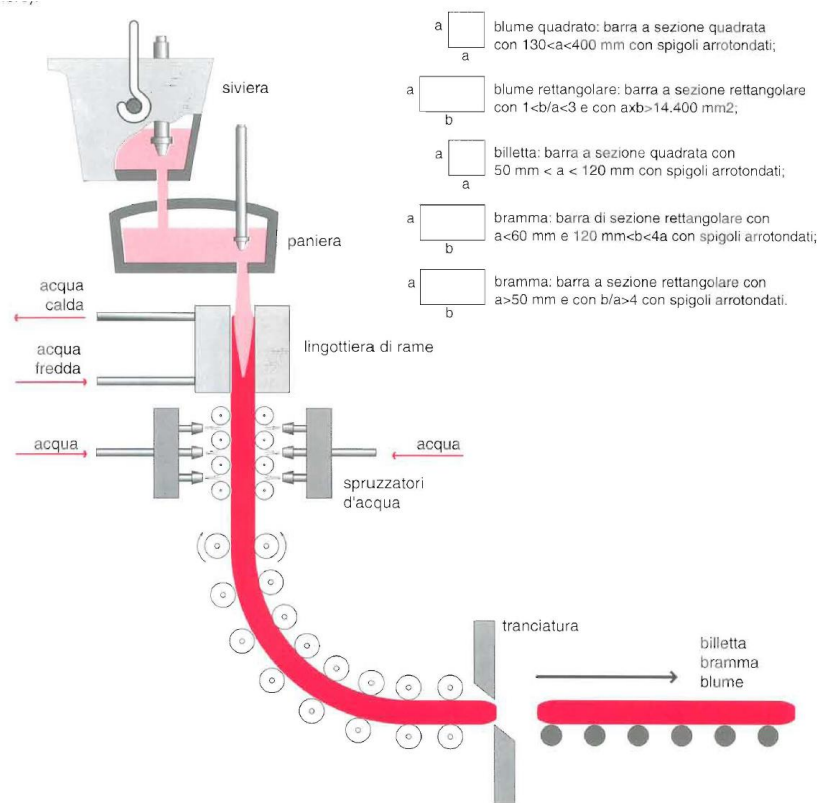


Figura 88 Colata continua (schema)



Figura 89 Colata continua: Siviera, paniera, lingottiera



Figura 90 Linee di colata continua

4.4 Il laminatoio a caldo

Nel processo di *laminazione a caldo* (Figura 91) i semilavorati di fusione (*blumi* e *billette*), preventivamente riscaldati¹ oltre la soglia di plasticità, vengono sottoposti a deformazione plastica tramite sollecitazioni di compressione, impartite dal passaggio attraverso dei rulli contrapposti (*gabbie di laminazione* -Figura 92) fino all'ottenimento delle dimensioni finite.

Ne risulta un prodotto migliore sotto il profilo della resistenza meccanica e della lavorabilità che tuttavia presenta una finitura superficiale piuttosto grezza e una forma geometrica affetta da tolleranze dimensionali piuttosto elevate.

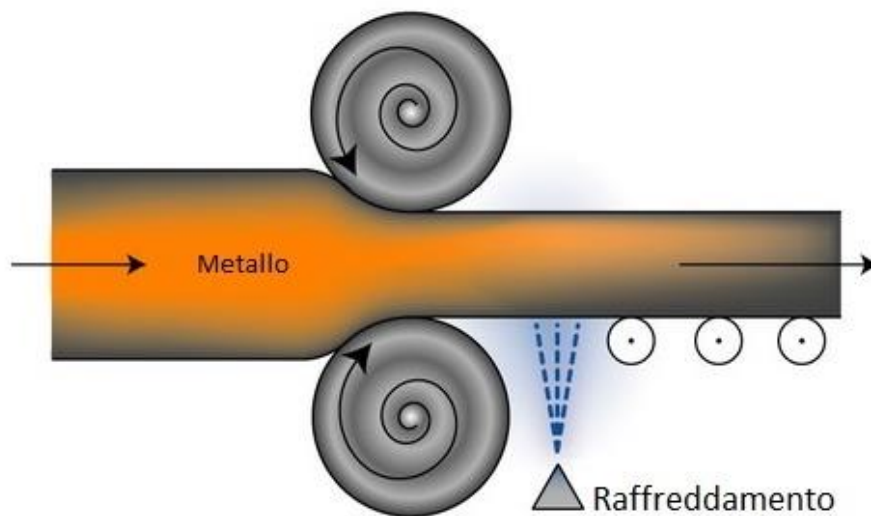


Figura 91 Laminazione a caldo (schema)

¹ Il riscaldamento dell'acciaio a temperature superiori ai 750°C permette di raggiungere e oltrepassare la soglia di plasticità che riduce significativamente gli sforzi necessari per ottenerne la deformazione plastica. Da qui l'espressione *battere il ferro finché è caldo*.



Figura 92 Gabbia di laminazione

4.5 Forgiatura

La forgiatura è un processo di produzione industriale di trasformazione per deformazione plastica di semilavorati metallici a sezione varia, solitamente portati ad alta temperatura (superiore alla temperatura di ricristallizzazione) e lavorati quindi con ripetuti colpi di maglio o di pressa per forgiatura, che cambiano permanentemente la forma del pezzo, senza portarlo a rottura.

Lo scopo di tale lavorazione è la produzione di sbazzati e semilavorati massivi, che saranno poi successivamente portati a dimensione finale tramite lavorazioni alle macchine utensili o tramite più precise e successive lavorazioni per deformazione plastica.



Figura 93 Forgiatura



Figura 94 Pinza per forgiatura

5. Industria della lavorazione del legno

5.1 Rilevanza del settore industriale in FVG

Il comparto del legno-arredo in Friuli Venezia Giulia rappresenta un pilastro dell'economia della regione, che si posiziona al terzo posto in Italia per fatturato ed export, subito dopo Lombardia e Veneto. Il comparto vale circa 4,9 miliardi di euro, suddivisi in 3,6 miliardi per l'arredo e 1,3 miliardi per la lavorazione del legno. Conta 1.709 aziende attive che impiegano poco meno di 20.000 addetti.

Il settore ha una fortissima vocazione internazionale, con esportazioni che valgono circa 2,2 miliardi di euro. I principali partner sono il Regno Unito, seguito da Stati Uniti, Francia e Germania.

A livello regionale esistono due comprensori produttivi, estremamente ben caratterizzati sia dal punto di vista geografico che da quello della specializzazione produttiva, solitamente indicati come *triangolo della sedia e zona del mobile*.

Il *triangolo della sedia* si trova in provincia di Udine e nel corso degli anni si è espanso dal nucleo storico costituito dai comuni di Manzano (Figura 95), San Giovanni al Natisone e Corno di Rosazzo, ai comuni limitrofi di Moimacco, Chiopris, Visco, Premariacco, San Vito al Torre, Pavia di Udine e Trivignano Udinese.

La *zona del mobile* si colloca in provincia di Pordenone ed abbraccia i comuni di Prata, Brugnera, Pravidomini, Sacile, Fontanafredda, Caneva e Pasiano di Pordenone.



Figura 95 Il monumento alla sedia di Manzano

Pur in considerazione della significativa numerosità delle aziende operanti nel settore, è possibile stabilire un ciclo produttivo di riferimento, le cui caratteristiche essenziali sono comuni a ciascuna realtà di settore, fatte ovviamente salve le specificità indotte dalla peculiarità del prodotto finito che le caratterizza.

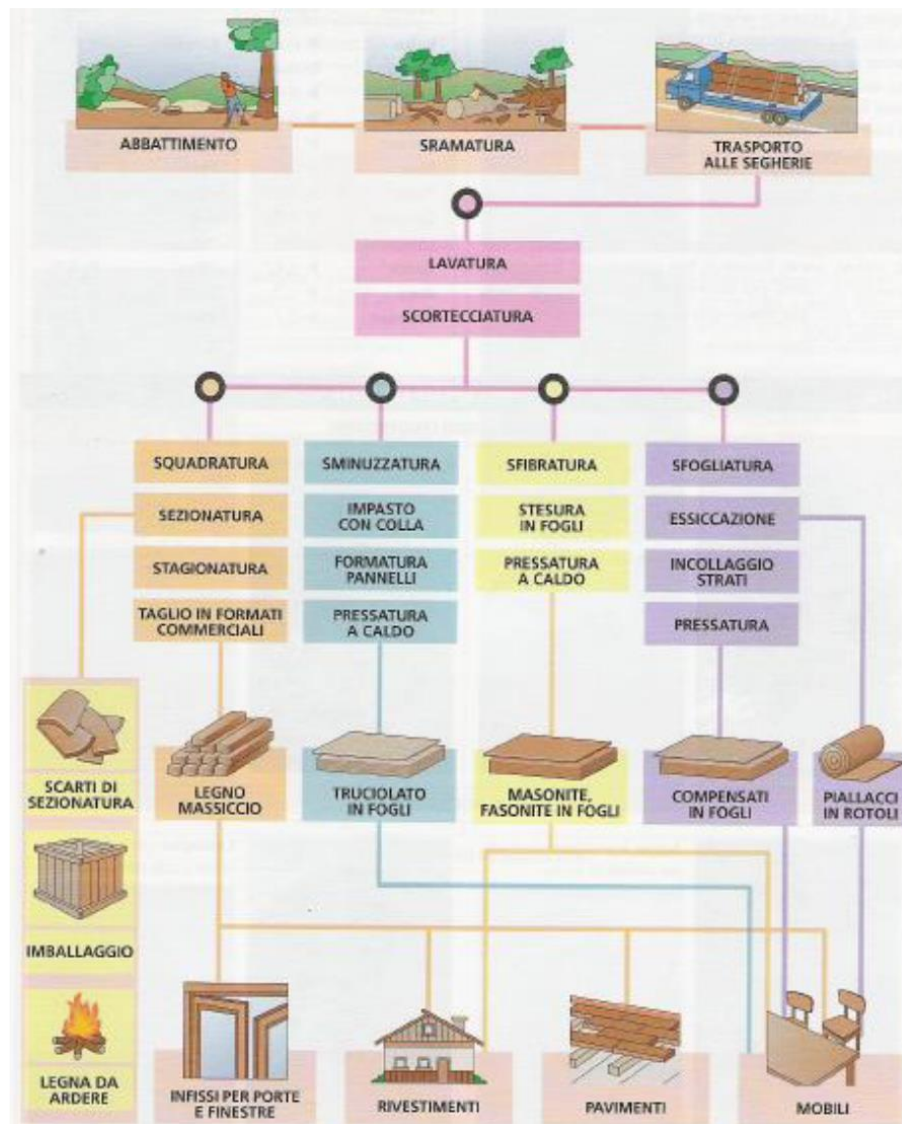


Figura 96 Fasi di lavorazione del legno

5.2 La produzione della materia prima

Per poter essere lavorato, il legno deve essere ridotto nelle forme commerciali (travi, tavole, panconi, listelli ecc.). A tal fine i tronchi provenienti dalle foreste vengono conferiti alle segherie o agli impianti di produzione dei pannelli di legno.

5.2.1 I segati di legno

5.2.1.1 Le segherie

Nelle segherie i tronchi vengono segati longitudinalmente (*lungo vena*, Figura 97) per ottenere dei semilavorati grezzi di varia natura, che, prima di poter essere lavorati, necessitano di essere essiccati, per prevenirne le deformazioni che altrimenti interverrebbero nel prodotto finito, compromettendone le caratteristiche qualitative.



Figura 97 Sega a nastro per segheria

5.2.1.2 Gli essiccatoi

L'essiccazione è un processo finalizzato a ridurre il quantitativo di acqua naturalmente presente nel legno in ragione di circa il 30 % fino al 10%. Il processo può avvenire naturalmente, impiegando diversi anni, oppure artificialmente, per mezzo di impianti dedicati, dove si realizza in meno di 24 ore.

Gli impianti in grado di essiccare il legno grezzo nei formati commerciali sono detti *essiccatoi*, e sfruttano il principio fisico in base al quale l'acqua bolle a temperature più basse se la pressione diminuisce.

L'essiccatoio è in genere costituito da un recipiente di forma cilindrica molto robusto, in grado di sopportare delle marcate depressioni senza implodere. Al suo interno si crea il vuoto e, al contempo, se ne innalza la temperatura fino a circa 50°C, conseguendo delle condizioni che risultano ottimali per la migrazione dell'acqua contenuta all'interno del legno verso la superficie, dove in tempi rapidissimi avviene e l'evaporazione. Il vapore d'acqua liberatosi all'interno del cilindro viene quindi condensato e allontanato definitivamente.

Il processo prevede diverse fasi. Nella prima fase, quella di **carico e riscaldamento**, il legno viene inserito nel cilindro a tenuta stagna, detto "*autoclave*", che viene quindi chiuso e riscaldato tramite vari sistemi (piastre radianti, aria calda o sistemi ad alta frequenza, ecc.), per elevare la temperatura dell'acqua contenuta nel legno preparandola all'evaporazione.

Successivamente si procede con la **creazione del vuoto** mediante una *pompa a vuoto* che aspira l'aria dalla camera, riducendo drasticamente la pressione interna. A questo punto interviene l'**evaporazione rapida**, in base alla quale l'umidità (acqua libera e legata) evapora dalle cellule del legno migrando verso la superficie molto più velocemente rispetto ai metodi naturali. Infine, nella fase di **condensazione**, il vapore acqueo estratto viene raccolto, condensato e scaricato fuori dal sistema.

I vantaggi che si conseguono con questo metodo sono essenzialmente tre:

- **velocità di processo**, con riduzione dei tempi di essiccazione fino a 10-15 volte rispetto alla stagionatura naturale.
- elevata **qualità del prodotto finito**, grazie alle basse temperature impiegate, che sottopone il legno a minori stress termici, riducendo il rischio di crepe, imbarcamenti o cambiamenti di colore.
- **Uniformità di trattamento**, garantita dal processo sottovuoto che assicura che l'umidità venga estratta in modo omogeneo anche dal cuore delle travi più spesse.



Figura 98 Essiccatoio sottovuoto

I segati vengono quindi selezionati, stampigliati, automaticamente legati e impaccati per la commercializzazione.



Figura 99 Legname essiccato e pronto per la spedizione

5.2.2 Gli impianti per la produzione di pannelli truciolari

I pannelli truciolari rappresentano la materia prima più diffusa per la produzione di mobili su scala industriale, in quanto presentano delle caratteristiche di omogeneità e stabilità di gran lunga superiori a quelle del legno massello, in grado di rendere le operazioni di produzione più veloci ed economiche. Inoltre, per la produzione dei pannelli sovente si impiega del legno di riciclo, che è ovviamente più economico di quello vergine.

La produzione dei pannelli avviene in impianti industriali molto grandi, che possono occupare centinaia di operai, dove l'effetto scala consente di conseguire delle economie impossibili in realtà più contenute.



Figura 100 Pannelli truciolari

5.2.2.1 Le operazioni preliminari

Il legno di riciclo contiene significative varietà di materiali estranei che devono essere rimossi prima dell'ingresso in produzione. Vi sono innanzi tutto i metalli, particolarmente dannosi per i coltelli di cui sono dotate le apparecchiature di produzione quali cippatrici e mulini che preparano le particelle di legno prima dell'essiccazione. Inoltre, l'eventuale presenza di plastica potrebbe dar luogo a difetti nel prodotto finito, per la formazione di bolle o bruciature superficiali.

Per tali motivi, il legno conferito in stabilimento viene preliminarmente sottoposto ad una prima vagliatura e alla successiva triturazione.



Figura 101 Cippatrice

Successivamente si provvede alla separazione dei materiali estranei quali metalli ferrosi, alluminio, plastica e carta nonché di tutti quei manufatti non conformi alle specifiche di produzione del pannello.

Tali operazioni possono essere del tipo *a secco*, quando si impiega una corrente d'aria in grado di allontanare sostanze leggere quali carta o plastica dal cippato di legno, oppure *ad umido*, immergendo il legno in una vasca piena d'acqua sul cui fondo si depositano tutte le sostanze che non sono in grado di galleggiare.

5.2.2.2 Essiccazione del legno macinato

L'essiccazione del materiale legnoso è l'elemento centrale del processo di fabbricazione a secco dei pannelli, in quanto l'umidità residua influenza sia il livello di polimerizzazione della resina che verrà successivamente aggiunta che, più in generale, le proprietà del pannello che si otterranno nella fase di pressatura.

Il contenuto di umidità ottimale viene tarato in funzione del tipo di resina utilizzata per legare i nuclei di legno. Per i pannelli truciolari, i principali sistemi di resina sono basati su urea-formaldeide e il contenuto di umidità finale ottimale delle particelle di legno dopo l'essiccazione va dal 2% al 3%.

I tipi di essiccatoi più impiegati nel settore sono del tipo rotativo a tamburo o a fascio tubiero, nei quali il riscaldamento può avvenire rispettivamente per contatto diretto con i fumi prodotti in un processo di combustione a monte dell'essiccatore stesso (essiccatori a riscaldamento diretto) o per irraggiamento prodotto a mezzo di un transfer termico (in genere vapore) prodotto in un processo esterno ed introdotto in un fascio tubiero che equipaggia l'essiccatore (essiccatori a riscaldamento indiretto).

Per questi dispositivi la temperatura di uscita del gas di scarico è compresa tra 100 ° C e 130 ° C nel caso di riscaldamento diretto e tra 80 ° C e 120 ° C per il riscaldamento indiretto.

La capacità di evaporazione di queste macchine in genere non supera le 40 tonnellate di acqua all'ora, riuscendo a trattare una massa di materiale compresa tra 10 e 50 tonnellate su base secca all'ora. Naturalmente sul mercato sono disponibili essiccatori ancora più grandi.

Gli essiccatori funzionano continuamente ma vengono spenti per manutenzione a intervalli pianificati. Durante la manutenzione, la macchina viene pulita per rimuovere l'accumulo di catrame e polvere. La pulizia viene effettuata con acqua, spesso manualmente per mezzo di spazzole. Il periodo di manutenzione è inferiore a un turno di lavoro ogni 4-8 settimane.



Figura 102 Essiccatore per truciolato di legno

5.2.2.3 Preparazione delle resine e degli additivi

Le colle ed i prodotti chimici necessari alla formazione del pannello truciolare vengono conferiti allo stato liquido per mezzo di cisterne ferroviarie, da dove vengono scaricate per essere stoccate in serbatoi fuori terra.

I prodotti di incollaggio sono per la maggior parte costituiti da colla Urea-formaldeide a cui si aggiungono degli additivi.

5.2.2.4 Formazione del materasso

Dopo l'essiccazione i truciolati essiccati vengono suddivisi in base alle dimensioni in due aliquote, rispettivamente destinate alla formazione dello strato centrale del pannello e di quelli superficiali. Ogni flusso di prodotto viene convogliato a un miscelatore dedicato, dove avviene la miscelazione con la resina e gli altri additivi.

Le particelle imbevute di resina vengono dosate da una macchina formatrice, in ragione di una per ciascuno dei tre strati, pervenendo alla formazione del materasso legnoso di caratteristiche adeguate all'alimentazione della pressa continua del pannello truciolare.

5.2.2.5 *Pressatura*

Il pannello grezzo viene prodotto per pressatura in condizioni di pressione e temperatura elevate. La durata dell'operazione è condizionata dai tempi di densificazione e polimerizzazione della resina e in ultima analisi dallo spessore del pannello. La temperatura al cuore del pannello deve raggiungere un certo livello a seconda della resina impiegata, normalmente superiore a 100 ° C, affinché l'acqua possa evaporare.

Prima di entrare nella pressa, il tappeto in uscita dalla stazione di formatura subisce una pressatura preliminare a temperatura ambiente finalizzata alla compattazione delle particelle e alla rimozione delle inclusioni di aria che risulterebbero problematiche nella fase di pressatura vera e propria. In questa fase si provvede altresì alla rifilatura dei bordi del pannello.

La pressatura continua avviene per mezzo di due nastri metallici contrapposti in lento movimento orizzontale che hanno la funzione di ridurre lo spessore del materasso ligneo in entrata e al contempo di riscaldarlo, per mezzo di olio diatermico con una temperatura di contatto di circa 260 ° C, al fine di far solidificare la resina termoindurente di cui le particelle di legno sono intrise.

A seguito del riscaldamento si ha l'evaporazione dell'umidità residua presente nel materiale in lavorazione nella pressa, che dà luogo a una corrente di vapore acqueo e altre sostanze volatili che sono rimosse per mezzo di una cappa di aspirazione integrata nella pressa stessa e convogliate ad un sistema di abbattimento delle emissioni prima del loro rilascio in atmosfera.



Figura 103 Pressa a caldo per la produzione di pannelli truciolari

5.2.2.6 *Taglio in formato e raffreddamento*

I pannelli in uscita dalla pressa, dopo un periodo di raffreddamento, vengono sottoposti a operazioni di rifilatura e levigatura superficiale. I pannelli vengono quindi immagazzinati in attesa di essere inviati ai clienti finali.

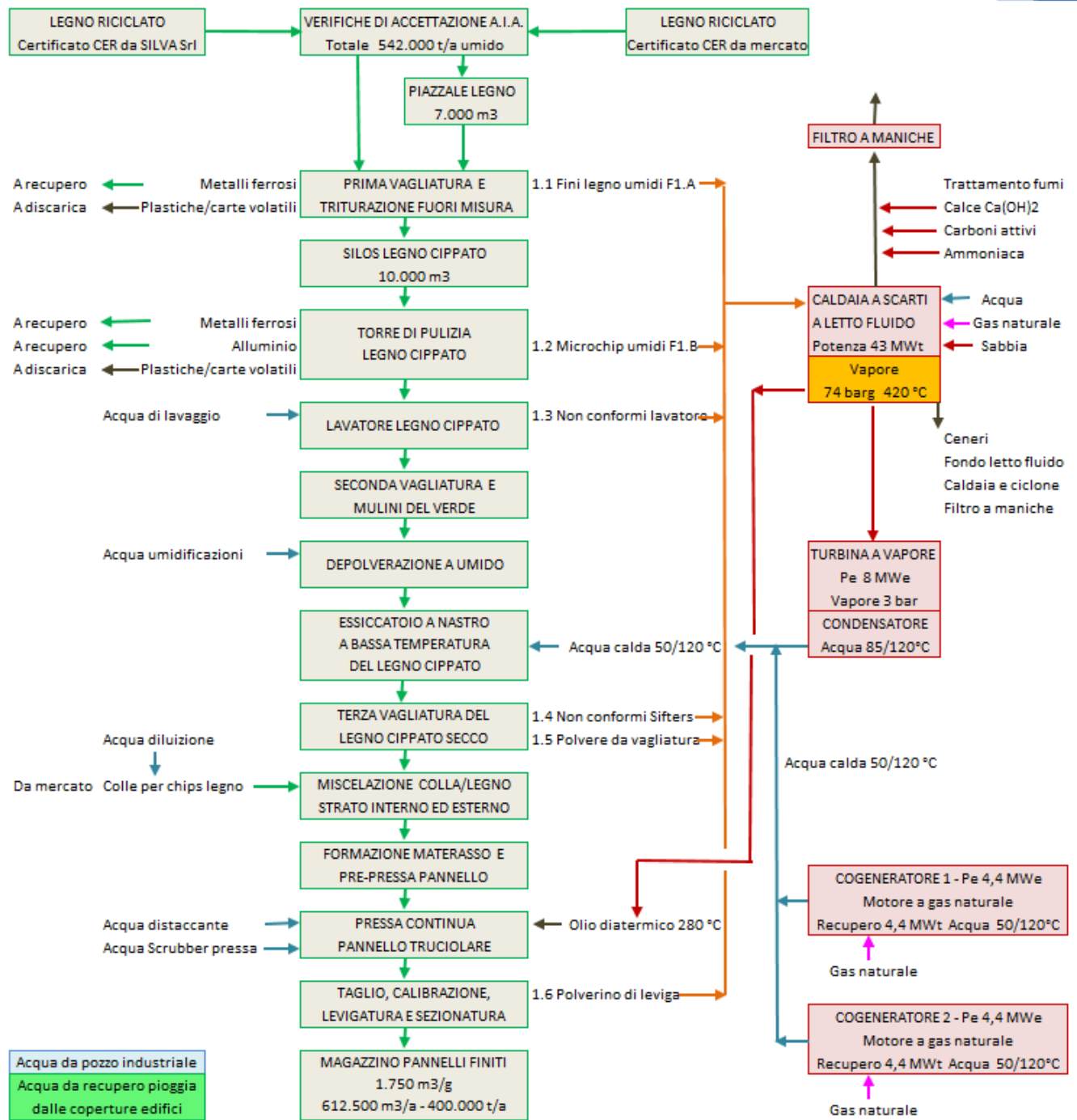


Figura 104 Diagramma di produzione dei pannelli truciolari

5.3 Le operazioni secondarie

I semilavorati preparati nelle fasi precedenti, costituiscono la materia prima di base per l'industria della lavorazione del legno, dove partendo dai pannelli e dai segati si perviene al prodotto finito costituito da mobili, serramenti, sedie, ecc..

Tipico è il *ciclo del mobile*, che consiste essenzialmente nell'assemblaggio di pannelli di dimensioni opportune e nelle operazioni tese al miglioramento estetico e delle caratteristiche tecniche del prodotto finito (impregnatura, impiallacciatura, verniciatura ecc.).

Il ciclo produttivo si realizza nelle seguenti fasi:

- stoccaggio e prelievo a magazzino delle materie prime;
- lavorazioni meccaniche;
- impregnatura e verniciatura;
- assemblaggio

5.3.1 Stoccaggio e prelievo delle materie prime (preparazione pezzi)

La ricezione e il deposito delle materie prime, come pure il loro prelievo e consegna alle linee produttive, vengono effettuati con l'ausilio di mezzi meccanici (carrelli elevatori, transpallett ecc.), secondo delle modalità tipiche delle attività di immagazzinamento.

5.3.2 Impiallacciatura e nobilitazione

L'*impiallacciatura* consiste nel ricoprire un legname non pregiato o un pannello di fibra o di legno con un sottilissimo foglio di legno pregiato (tranciato di rovere, ciliegio, faggio ecc.), attraverso operazioni di incollaggio, pressatura e bordatura, in modo da dare al manufatto un migliore aspetto estetico e migliori caratteristiche tecniche.

Quando al posto dei fogli di tranciato vengono utilizzati dei fogli di carta, materiale plastico o metallico, si parla di *nobilitazione* o *laminazione* dei pannelli.

L'accoppiamento del pannello e del foglio di tranciato o carta e/o altro materiale avviene per incollaggio e pressatura a caldo.

5.3.3 Lavorazione alle macchine utensili

Le materie prime (tavole, pannelli ecc.) vengono sottoposte ad operazioni di taglio, sagomatura, bordatura, foratura, levigatura ecc. con utilizzo di macchine utensili o utensili manuali, dotate di elementi attivi (utensile) che, ruotando ad altissima velocità, sono in grado di asportare del truciolo dagli oggetti in lavorazione, conferendoli la forma desiderata. I tipi di macchina sono naturalmente molto numerosi. Di seguito se ne trattano i principali.

5.3.3.1 Sega circolare

La sega circolare è un macchinario comunemente utilizzato nella lavorazione del legno che monta una lama circolare dentata, i cui denti ruotando impattano sul legno in lavorazione ricavandovi una fessura che progressivamente si allunga fino a comportarne la completa separazione in due pezzi distinti.

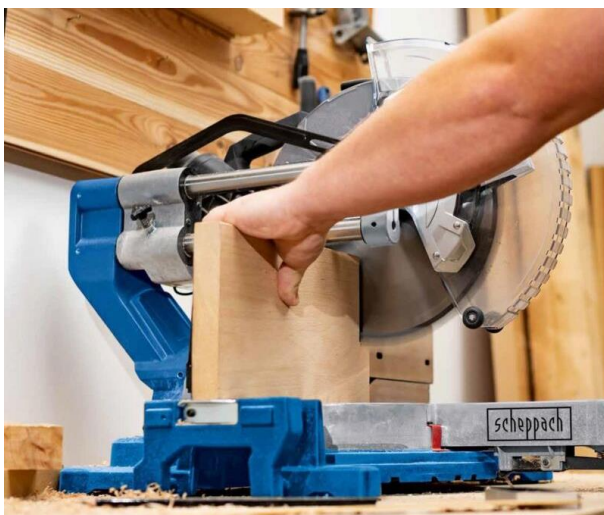


Figura 105 Troncatrice per legno

5.3.3.2 Sega a nastro

La sega a nastro è un tipo di sega nel quale l'elemento tagliente è costituito da un nastro metallico dotato di denti in grado di incidere il legno asportandovi del truciolo. Il nastro si avvolge tra due pulegge, una motrice e l'altra di rinvio, che lo mettono in moto ad una elevata velocità, permettendo ai denti di impattare in successione sul pezzo di legno in lavorazione, ricavandovi un solco piuttosto sottile che progressivamente si allunga fino ad ottenere la separazione del pezzo in due metà.

La particolare conformazione dell'utensile permette di ricavare dei tagli molto stretti ed eventualmente curvi.



Figura 106 Sega a nastro

5.3.3.3 *Pialla a filo*

La *pialla a filo* (Figura 107) si impiega per rendere liscia e complanare la superficie di un pezzo di legno grezzo. A tal fine la superficie del legno da lavorare viene adagiata su un piano di appoggio sul quale viene fatta avanzare fino ad incontrare un cilindro rotante (*testa portalama*) munito di coltelli (Figura 108e Figura 109). L'impatto dei coltelli sul legno provoca l'asportazione controllata di truciolo che permette di ricavare una superficie perfettamente liscia e complanare.



Figura 107 Pialla filo

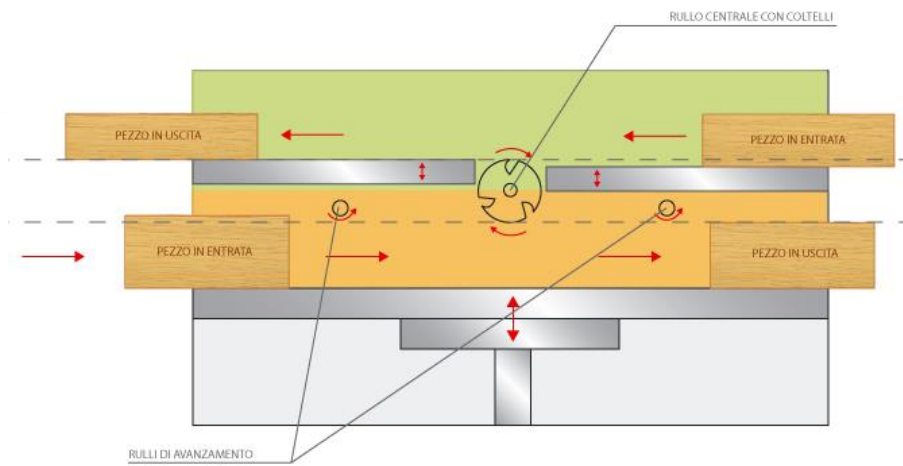


Figura 108 Piallatura a filo e spessore: principio di funzionamento



Figura 109 Piallatura a filo: avanzamento manuale del pezzo

5.3.3.4

Pialla a spessore

La *piallatura a spessore* viene eseguita per mezzo dell'omonima pialla (Figura 110) su un pezzo preventivamente piallato *a filo*, e quindi caratterizzato da almeno una superficie liscia e complanare su cui viene adagiato e fatto avanzare meccanicamente (Figura 108).

L'incontro con i coltelli della testa portalama (Figura 111) in questo caso interessa il lato superiore, dove avviene l'asportazione del truciolo che dà luogo alla formazione di una superficie liscia, complanare e parallela alla superficie di appoggio. In questo modo il legno lavorato assume uno *spessore* uniforme e pari alla distanza compresa tra la lama del coltello e la superficie di appoggio.



Figura 110 Pialla a spessore



Figura 111 Testa porta coltelli

5.3.3.5 **Fresatrice**

La fresatrice è una macchina che permette di effettuare lavorazioni per asportazione di truciolo per l'ottenimento di profili di varia natura. L'elemento caratterizzante la macchina è costituito da una testa girevole dotata di taglienti che, per effetto della rotazione della testa su cui sono montati, incidono il legno a velocità controllata asportandovi in truciolo fino a ottenere l'effetto desiderato.

Con la fresatrice si possono ottenere scanalature con le forme più disparate, bordature, incisioni ecc..

Vi sono diverse tipologie di macchine, che si possono distinguere in base al moto del pezzo da lavorare. Nelle fresatrici tradizionali (Figura 112) il pezzo in lavorazione avanza verso la testa in rotazione, mentre nei centri di lavoro (Figura 113) il legno resta fermo e un braccio robotizzato provvede

a spostare la testa portautensile al fine di ricavare le forme più disparate, dalle cornici, al vasellame, alle incisioni di lettere, ecc.

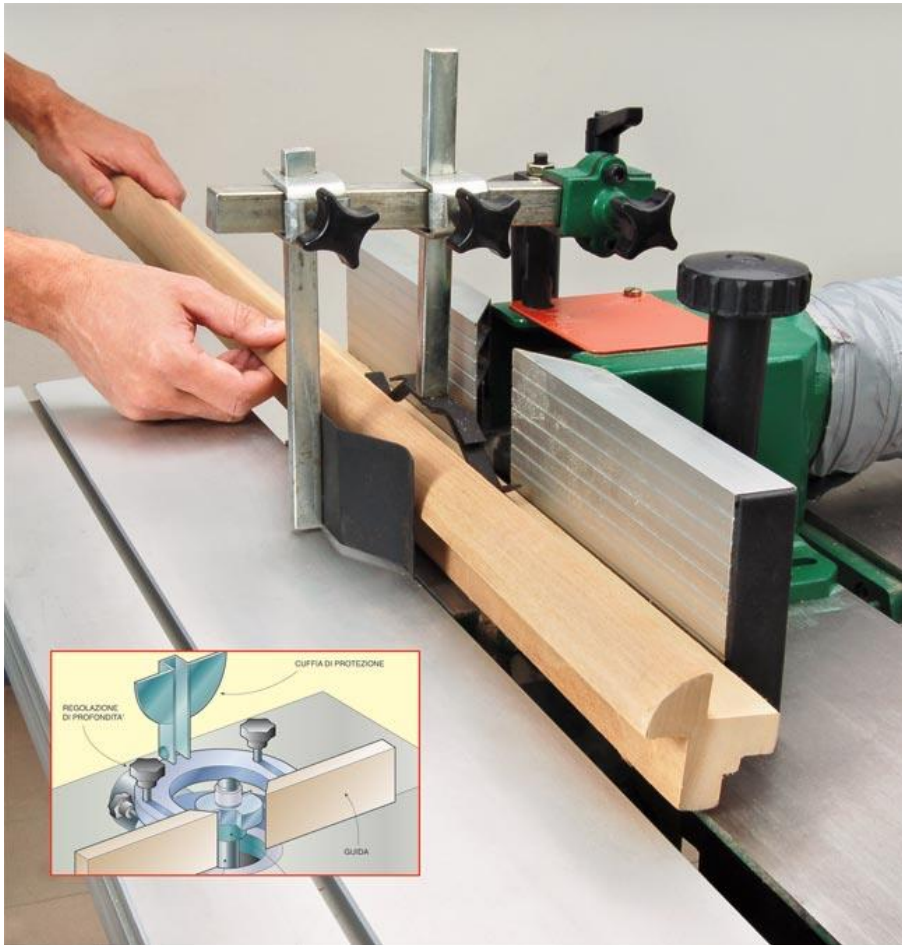


Figura 112 Fresatura di un profilo



Figura 113 Fresatura di un'anta in un centro di lavoro

5.3.3.6 Cavatrice a punta

La *cavatrice*, nota anche come *mortasatrice*, è una macchina utensile utilizzata per creare mortase (*scavi*) precise, che sono essenziali per realizzare incastri a tenone e mortasa.

Esistono diversi tipi di cavitrici, che si differenziano principalmente per il loro meccanismo di scavo e la configurazione:

La cavitrice a punta utilizza un mandrino in grado di alloggiare punte con un tagliente e un rompitruciolo per praticare fori e cave. Il pezzo da lavorare viene fissato su un piano mobile che può essere regolato su più assi (altezza, profondità, lateralmente) tramite volantini e leve.

La *cavitrice a catena* utilizza una catena di scavo verticale dotata di punte per realizzare alloggiamenti per serrature e scavi orizzontali per maniglie e chiavi.

La *mortasatrice a scalpello quadrato* (Hollow Chisel Mortiser) combina l'azione di una punta da trapano interna rotante con uno scalpello quadrato esterno fisso per eseguire fori quadrati netti.

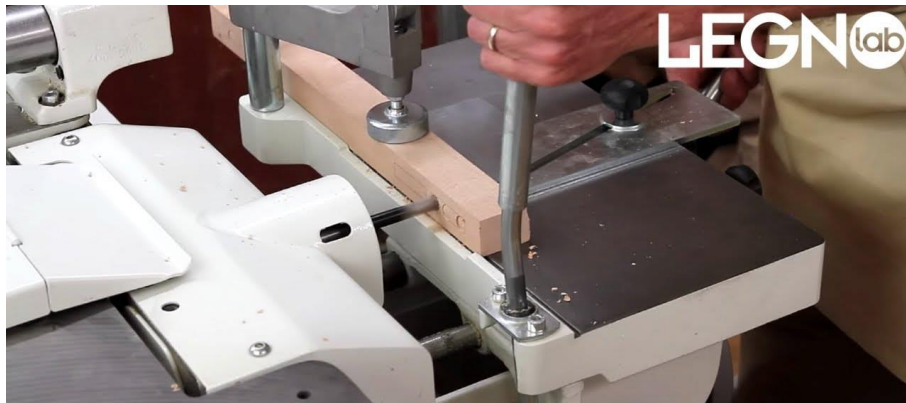


Figura 114 Cavitrice a punta



Figura 115 Cavitrice a catena



Figura 116 Mortasatrice a scalpello

5.3.4 Carteggiatura

La carteggiatura nell'industria del legno rappresenta una fase essenziale della produzione, in quanto da essa dipenderà in gran parte l'aspetto del prodotto finito. Tale fase diviene una vera e propria sfida nella produzione di sedie, a causa delle geometrie tridimensionali, delle superfici curve e delle giunzioni strette che caratterizzano questo elemento d'arredo.

A differenza dei pannelli piani, dove si impiegano grandi levigatrici a nastro largo, la produzione industriale della sedia richiede un approccio ibrido altamente specializzato per garantire ritmi elevati e standard qualitativi impeccabili.

Malgrado nelle moderne linee di produzione, per la levigatura si impieghino specifiche stazioni di lavoro a seconda del componente in lavorazione, il ricorso alla finitura manuale rimane imprescindibile. A tal fine, all'operatore si richiede di eseguire passaggi con spugne abrasive o pagliette nelle zone d'ombra o negli incastri critici prima che la sedia passi alla cabina di verniciatura.

Tale passaggio risulta estremamente delicato sotto il profilo dell'igiene e della sicurezza, in quanto richiede un'attenzione rigorosa per la gestione delle polveri di legno duro (come faggio e rovere), classificate come sostanze cancerogene.

Le aziende impiegano macchinari completamente confinati, potenti sistemi di aspirazione localizzata direttamente sugli utensili e rigorosi dispositivi di protezione individuale per tutelare le vie respiratorie dei lavoratori da polveri e solventi.



Figura 117 Carteggiatura manuale su banco aspirato



Figura 118 Carteggiatura manuale su banco aspirato

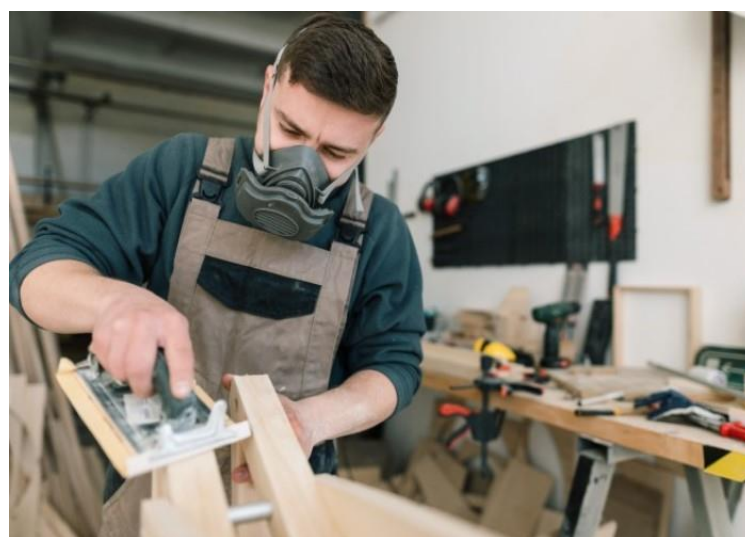


Figura 119 Carteggiatura manuale

5.3.5 Verniciatura

Il ciclo di verniciatura della sedia in legno prevede, solitamente, le fasi seguenti.

5.3.5.1 Tinteggiatura

Serve a conferire al legno la tinta desiderata. Per tale operazione si utilizzano prevalentemente “tinte all’acqua” e “tinte a solvente”, più frequentemente applicate ad immersione, anche se sono abbastanza diffusi altri metodi di applicazione (ad es. spruzzo).

Nelle tinte a solvente la frazione volatile (circa il 90%) è costituita per intero da solventi organici volatili (chetoni, glicoleteri); nella frazione volatile delle tinte a base acquosa è quasi sempre presente, oltre all’acqua, una quota parte (fino al 10 % e più) di solventi, di solito glicol-eteri. La scelta tra le due tipologie di prodotto dipende, oltre che dalla colorazione desiderata, da fattori quali il tipo di essenza legnosa, la modalità di applicazione, i tempi di essiccazione imposti dalla organizzazione del ciclo produttivo.

All’applicazione della tinta segue l’essiccazione dei pezzi, che vengono lasciati asciugare in spazi dedicati. In alcuni casi si fa ricorso a tunnel riscaldati per accelerare l’asciugatura. Val la pena di sottolineare che, data la natura dei prodotti che evaporano durante l’essiccazione, gli spazi destinati all’essiccazione della tinta dovrebbero essere separati dai restanti locali di lavoro e dotati di sistemi di aspirazione.

5.3.5.2 Applicazione del fondo

Alla tinteggiatura fa seguito l’applicazione di una o più mani di fondo. Attualmente nella stragrande maggioranza dei casi vengono utilizzati fondi poliuretanici. Molto meno diffuso, e comunque riservato a particolari nicchie di prodotto, è l’impiego di prodotti diversi (fondi nitro, poliestere, acrilici, all’acqua).

Per quanto riguarda la modalità di applicazione, resta ancora diffusa la spruzzatura pneumatica elettrostatica manuale, specie nelle piccole verniciature, mentre trovano crescente diffusione i sistemi automatici per l’applicazione a spruzzo.

L’applicazione avviene solitamente in cabine di verniciatura con aspirazione frontale. Dopo l’applicazione del fondo le sedie vengono trasferite in spazi appositi per l’essiccazione prima di essere avviate alla fase successiva. Anche in questo caso la necessità di impedire la diffusione dei solventi che si liberano nei locali di lavoro, impone che l’essiccazione abbia luogo in aree separate e munite di sistemi per la captazione e l’espulsione dei vapori di solventi.



Figura 120 Cabina di verniciatura aperta

5.3.5.3 Carteggiatura

I pezzi asciutti, dopo l'eventuale stuccatura di piccoli difetti, vengono carteggiati in apposite postazioni munite di banchi o pedane aspiranti che provvedono a captare ed espellere le polveri. Con poche eccezioni la carteggiatura è manuale. Prima di essere avviate alla finitura le sedie carteggiate vengono sottoposte – in apposite cabine aspirate – alla soffiatura con getti di aria compressa che rimuovono il finissimo pulviscolo depositato dopo la carteggiatura.

5.3.5.4 Finitura

Alla carteggiatura segue l'applicazione di una o più mani a finire. Anche per la finitura si fa prevalente uso di prodotti poliuretanici applicati con sistemi elettrostatici. Mantengono ancora una discreta diffusione le finiture trasparenti ureiche o, per sedie con finitura di elevata qualità, le finiture poliesteri.

Nel caso della finitura è un po' meno frequente il ricorso ai sistemi di applicazione automatici. Non si può invece, al momento, rinunciare all'applicazione manuale nel caso di finiture di elevata qualità. Anche la finitura è seguita dall'essiccazione dei pezzi verniciati in ambienti confinati, al termine della quale le sedie possono essere avviate all'imballaggio.



Figura 121 Verniciatura a spruzzo

6. Bibliografia

1. Armando Monte: “Elementi di impianti industriali” ed. Libreria Cortina, Torino, 1988.
2. ABS-Acciaierie Bertoli Safau S.P.A.: “Rinnovo dell’ autorizzazione integrata ambientale - Rif. Decreto 1125/09 e s.m.i. - Sintesi non Tecnica”, 2014
3. Fincantieri S.p.A. “Rilascio dell’ Autorizzazione Integrata ambientale – Sintesi non tecnica”, 2017
4. <https://zoccaratoverniciature.it/>. Zoccarato Industrial Coatings 2025
5. <https://impresasicura.org/sites/>
6. <https://www.tecnowelding.it/>
7. <https://www.professionevernicatore.it/>