

2.B.1.c LAVORAZIONI LEGA LEGGERA

Indice	pag. 76
Introduzione	pag. 77
Lavorazioni della lega leggera	pag. 81
Analisi svolte in riferimento alle problematiche derivanti dalle lavorazioni svolte su lega leggera	pag. 92
Buone pratiche: problemi e soluzioni operative specifiche della prefabbricazione	pag.107
Buona Pratica N. 1	pag.111
Buona Pratica N. 2	pag.114
Buona Pratica N. 3	pag.117
Buona Pratica N. 4	pag.120
Buona Pratica N. 5	pag.121
Conclusioni	pag.122
Bibliografia	pag.124

1. INTRODUZIONE

La lega leggera

I metalli sono elementi chimici caratterizzati da proprietà tipiche quali la lucentezza (detta appunto metallica), la buona conducibilità elettrica e termica e la malleabilità. L'aggiunta ad un metallo (detto metallo base) di quantità, in generale piccole, di altri metalli (detti alliganti), produce delle leghe metalliche (o semplicemente leghe), in cui, con il dosaggio intelligente degli alliganti vengono esaltate determinate proprietà caratteristiche del metallo base. Variando anche la tipologia e le quantità degli alliganti aggiunti ad un determinato metallo base si ottengono leghe con proprietà anche molto differenti tra di loro. Le leghe metalliche costituiscono la base di numerosissimi manufatti prodotti dalle moderne tecnologie.

L'alluminio è una lega leggera che trova largo impiego nella cantieristica navale. L'utilizzo della lega leggera in campo navale ed in particolare per il settore delle navi da crociera si è reso necessario al fine di ottenere un aumento della capacità di carico dei passeggeri e quindi fondamentalmente un aumento delle cabine a loro disposizione, garantendo allo stesso tempo un contenimento dei pesi alla pari di uno scafo tradizionalmente costruito con acciaio.

Per le navi costruite a Monfalcone ad esempio, ciò si traduce in uno scafo da circa 112.000 tonnellate di stazza lorda con 18 ponti di cui gli ultimi tre costituiti da lega leggera. Rispetto alla stessa tipologia di nave costruita con acciaio si ha un aumento di circa 140 cabine passeggeri. Tutto nasce da una motivazione commerciale (richiesta fatta dall'armatore) che si è poi tradotta in senso tecnico con l'adozione di tali leghe, ciò a vantaggio anche della conservazione del campo di utilizzo della nave stessa (navigabilità in bassi fondali).

L'obiettivo di questo studio è quello di evidenziare e di proporre delle soluzioni alle problematiche inerenti la sicurezza dei lavoratori impiegati nelle lavorazioni di manufatti in alluminio e quindi esposti ai particolari rischi derivanti dalle particolari caratteristiche del materiale. Vengono analizzate le fasi di assemblaggio in stabilimento e le fasi di montaggio a bordo della nave, con il fine di proporre delle Buone Pratiche di comportamento relative alle specifiche lavorazioni.

L'alluminio e le sue leghe presentano, rispetto ad altri materiali da costruzione, un complesso di caratteristiche fisiche particolari e per certi aspetti uniche, che li rendono particolarmente attraenti per progettisti, produttori ed utilizzatori finali; tra le principali:

LEGGEREZZA:

il peso specifico è molto più basso di quello di molti altri metalli e leghe. Con un valore di 2.7 g/cm^3 l'alluminio ha un peso per unità di volume di circa un terzo di ferro, acciaio, rame, bronzo, ottone.

E' quindi più facile da maneggiare, meno costoso da trasportare e diviene particolarmente attraente nel settore aerospaziale e dei trasporti in genere, per parti in movimento e per tutti quegli oggetti e strutture ove il risparmio di peso è pagante.

RESISTENZA:

le leghe di alluminio possono raggiungere resistenze meccaniche fino a oltre 560 Mpa; il limite di snervamento per le leghe di più elevata resistenza è di circa l'85% della resistenza a rottura; ciò permettere di risolvere la maggior parte dei problemi in numerosissime applicazioni. La resistenza meccanica aumenta alle basse temperature, senza che si evidenzino fenomeni di transizione duttile/fragile.

RAPPORTO RESISTENZA/PESO:

risulta particolarmente elevato. Senza prevedere l'utilizzo delle leghe di alluminio sarebbero impensabili le missioni spaziali e lo sviluppo dei moderni velivoli commerciali; in altri settori le leghe di alluminio consentono di ottenere notevoli vantaggi per quelle strutture ove una diminuzione del peso proprio della struttura consente a pari resistenza di aumentare i carichi paganti (mezzi di trasporto in genere, ponti, ecc.).

RESISTENZA A CORROSIONE:

l'alluminio presenta una ottima resistenza a corrosione; non forma ruggine e viene protetto, in ambiente ossidante, da uno strato naturale di ossido trasparente stabile.

La protezione contro la corrosione, specialmente per le leghe di alluminio, può essere ulteriormente aumentata mediante trattamenti di anodizzazione, conversione chimica, verniciatura.

CONDUCIBILITÀ TERMICA:

a parità di costo e di peso l'alluminio conduce molto più calore di qualsiasi altro metallo; ciò ne fa un materiale ideale per gli scambiatori di calore ($2.37 \text{ W cm}^{-1} \text{ }^\circ\text{K}^{-1}$) a temperatura ambiente.

CONDUCIBILITÀ ELETTRICA:

estremamente elevata; a parità di peso è circa doppia di quella del rame ($2.55 \mu\Omega \text{ W cm}$ a temperatura ambiente).

CARATTERISTICHE MAGNETICHE:

l'alluminio e le sue leghe sono amagnetici, e quindi si prestano particolarmente per applicazioni ad alta tensione, per applicazioni elettroniche e in generale in presenza di forti campi magnetici, o attorno ad apparecchiature sensibili ai campi magnetici.

SCINTILLE:

l'alluminio e le sue leghe non emettono scintille, e quindi sono materiali ideali ovunque vi siano pericoli di esplosione o di incendio.

RESILIENZA:

le leghe di alluminio combinano resistenza elevata ed elevata capacità di deformarsi elasticamente sotto carico, ritornando alla forma iniziale dopo l'urto o dopo che è stato rimosso il carico applicato.

CAPACITÀ RIFLETTENTI:

la capacità riflettente dell'alluminio è molto elevata, ed i prodotti in alluminio ad alta riflettività possono essere vantaggiosamente utilizzati quali schermi per luce, radiazioni infrarosse, onde radio.

RESISTENZA AL FUOCO:

i prodotti in alluminio e leghe non bruciano e non producono fumi tossici anche alle temperature più elevate.

RESISTENZA ALLE BASSE TEMPERATURE:

la resistenza meccanica aumenta alle basse temperature senza significativi fenomeni di fragilizzazione; ciò fa delle leghe di alluminio materiali ideali per le applicazioni criogeniche, e comunque per applicazioni a temperature esterne estremamente basse.

RICICLABILITÀ:

i materiali a base alluminio possono essere riciclati indefinitamente senza perdere le caratteristiche superiori del metallo, e i loro rottami conservano un valore elevato; ciò ne fa articoli estremamente interessanti dal punto di vista sia dell'impatto ambientale che economico.

ASSEMBLABILITÀ:

le leghe di alluminio possono essere assemblate per fissaggio meccanico con viti, bulloni, chiodi, rivetti a strappo; si possono realizzare assemblaggi strutturali; sono disponibili leghe saldabili per fusione e brasabili.

GAMMA DI PRODOTTI:

le leghe di alluminio sono disponibili sotto forma di lamiere, piastre, barre, profili anche complessi e ottenuti senza saldatura o altri metodi di giunzione.

2. LE LAVORAZIONI DELLA LEGA LEGGERA

La politica dello stabilimento *Fincantieri di Monfalcone*, per quel che riguarda la produzione di elementi navali in lega leggera, è quella di affidare all'esterno dello stabilimento la preparazione di manufatti e parti di sezione in alluminio.

Infatti, questi prodotti arrivano in stabilimento già tagliati e parzialmente assemblati, in modo tale che il montaggio finale e l'installazione in bacino (a bordo della nave), venga affidato a ditte esterne.

La saldatura

La saldatura è un collegamento di parti solide che realizza la continuità del materiale fra le parti che vengono unite. La saldatura, in genere, presuppone la fusione delle parti che vengono unite, a differenza della brasatura, in cui viene fuso unicamente il materiale d'apporto. Con la saldatura viene garantita quindi anche la continuità delle caratteristiche del materiale delle parti così unite.

Questo tipo di operazione permette di assemblare tra loro elementi di alluminio che nel loro complesso andranno a costituire la sezione strutturale da installare sull'opera navale. La fasi di prefabbricazione in stabilimento (a terra) e di montaggio (a bordo) comportano uno specifico studio sull'organizzazione del lavoro in modo da interessare sia il singolo lavoratore impiegato nell'attività, sia il resto dei lavoratori presenti nelle aree circostanti.

Di seguito vengono riportate le *tipologie di lavorazione* che lo stabilimento FINCANTIERI di Monfalcone adotta nella lega leggera.

saldatura ad arco in atmosfera protettiva :

(MIG - Metal-arc Inert Gas / MAG - Metal-arc Active Gas)

Il procedimento di saldatura MIG/MAG è un procedimento *a filo continuo* in cui la protezione del bagno di saldatura è assicurata da un gas di copertura, che fluisce dalla torcia sul pezzo da saldare (l'unica differenza fra le due è il gas che viene usato per la protezione del bagno di saldatura). Il fatto che sia un procedimento *a filo continuo* garantisce un'elevata produttività al procedimento stesso, e contemporaneamente la presenza di gas permette di operare senza scoria (entrambe queste caratteristiche aumentano l'economicità del procedimento nei confronti della saldatura a elettrodo).

D'altra parte una macchina per saldatura MIG/MAG è necessariamente composta dai seguenti componenti:

- *Generatore di corrente d'arco*

(nelle macchine moderne il controllo della caratteristica d'arco è effettuato elettronicamente)

La sorgente di corrente è, quasi universalmente, un raddrizzatore di corrente a caratteristica costante. Esso, perciò, fornisce tensioni di lavoro variabili entro una vasta gamma di valori, in modo da soddisfare le esigenze di questo sistema di saldatura, erogando determinate intensità di corrente.



La variazione di tensione della sorgente di corrente può essere effettuata in modi diversi:

- commutando varie prese del trasformatore
- agendo su spazzole striscianti mediante amplificatore magnetico
- mediante l'uso di diodi controllati o di transistori.

I primi due sistemi sono di tipo meccanico, l'ultimo è elettronico; il secondo ed il terzo permettono la regolazione continua. L'amplificatore, i diodi controllati ed i transistori sono regolabili anche durante la saldatura. Nel circuito a corrente continua delle sorgenti di buona costruzione è incorporato un dispositivo elettrico (reattanza) che facilita la stabilità dell'arco; esso è collegato a diverse prese di massa (negativo) per un esatto dosaggio della sua azione.

- *Aspo avvolgifilo e motore per l'avanzamento del filo stesso (trainafilo)*

Il trainafilo è in genere, nelle migliori costruzioni, azionato da un motore a corrente continua con regolazione elettronica. Esso è adatto a spingere fili aventi \varnothing 0,6 - 2,4 mm, cambiando i rulli tra i quali viene premuto il filo.

Poichè è la velocità del filo che richiama più o meno corrente, l'esatta regolazione di questo parametro è essenziale per una buona saldatura. Per i fili solidi l'uso dei trainafili con due rulli si è rivelato il più adatto; per i fili animati ricavati da nastro sottile sono preferibili 4 rulli per ripartire la pressione del traino.

Al trainafilo sono collegati, oltre alla sorgente, il cavo con torcia e la bombola di gas.

- *Torcia con duplice funzione: far scoccare l'arco fra il filo ed il pezzo e portare il gas di protezione sul bagno di saldatura.*

I cavi con torcia hanno lunghezze comprese tra 2 e 4 m a seconda dell'impiego; lunghezze superiori sono possibili ricorrendo a speciali torce, sistema "push-pull", con incorporato un motore che tira il filo aiutando la spinta del normale motore del traino. Un'altra soluzione è data da pistole con microrocchetto incorporato. Lungo il cavo (normalmente entro una guaina di protezione) sono disposti: il conduttore della corrente di saldatura, i cavetti di comando, la tubazione del gas ed eventuali tubazioni per l'acqua, nel caso di torce non a raffreddamento naturale, oltre alla guaina guidafile. L'impugnatura della torcia reca un pulsante di comando per l'inserzione della corrente di saldatura, la fuoriuscita del gas e l'avanzamento del filo.

Il corpo della torcia, isolato esternamente, conduce filo, gas e corrente; termina con un ugello, dal quale fuoriesce il gas mediante un apposito diffusore, attorno ad un tubetto che porta corrente al filo che vi scorre dentro.



La presenza di tutti questi componenti, naturalmente, aumenta notevolmente il prezzo di una macchina per saldatura MIG/MAG nei confronti di una macchina per saldatura a elettrodo (che, praticamente, è poco più di un generatore di tensione con caratteristica cadente).

Inoltre con i fili continui è possibile avere densità di corrente più elevate di quelle sopportabili dagli elettrodi rivestiti (in questi ultimi una densità di corrente eccessiva provoca la fessurazione del rivestimento, a causa dei coefficienti di dilatazione diversi fra anima metallica e rivestimento stesso), quindi è possibile ottenere penetrazioni maggiori, cioè riempimento del giunto con un numero minore di passate.

La saldatura MIG/MAG, come tutti i procedimenti a filo continuo, è un procedimento derivato dall'arco sommerso, ma, nei confronti quest'ultimo, ha il vantaggio che l'operatore può tenere l'arco sotto osservazione diretta, quindi può controllare l'esecuzione della saldatura come nei procedimenti a elettrodo (elettrodo rivestito e TIG), altri vantaggi nei confronti dell'arco sommerso sono la mancata formazione di scoria e la possibilità di saldare anche in posizioni non piane.

Il gas di protezione ha la funzione di impedire il contatto del bagno di fusione con l'atmosfera, quindi deve essere portato sul bagno di fusione direttamente dalla torcia. L'aggiunta di un gas ossidante (inizialmente Ossigeno e, successivamente, Anidride carbonica) non solo permette una protezione, ma ha effetti favorevoli sul trasferimento di metallo dal filo al bagno di fusione, quindi si diffonde la tecnica MAG, che utilizza un gas attivo per la protezione ed il procedimento viene esteso anche alla saldatura di acciai al carbonio. I gas di protezione inerti più utilizzati sono Ar (argon) ed He (elio), entrambi sono gas monoatomici inerti, ma, mentre l'Ar è più pesante dell'aria, quindi stagna sul bagno di fusione, garantendo una maggiore protezione, l'He è più leggero dell'aria, quindi fornisce una protezione minore, tuttavia, avendo una conduttività termica circa 10 volte quella

dell'Ar, permette una penetrazione della saldatura maggiore. Per questo motivo l'utilizzo di He è limitato a giunti di elevato spessore o a materiali aventi elevata conducibilità termica (Cu o Al).

Invece i gas attivi sono generalmente miscele di Ar e CO₂, con l'anidride carbonica che, in casi estremi sostituisce l'Ar (comunque raramente viene usata in percentuale superiore al 25%).

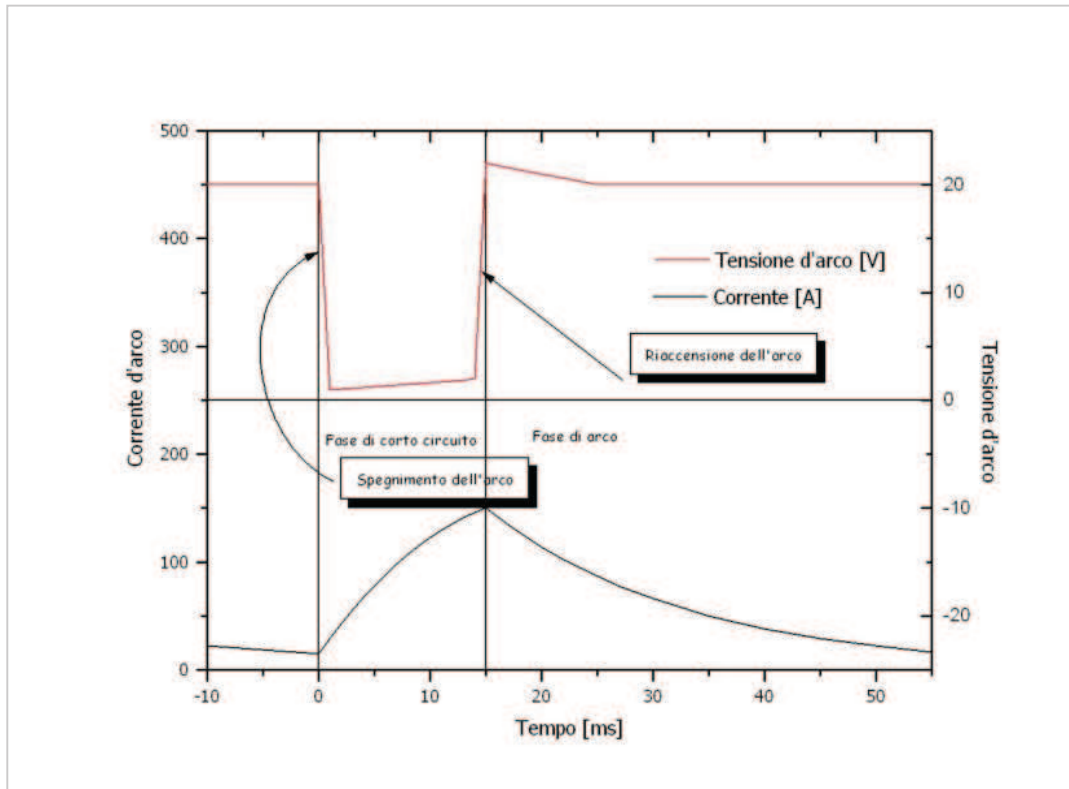
La presenza di CO₂ aumenta la stabilità di posizionamento dell'arco su materiali ferromagnetici (acciai al carbonio o bassolegati). Inoltre la presenza di gas attivo permette una maggiore penetrazione del giunto. D'altra parte la presenza di CO₂ provoca un aumento della corrente necessaria per avere un trasferimento di metallo a spruzzo fra il filo ed il bagno, aumenta gli schizzi (spatter) e diminuisce la stabilità elettrica dell'arco. Quindi per poter usare gas attivi con trasferimento a spruzzo, generalmente si utilizza una corrente pulsata, cioè una corrente che presenta picchi di intensità di durata e frequenza prestabilite, per avere un'immissione di energia continua, ma il distacco della goccia metallica solo durante la fase ad alta intensità di corrente.

Il metallo del filo, fondendo, si trasferisce al bagno di saldatura praticamente con tre modalità:

- trasferimento per corto circuito

la corrente che percorre il filo non è abbastanza alta da portarlo alla temperatura di fusione, quindi il filo viene a contatto con il bagno, provocando un corto circuito fra i due metalli che, facendo aumentare la corrente, fonde l'estremità del filo, cioè il metallo non viene trasferito attraverso l'arco. In genere la frequenza con cui avvengono i corti circuiti è mantenuta fra 20 e 200 per secondo. In questo modo vengono generate una serie di piccole "pozzanghere" che solidificano velocemente, data la temperatura relativamente bassa.

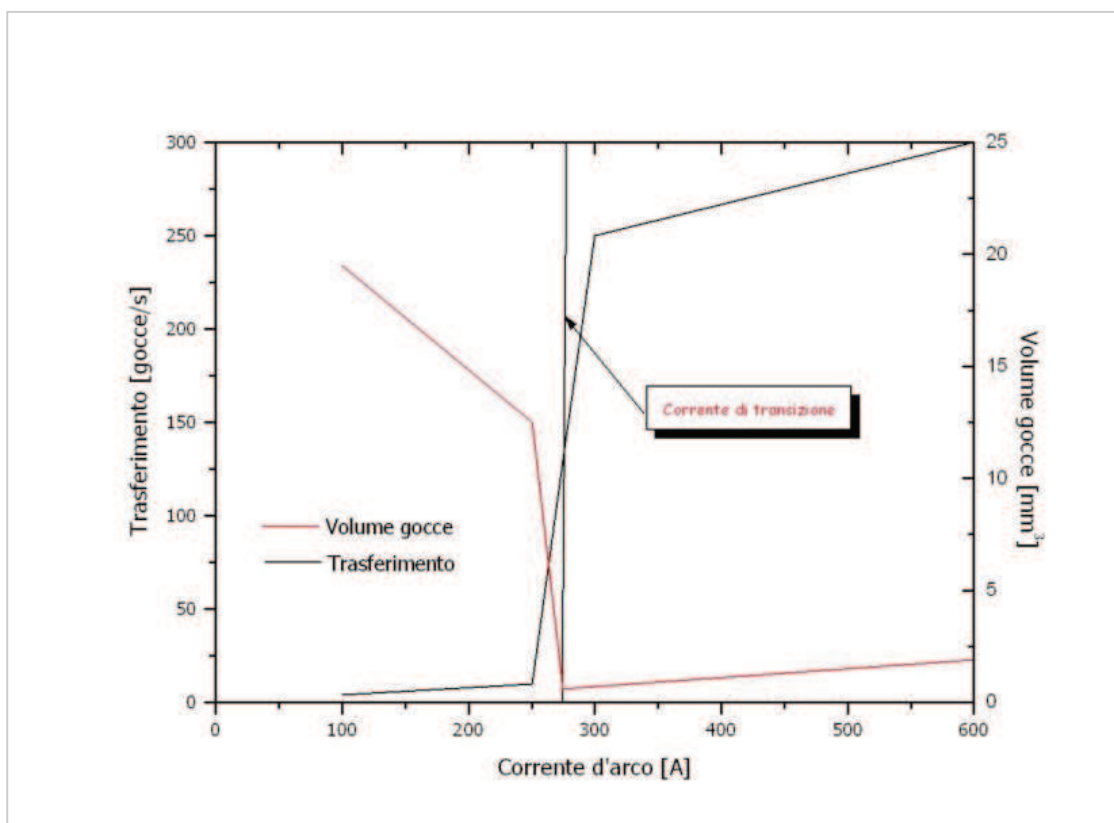
Quindi questa modalità di trasferimento è particolarmente adatta a saldature su piccoli spessori, saldature in posizione (verticale o sopratesta) o per chiudere aperture formate in seguito a lavorazioni o riparazioni. In genere si evita di usare questa forma di trasferimento, dato che provoca livelli molto alti di spatter.



Corrente e tensione d'arco nel corso del trasferimento del metallo per corto circuito

- trasferimento a gocce

il filo fonde in gocce con diametro superiore a quello dell'elettrodo, che vengono trasferite nel bagno essenzialmente per effetto della forza di gravità, quindi questo metodo di trasferimento può essere usato solo in posizione piana. Con questo metodo di trasferimento si deve avere un arco abbastanza lungo per permettere alla goccia di cadere nel bagno senza provocare corti circuiti, che, disintegrandola, provocherebbero spruzzi sul metallo adiacente.



Trasferimento di gocce di metallo in funzione della corrente (questo diagramma varia con metallo d'apporto, diametro del filo e gas di protezione)

- trasferimento a spruzzo

Nell'ultimo caso il filo fonde formando un gran numero di gocce di piccole dimensioni, con correnti più alte di quelle richieste per il trasferimento a gocce. In questo modo si ottiene un trasferimento in un arco molto stabile, praticamente privo di spatter. La corrente sopra la quale avviene questo tipo di trasferimento è indicata come corrente di transizione a spruzzo, sopra questa corrente la velocità di trasferimento passa da poche gocce per secondo a 200-300 gocce per secondo. Dato che le dimensioni delle gocce sono molto più piccole di quelle generate nel trasferimento a gocce, la forza di gravità è inferiore alle forze elettriche provocate dall'arco, quindi questa modalità può essere usata (con difficoltà) anche in posizioni diverse da quella

orizzontale. Questa modalità di trasferimento, richiedendo correnti elevate, e quindi un elevato apporto termico, non è consigliabile quando vengono saldati piccoli spessori.

Per superare le difficoltà collegate all'elevato apporto termico che caratterizza il trasferimento a spruzzo le macchine per saldare MIG/MAG sono state modificate in modo da lavorare con corrente pulsata. In pratica la macchina genera per una certa percentuale (generalmente il 70%, ma può essere aumentata o ridotta a seconda delle circostanze) del periodo (fissato sulla macchina) una corrente inferiore alla corrente di transizione a spruzzo. In questa fase il filo si scalda, ma non produce gocce che vengono trasferite, e contemporaneamente viene mantenuto l'arco che scalda il bagno di saldatura. Dopo la pausa, la corrente viene innalzata (generalmente a gradino) ad un valore superiore a quello della corrente di transizione, quindi per un certo tempo (qualche ms) trasferisce il filo nel bagno in modalità a spruzzo. Nelle macchine di saldatura più moderne è possibile modificare la forma d'onda (per esempio, gestendo la riduzione di corrente dopo il trasferimento a spruzzo). Questo modo di impiego della macchina per saldare ha notevolmente ridotto la difficoltà di saldare con questa tecnologia, ed il basso costo dei componenti elettronici ha permesso di contenere entro limiti accettabili il costo delle macchine stesse.



I rischi e le caratteristiche connesse a questo tipo di processo sono principalmente:

- Maggiore emissione di radiazioni UV e IR
- Le torce e i cavi richiedono maggior attenzione nell'uso rispetto all'elettrodo rivestito
- Si sviluppano maggiori temperature massime con radiazioni UV più energetiche
- Limitata formazione di particellato per la mancanza del rivestimento

- Captazione di fumi più difficoltosa per il flusso di captazione dell'arco
- Le leghe impiegate contengono una percentuale di cromo.

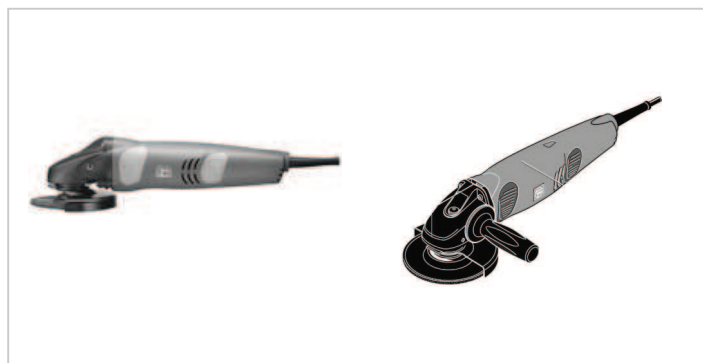
La molatura

Tale operazione consiste in un' azione abrasiva superficiale del disco sul filo di saldatura, risultando necessaria al fine di rimuovere imperfezioni e di uniformare la linea di unione tra le due superfici di alluminio in modo da ottenere una finitura regolare e completa. Nell' assemblaggio di manufatti in stabilimento, questa necessità è ridotta rispetto a quella che interessa la fase di assemblaggio delle sezioni di alluminio in nave, infatti è a bordo che si possono verificare delle situazioni in cui la sezione da montare necessita di ulteriori lavorazioni per la sua installazione.

Si riporta in seguito l'attrezzatura manuale impiegata nelle fasi di molatura o smerigliatura.

Le lavorazioni vengono svolte con mole aventi le seguenti caratteristiche di sicurezza:

- cuffia di protezione del disco;
- alimentazione ad aria compressa o a 42 Volt
- divieto di collegare l'utensile a prese multiple



vista laterale e assonometrica di una mola

- l'utensile deve riportare una etichetta con l'indicazione del tipo, della qualità, del diametro e della velocità massima d'uso. Le mole non devono essere usate ad una velocità superiore a quella indicata.

I rischi e le caratteristiche connesse a questo tipo di processo sono principalmente:

- il processo libera particelle di materiale in seguito all'azione abrasiva
- l'utensile trasmette vibrazioni all'utilizzatore
- l'utensile deve essere usato strettamente per l'operazione di smerigliatura

- la manichetta di alimentazione dell'aria compressa deve essere conservata in buono stato e sollevata da terra per evitare il danneggiamento accidentale
- l'utensile deve avere un dispositivo contro l'azionamento accidentale.

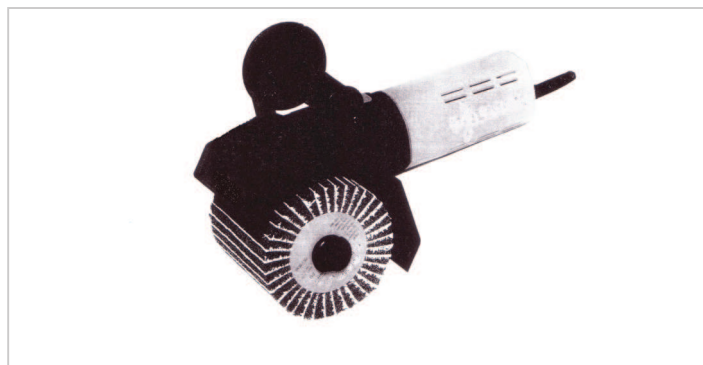
La spazzolatura

Tale operazione consiste in un' azione pulente e levigante della superficiale in alluminio e nello specifico viene svolta per livellare i cordoni di saldatura, rimuovere graffiature profonde, ruggine, strati ossidati, sporco e vernice.

Si riporta in seguito l'attrezzatura manuale impiegata nelle fasi di spazzolatura.

Le lavorazioni vengono svolte con mole aventi le seguenti caratteristiche di sicurezza:

- cuffia di protezione della spazzola rotante;
- alimentazione a 42 Volt
- divieto di collegare l'utensile a prese multiple.



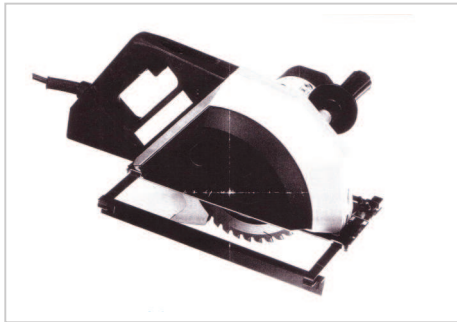
spazzolatrice

I rischi e le caratteristiche connesse a questo tipo di processo sono principalmente:

- il processo libera particelle di materiale in seguito all'azione abrasiva
- l'utensile trasmette vibrazioni all'utilizzatore
- l'utensile deve essere usato strettamente per l'operazione di spazzolatura
- il cavo di alimentazione del dispositivo deve essere conservata in buono stato e sollevato da terra per evitare il danneggiamento accidentale
- l'utensile deve essere provvisto di cuffia di sicurezza
- l'utensile deve avere un dispositivo contro l'azionamento accidentale.

Il taglio

È un' operazione *a freddo* che viene effettuata sia in assemblaggio di stabilimento che a bordo della nave, e si ottiene con l'utilizzo di attrezzature portatili con disco dentato.



Troncatrice

Le lavorazioni vengono svolte con troncatrice avente le seguenti caratteristiche di sicurezza:

- cuffia di protezione del disco;
- alimentazione a 42 Volt
- spina industriale a norma CE
- divieto di collegare l'utensile a prese multiple.

I rischi e le caratteristiche connesse a questo tipo di processo sono principalmente:

- il processo libera particelle di materiale in seguito all'azione di taglio
- l'utensile trasmette vibrazioni all'utilizzatore
- l'utensile deve essere usato strettamente per l'operazione di taglio
- il cavo di alimentazione del dispositivo deve essere conservata in buono stato e sollevato da terra per evitare il danneggiamento accidentale
- l'utensile deve essere provvisto di cuffia di sicurezza
- l'utensile deve avere un dispositivo contro l'azionamento accidentale.

4. ANALISI SVOLTE IN RIFERIMENTO ALLE PROBLEMATICHE DERIVANTI DALLE LAVORAZIONI SVOLTE SU LEGA LEGGERA

Tra le problematiche legate alle lavorazioni svolte su lega leggera, ci si è soffermati su due tipi di rischio: il rischio rumore e il rischio fumi di saldatura, sulle quali è stata svolta un'indagine accurata da parte della Fondazione Maugeri per valutare l'esposizione dei lavoratori.

Rischio rumore: nell' anno 2002 è stata affidata alla fondazione Maugeri una indagine ambientale per valutare l' esposizione a rumore degli addetti alla lavorazione delle lamiere di alluminio presso l' officina navale dello stabilimento di Monfalcone. In particolare sono state analizzate le attività di taglio in terza campata e carpenteria in quinta campata, e nelle salderie A e B. Le lavorazioni in tale zone si svolgono in capannoni coperti molto ampi. Le fonti di rumore derivano da sia dalle lavorazioni, sia dalla posa delle lamiere con gru magnetiche.

Si riportano di seguito alcuni dati e le conclusioni dell' indagine.



FONDAZIONE SALVATORE MAUGERI
CLINICA DEL LAVORO E DELLA RIABILITAZIONE
I.R.C.C.S.

LABORATORIO DI IGIENE AMBIENTALE
E TOSSICOLOGIA INDUSTRIALE

Istituto Scientifico di Pavia

Via A. Ferrata, 8
27100 Pavia

E-mail: igamb@ifo.it
Tel. 0382 592399-592303
Fax 0382 592072

Pavia, 13 febbraio 2003

Relazione Tecnica n° 0258
Misure eseguite il 27, 28 e 29 11/03

Fincantieri Cantieri Navali Italiani S.p.a
Palazzo della Marineria
Via Genova
Trieste

**VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE A RUMORE DEGLI ADDETTI AL TAGLIO DI
LAMIERE IN ALLUMINIO PRESSO LO STABILIMENTO DI MONFALCONE**

1 Scopo dell'indagine	2
2 Attività svolta in relazione all'esposizione a rumore	2
3 Strumentazione impiegata, tempi e metodi di misura	3
4 Metodo di calcolo del $L_{eq,d}$	4
5 Risultati delle misure	5
6 Valutazione dei risultati	6
7 Classificazione dei lavoratori per classi di rischio	7
Tabella 1: risultati delle misure fonometriche	
Appendice 1: risultati delle misure dosimetriche	
Appendice 2: schede di calcolo del livello equivalente personale	
Appendice 3: curve di isolivello equivalente	
Appendice 4: rapporti di misura con analisi spettrale	

Direzione del Laboratorio 0382-592361
U.O. Igiene Industriale 0382-592322

U.O. Misurazione Ambientale 0382-592323
U.O. Agenti Fisici di Rischio 0382-592318

FONDAZIONE SALVATORE MAUGERI

Laboratorio di Igiene Ambientale e Tossicologia Industriale

Rapporto di misura n° 1

Livello equivalente ponderato "A" e spettro in bande d'ottava

Misura eseguita da F. Frigerio in data 27/11/2002 ore 15.21.33

Presso: Fincantieri Montefalcone Strumentazione: 2900

Posizione di misura: F1

Descrizione della posizione:

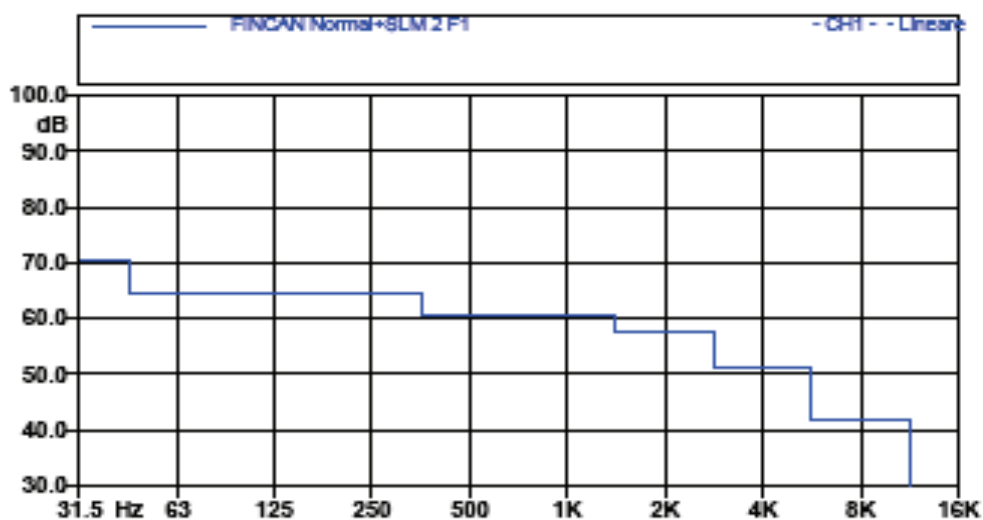
Livello di fondo prima delle operazioni di taglio

Livello equivalente: 71.9 dB(A)

MinF: 64.2 dB(A)

MaxF: 92.0 dB(A)

Spettro in bande d'ottava					
Hz	dB	Hz	dB	Hz	dB
31.5	70.3	63.0	64.4	125.0	64.5
250.0	64.6	500.0	60.7	1000.0	60.8
2000.0	57.6	4000.0	51.0	8000.0	41.9



Il Tecnico Competente

**CALCOLO DEL
LIVELLO EQUIVALENTE PERSONALE SETTIMANALE (Lep,w)
AI SENSI DEL DECRETO LEGISLATIVO n. 277/91**

Ditta Fincantier Cantieri Navali Italiani S.p.A.

Stabilimento di Monfalcone (GO)

Misure effettuate nei giorni 27-28-29/11/02

SCHEDA n° 1

Mansione: Addetto taglio lamiera di alluminio
basso carico di lavoro per taglio

Dosimetria	Descrizione	Leq dB(A)	Tempo di Esposizione (minuti)
2	Taglio 3° campata	93,6	480
Lep, d (2 giorni/settimana)		dB(A)	93,6

Posizione	Descrizione	Leq dB(A)	Tempo di Esposizione (minuti)
F1	Livello di fondo prima delle operazioni di taglio	71,9	480
Lep, d (3 giorni/settimana)		dB(A)	71,9
Lep, w		dB(A)	89,6

FF/AR

**CALCOLO DEL
LIVELLO EQUIVALENTE PERSONALE SETTIMANALE (Lep,w)
AI SENSI DEL DECRETO LEGISLATIVO n. 277/91**

Ditta Fincantier Cantieri Navali Italiani S.p.A.

Stabilimento di Monfalcone (GO)

Misure effettuate nei giorni 27-28-29/11/02

SCHEDA n° 1

Mansione: Addetto taglio lamiera di alluminio
elevat carico di lavoro per taglio

Dosimetria	Descrizione	Leq dB(A)	Tempo di Esposizione (minuti)
1	Taglio 3° campata	96,2	480
Lep, d (1 giorno/settimana)		dB(A)	96,2

Posizione	Descrizione	Leq dB(A)	Tempo di Esposizione (minuti)
F1	Livello di fondo prima delle operazioni di taglio	71,9	480
Lep, d (4 giorni/settimana)		dB(A)	71,9
Lep, w		dB(A)	89,2

FF/AR

FINCANTIERI
Cantieri Navali Italiani S.p.A.

Misure effettuate nei giorni 27-28-29/11/02

Tabella 1: Elenco dosimetrie

n° Dosimetria	Nominativo	Attività	Misura	Data inizio misura	L _{eq,T_e} dB(A)
1	Boriello	Molatura 5° campata	1	27/11/2002	97,6
2	Visuntin	Taglio 3° campata	1	27/11/2002	93,6
3	Litsei	Gruata 3° campata	1	28/11/2002	81,7
4	Steffè - Visuntin	Taglio 3° campata	2	28/11/2002	96,2
5	Tortolo	Taglio plasma 3° campata	1	28/11/2002	87,8
6	Stabile	Molatura saldena B	1	28/11/2002	94,0
7	Addeto ditta appaltatrice	Molatura saldena A	1	28/11/2002	91,2
8	Centro ambiente 5° campata	Normale attività	1	29/11/2002	81,9
9	Scapinello	Carpenteria 5° campata	1	29/11/2002	94,2
10	De Biasi	Carpenteria 5° campata	1	29/11/2002	87,8

FONDAZIONE SALVATORE MAUGERI

Laboratorio di Igiene Ambientale e Tossicologia Industriale

Rapporto di misura n° 13

Livello equivalente ponderato "A" e spettro in bande d'ottava

Misura eseguita da F. Frigerio in data 28/11/2002 ore 9.20.37

Presso: Fincantieri Monfalcone Strumentazione: 2900

Posizione di misura: T1P

Descrizione della posizione:

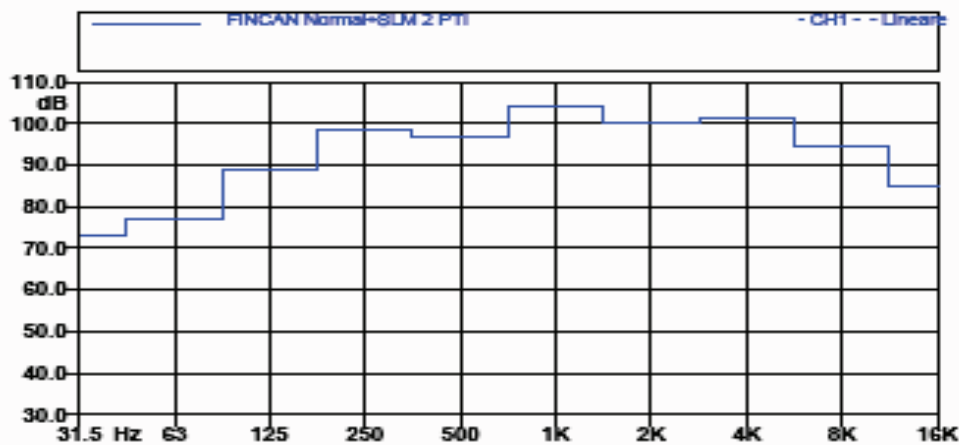
Interno barriera durante taglio trasversale con macchina pneumatica

Livello equivalente: 105.1 dB(A)

MinF: 86.8 dB(A)

MaxF: 109.5 dB(A)

Spettro in bande d'ottava					
Hz	dB	Hz	dB	Hz	dB
31.5	72.9	63.0	76.9	125.0	88.8
250.0	98.5	500.0	96.7	1000.0	104.4
2000.0	99.9	4000.0	101.4	8000.0	94.8



Il Tecnico Competente

FONDAZIONE SALVATORE MAUGERI

Laboratorio di Igiene Ambientale e Tossicologia Industriale

Rapporto di misura n° 38

Livello equivalente ponderato "A" e spettro in bande d'ottava

Misura eseguita da F. Frigerio in data 29/11/2002 ore 10.48.32

Presso: Fincantieri Monfalcone Strumentazione: 2900

Posizione di misura: B1

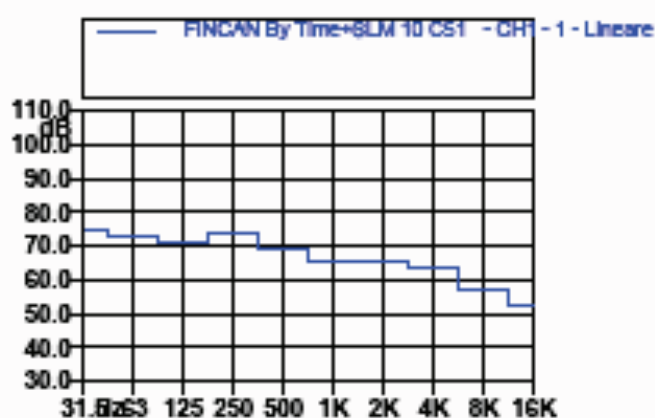
Descrizione della posizione:

Zona taglio lamiera vicino a operatore

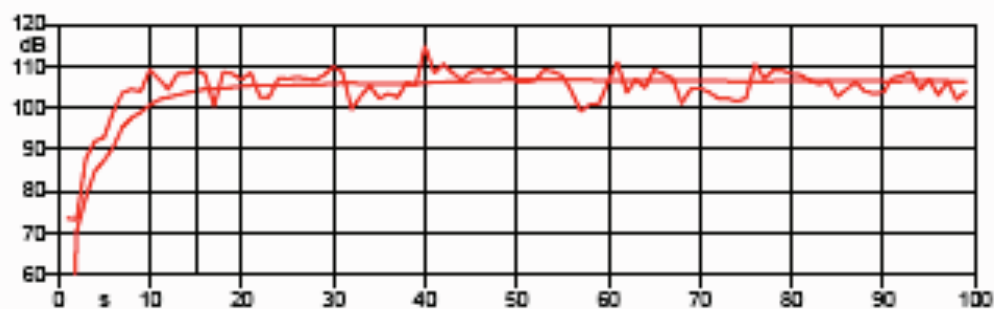
Livello equivalente: 106.3 dB(A)

MinF: 72.5 dB(A) MaxF: 116.1 dB(A) Eventi mascherati:

Spettro in bande d'ottava	
Hz	dB
31.5	74.8
63.0	73.1
125.0	70.8
250.0	74.3
500.0	69.6
1000.0	65.7
2000.0	65.2
4000.0	63.8
8000.0	57.3
16000.0	52.5



Andamento temporale del segnale fast



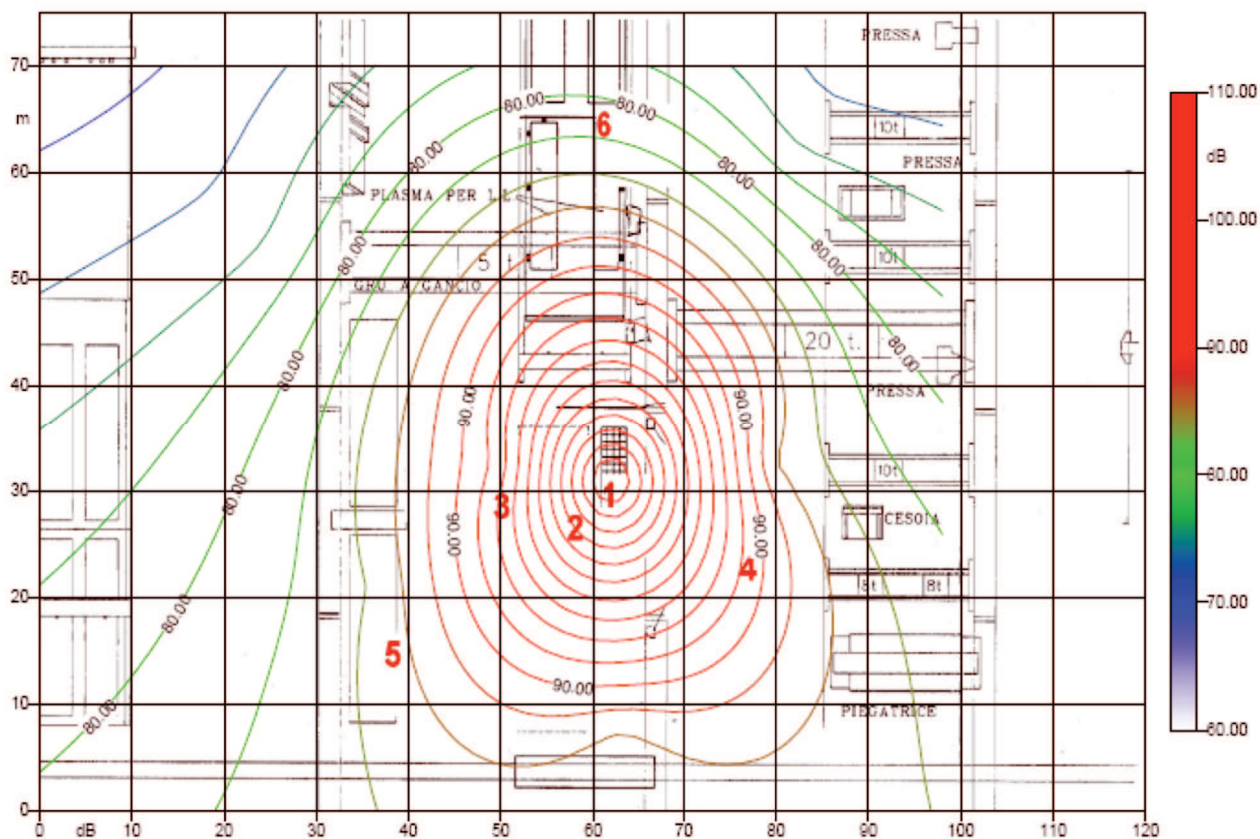
Il Tecnico Competente

FINCANTIERI
Cantieri Navali Italiani S.p.A.

Misure effettuate nei giorni 27-28-29/11/02

Tabella n. 1
Risultati dei rilievi fonometrici.
Livelli Equivalenti espressi in dB(A)

Rapporto di misura	Posizione n°	Descrizione delle posizioni	Leq dB(A)	MaxL
Officina navale 3° campata				
1	F1	Livello di fondo prima delle operazioni di taglio	71,9	92,0
2	S2	Durante taglio angolare (lamiera piccola) all'esterno delle barriere	81,5	91,9
3	S2	Durante taglio angolare (lamiera piccola) all'esterno delle barriere	90,2	91,4
4	S2	Durante taglio angolare (lamiera piccola) all'esterno delle barriere	90,3	95,4
5	F1	Livello di fondo prima delle operazioni di taglio	75,9	89,4
6	S1	Durante taglio angolare (lamiera piccola) all'interno delle barriere	84,9	95,7
7	S1	Durante taglio angolare (lamiera piccola) all'interno delle barriere	104,3	113,5
8	S2	Durante taglio angolare (lamiera piccola) all'esterno delle barriere	88,0	95,9
9	T1	Interno barriere durante taglio trasversale	108,3	115,5
10	T1	Interno barriere durante taglio trasversale	106,8	116,2
11	T1	Interno barriere durante taglio trasversale	104,2	115,5
12	T2	Durante taglio trasversale (lamiera grande) all'esterno delle barriere	71,5	86,0
13	T1P	Interno barriere durante taglio trasversale con macchina pneumatica	105,1	109,5
14	T1	Interno barriere durante taglio trasversale	107,6	114,4
15	T3	Centro campata 3 durante taglio trasversale	91,1	95,4
16	T6	Zona taglio plasma durante taglio trasversale	80,0	92,2
17	T6	Zona taglio plasma durante taglio trasversale	85,8	92,0



Durante il taglio lamiera, soprattutto all' interno delle lamiera, si superano i 100 dB(A)

In base alle misure effettuate è stata proposta la classificazione in :
 gruista Lep,d compreso tra 80 e 85 dB(A)
 addetto al taglio al plasma valori compresi tra 85 e 90 dB(A)

I valori misurati, anche in relazione al D.Lgs. 195/06, permettono di adottare misure di contenimento del rischio, con l' applicazione di misure di tipo organizzativo, procedurale e l'utilizzo di mezzi di protezione individuale. In particolare la compartimentazione della zona di taglio con struttura fonoassorbente, permetterebbe una riduzione del livello acustico di fondo eliminando dal rischio i lavoratori non interessati direttamente nella lavorazione.

Rischio polveri e fumi di saldatura

L'indagine sul rischio da polveri e fumi è stata effettuata per capire in modo approfondito la reale portata delle problematiche per la salute degli addetti.

Tra i lavoratori si era creato un certo allarme per la possibile esposizione a metalli contenuti nei materiali utilizzati (cromo, nichel, manganese, rame, berillio) ed alle sostanze che potenzialmente venivano emesse nelle condizioni operative (ozono, ossidi d'azoto). È stato pertanto richiesto di conoscere le tecniche più idonee per ridurre l'esposizione.

A seguito di vari incontri ed agli accordi tra Direzione Fincantieri e RLS, con la partecipazione del Servizio Unità Operativa Prevenzione Sicurezza Ambienti di Lavoro (UOPSAL) dell'Azienda Sanitaria, è stata affidata al laboratorio d'Igiene Industriale e Ambientale della Fondazione Salvatore Maugeri (IRCCS), l'esecuzione dei campionamenti e delle analisi utili a misurare gli agenti chimici aerodispersi durante le lavorazioni eseguite su materiali in lega leggera, nella fase di addestramento del personale e nell'allestimento della "costruzione 6067". Contemporaneamente ai campionamenti ambientali sono state determinate le concentrazioni di metalli tossicologicamente significativi nelle urine dei lavoratori addetti alle attività di saldatura e ad attività ad esse correlate. Dalla disamina delle schede di sicurezza dei materiali utilizzati, dalle informazioni ottenute nell'ambito degli incontri con i Rappresentanti dei lavoratori, tecnici aziendali e del Servizio Sicurezza sul Lavoro dell'Azienda Sanitaria, dai sopralluoghi negli ambienti di lavoro, sono stati identificati gli agenti chimici potenzialmente aerodispersi, le potenziali fonti di esposizione, le mansioni e/o i gruppi omogenei di lavoratori, che sono stati oggetto di indagine.

Reparti in cui sono state eseguite le misurazioni:

- Addestramento,
- Salderia "A" e "B",
- Officina di prefabbricazione (attività svolte da Fincantieri e varie Ditte),
- Bacino.

L'indagine è stata svolta dalla Fondazione Salvatore Maugeri, (dottor Danilo Cottica e dott. Francesco Frigerio): i campionamenti sono stati eseguiti nel periodo marzo 2002 - giugno 2003.

Sono stati eseguiti

1) campionamenti ambientali (postazioni fisse) e personali: substrati di prelievo sotto la maschera o in zona respiratoria dell'operatore e

2) il monitoraggio degli indicatori biologici d'esposizione sulle urine di alcuni operatori.

Le attività monitorate:

- Saldatura in varie condizioni durante l' addestramento: i campionamenti hanno riguardato varie tipologie di spessori di materiali, varie posizioni di saldatura, amperaggio;
- Saldatura semiautomatica in piano (BUG-O);
- Molatura e saldatura manuale;
- Taglio al plasma, appuntatura;
- Spazzolatura meccanica;
- Gruista;
- Saldatura in locali confinati e liberi.

Agenti chimici determinati:

- fumi di saldatura;
- polveri inalabili;
- polveri respirabili;
- rame;
- cromo totale (cromo VI solo se la concentrazione superava il TLV-TWA più restrittivo per il cromo VI);
- berillio (solo in fase di addestramento perché riportato nelle schede di sicurezza di alcuni materiali: mai rilevato dal metodo utilizzato),
- manganese,
- ozono,
- ossidi d' azoto.

Per il calcolo dei TLV-TWA: Fincantieri ha fornito i tempi medi di esposizione per ogni mansione

Monitoraggio Biologico: nelle urine dei lavoratori su cui sono stati eseguiti i campionamenti personali, sono stati determinati **romo, rame, manganese** (la raccolta dei campioni è avvenuta lunedì inizio turno e venerdì inizio e fine turno).

Materiali e metodi

La strategia di campionamento è stata impostata secondo i principi del D.Lgs. 25/02 e le norme UNI in modo che i risultati fossero rappresentativi delle variazioni spazio temporali del potenziale inquinamento derivante dalle lavorazioni; per il campionamento sono stati utilizzati sia sistemi in posizioni fisse, sia personali. Le metodiche utilizzate per le determinazioni ambientali sono così riassumibili:

- Polveri e fumi di saldatura: campionamento secondo quanto riportato nel D.Lgs. 277/91 per il piombo; determinazione ponderale mediante bilancia analitica alla settima cifra decimale;
- Metalli: NIOSH 7300;
- NOx: NIOSH 6014
- Ozono: OSHA ID 214

Per il monitoraggio biologico dei metalli, le urine, raccolte a inizio settimana (basali) ed inizio e fine turno a fine settimana, sono state diluite 1:10 con acqua bidistillata ed acidificate con acido nitrico all' 1%. L' analisi strumentale, come nel caso dei metalli aerodispersi, è stata eseguita per Mn e Cu mediante spettrometria di massa con sorgente al plasma induttivo (ICP-Ms) Perkin-Elmer, Elan 5000 mentre il Cr è stato analizzato in spettrometria ad assorbimento atomico con fornetto in grafite (GFAAS) PerKin-Elmer, ZEEMAN 4100 ZL.

Conclusioni:

I dati conclusivi riportati nella relazione della Fondazione Maugeri (dott. Danilo Cottica e dott. Francesco Frigerio) riportano, in termini cautelativi ai fini della valutazione dell'esposizione personale, i valori medi ponderati sui periodi di campionamento e non

sulle 8 ore, ponderazione richiesta per il confronto con i TLV-TWA proposti dall' ACGIH. Lo scopo di questa strategia d'indagine era quello di valutare il contributo (concentrazione e durata) di specifiche attività all'esposizione professionale degli operatori ed individuare eventuali situazioni con priorità d'intervento ai fini della prevenzione.

In sintesi è emerso:

- in tutte le determinazioni eseguite gli ossidi di azoto sono risultati ampiamente inferiori ai rispettivi TLV.
- Le concentrazioni dei metalli contenuti nei fumi di saldatura sono risultate comunque inferiori ad almeno $\frac{1}{2}$ del rispettivo TLV-TWA.
- Le concentrazioni dei fumi di saldatura determinate con campionatori personali ed in posizioni fisse hanno evidenziato in tutte le situazioni monitorate concentrazioni significative da 2,6 a 10,1 mg/m³. Questi dati evidenziano una notevole influenza più che dello spazio in cui si opera, delle modalità/situazioni in cui si procede soprattutto nella saldatura o nel taglio al plasma. Le concentrazioni rilevate, pur non essendo relative a medie ponderate sulle otto ore, quindi non direttamente confrontabili con il TLV-TWA di 5 mg/m³, sono significative ai fini del loro contributo all'esposizione professionale, per cui, con la riserva del calcolo del rispettivo TWA in funzione dei reali tempi d'esposizione per le varie attività, si consiglia una stretta vigilanza sull'efficienza/efficacia dei sistemi di prevenzione impiantistica (posizionamento dei sistemi d'aspirazione localizzata, posizione di saldatura ecc.) e la formazione/informazione per il corretto utilizzo dei DPI e sulle procedure operative più idonee a contenere l'esposizione.
- Relativamente all'addetto al "taglio al plasma aperture per sollevamento-orecchiette" se si considera un'esposizione concentrata in un turno di 4 ore, calcolando la media ponderata si otterrebbe una concentrazione di fumi di saldatura uguale al TLV-TWA; questa concentrazione si ridurrebbe a valori irrilevanti rispetto al TLV-TWA considerando un periodo medio d'esposizione giornaliero di 16 minuti.
- Le concentrazioni relative all'ozono hanno evidenziato concentrazioni mediamente superiori alla metà del TLV-TWA (8ore) per lavoro pesante; in un caso, ovvero la saldatura in "spazio di medie dimensioni", la concentrazione è risultata superiore al TLV-TWA

- Nelle operazioni di molatura la concentrazione delle polveri inalabili e respirabili sono risultate dell'ordine della metà dei rispettivi TLV-TWA; le relative concentrazioni di metalli sono di valore irrilevante.

Risultati:

In sintesi: tutti gli esami ambientali ed il monitoraggio biologico sono risultati nella norma.

Gli accertamenti eseguiti hanno rilevato una esposizione non significativa e l'efficacia dei sistemi di prevenzione e protezione adottati: formativi, procedurali, impiantistici, individuali.

Il Servizio Unità Operativa Prevenzione Sicurezza Ambienti di Lavoro dell'ASL ha partecipato alle riunioni con le parti ed ha seguito le fasi del monitoraggio ambientale.

3. BUONE PRATICHE

PROBLEMI e SOLUZIONI OPERATIVE e SPECIFICHE DELLA PREFABBRICAZIONE IN STABILIMENTO

La saldatura :

Le caratteristiche termiche del processo di saldatura, l' elevata conducibilità termica del materiale, sono comunemente fattori riscontrabili anche nella saldatura dell'acciaio ma l' alto potere riflettente dell'alluminio incrementa per irraggiamento l'esposizione termica del lavoratore impiegato nell'operazione e di conseguenza viene richiesto l'uso di appropriati e idonei Dispositivi di Protezione Individuale (DPI) a garanzia della sicurezza e della salute del lavoratore. Si riportano di seguito i rischi ai quali un lavoratore durante le operazioni di saldatura è esposto:

Rischi legati ai processi di saldatura

Inalazione di fumi e gas di saldatura

Radiazioni UV

Campi elettromagnetici

Rischi collaterali o ambientali

Rumore

Posture incongrue

Movimenti ripetitivi

IL rischio chimico nel saldatore

I saldatori sono esposti ad una varietà di fumi e di gas. Il particolato dei fumi contiene numerosi tipi di ossidi e sali di metalli e altri composti, che sono prodotti soprattutto dagli elettrodi, dal metallo d'apporto e dai flussanti.

I fumi prodotti dalla saldatura di acciaio inox e altre leghe contengono composti del nichel, cromo VI e cromo III. L'ozono si forma durante la maggior parte delle saldature ad arco elettrico e le esposizioni possono risultare elevate rispetto ai limiti di soglia, specialmente nella saldatura MIG dell'alluminio. Gli ossidi d'azoto sono presenti nella saldatura ad arco elettrico (MMA) e soprattutto dove si impiegano atmosfere protettive di gas. Gli operai che saldano su metalli verniciati possono inoltre essere esposti a numerosi composti prodotti dalla pirolisi.

Fumi e gas di saldatura

Si formano attraverso la condensazione di vapori generati dal calore di fusione ad alta temperatura del metallo (o lega) da saldare, dell'elettrodo e dalle atmosfere protettive.

Contengono:

80-90% ossidi metallici (ferro, cromo, manganese, zinco, rame, cadmio, berillio, mercurio, arsenico, nichel, piombo)

Composti derivati dagli elettrodi (silicati, biossido di titanio, ossidi di alluminio, composti del fluoro)

Composti originati dal materiale trattato con vernici, sgrassanti, fluidi lubrorefrigeranti (CO₂, NH₃, fosgene, HCl, Pb, Cr)

Gas (ozono, NO_x, CO, CO₂)

Possibili effetti sulla salute dei fumi e gas di saldatura

Effetti acuti

irritazione vie aeree superiori e bronchite

febbre da fumi di saldatura

broncopolmonite

edema polmonare

Effetti cronici

polmone del saldatore
tumori (polmonare, laringe)
gastrite cronica, ulcera
sindrome Parkinsoniana da manganese

Possibili effetti sulla salute da agenti fisici

Effetti acuti

Cheratocongiuntivite da UV
Fototraumatismo retinico

Effetti cronici

Sclerite cronica
Ipoacusia da rumore
Neuroangiopatie da HAV

Possibili effetti sulla salute da posture e fattori ergonomici

Patologie da sovraccarico biomeccanico degli arti superiori
sindrome del tunnel carpale
tendiniti
borsiti
sinoviti

Nelle operazioni di saldatura le procedure valutative sono per nulla diverse: si dovrà soprattutto considerare che gli agenti chimici da valutare non sono unicamente i materiali da utilizzare, ma i fumi che vengono prodotti, costituiti da materiale particellato e da composti gassosi originati dalle trasformazioni chimiche che subiscono le molecole dell'aria e dei materiali impiegati.

A seconda della tecnologia utilizzata e dei materiali lavorati, i fumi prodotti dalla saldatura possono variare la loro composizione e pertanto presentare rischi diversi.

Benché attualmente le manifestazioni di danno (acute o croniche) siano molto rare, è opportuno che esse siano tenute nella giusta considerazione perché la quantità di sostanza inalata spesso non è affatto trascurabile, al punto da poter essere dosata nel sangue o nelle urine a livelli decisamente superiori a quelli della popolazione generale.

L'attività di normazione tecnica in ambito europeo è molto sviluppata, soprattutto dal 1980: sono state emanate o sono in corso di emanazione una serie di norme EN sull'argomento, suddivise in due rami: la determinazione dei fumi di saldatura nella zona respiratoria del lavoratore (EN 10882 - parti 1, 2, 3, 4) e la determinazione di laboratorio dei fumi generati dalle operazioni di saldatura (EN 15011 - parti 1, 2, 3). Per quanto riguarda quest'ultimo gruppo, tali determinazioni porteranno ad una classificazione delle tecniche e dei materiali d'apporto correlata alla quantità e pericolosità dei fumi generati, con l'obbligo di applicare un livello minimo di ventilazione localizzata nelle immediate vicinanze della saldatura.

Connessa a questo aspetto è la prossima emanazione di norme (EN 15012) sui requisiti e sulla classificazione degli impianti di aspirazione dei fumi di saldatura, anche nei riguardi della protezione ambientale.

Dal quadro appena definito appare evidente che risultano coinvolti tutti i soggetti interessati ai procedimenti di saldatura, sia i datori di lavoro, sia i fornitori di materiali che quelli degli impianti preventivi.

Il datore di lavoro dovrà quindi comportarsi in modo adeguato nel valutare, ma anche nel porre in essere le misure di prevenzione e protezione, perché un fatto è certo: nelle lavorazioni di saldature devono essere adottate misure di tutela adeguate.

Molti sono i DPI disponibili e presenti sul mercato, sia come tipologia che come modello, ma non tutti risultano essere pratici e utilizzabili in maniera soddisfacente, a causa del disagio fisico che possono comportare.

Una scelta appurata è stata svolta dalle figure aziendali inerenti la Sicurezza nello Stabilimento Fincantieri di Monfalcone, interessando il Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione Aziendale, gli Addetti del medesimo Servizio e i Rappresentanti dei Lavoratori per la Sicurezza.

Dopo una attenta analisi delle problematiche, si è giunti a una scelta mirata ed efficiente dei DPI da utilizzare da parte dei Lavoratori, in modo tale da ridurre al minimo il disagio che può portare un uso quotidiano degli stessi, anche in condizioni lavorative particolarmente delicate.

Di seguito vengono riportate alcune problematiche durante le fasi di lavorazione dell' alluminio e le relative soluzioni adottate e da adottare per la protezione e la sicurezza dei lavoratori durante la loro attività.

BUONA PRATICA 1

LA CAPTAZIONE DEI FUMI DI SALDATURA

PROBLEMA

I gas che si sviluppano durante la saldatura provengono dai rivestimenti degli elettrodi e dalle modificazioni che si verificano a carico dell'ossigeno e dell'azoto durante il processo. Determinanti per il rischio respiratorio degli addetti alla saldatura (polmone da saldatore) sono gli ossidi di azoto, che si formano per ossidazione dell'azoto atmosferico e di cui il principale è il perossido di azoto (NO₂), l'ozono, che si forma per azione dei raggi ultravioletti sull'ossigeno atmosferico e infine i vapori metallici che si liberano nella zona di fusione.

Le operazioni di saldatura in ambienti ristretti senza adeguata ventilazione possono comportare il rischio di intossicazione acuta da questi gas. A risolvere questa problematica intervengono i sistemi di aspirazione localizzata che però, trovano spesso e malvolentieri difficoltà funzionali a causa del loro difficile posizionamento e stazionamento puntuale a servizio delle operazioni di saldatura su superfici verticali.



Nel caso di saldatura su superfici verticali in acciaio, il posizionamento del corrugato di aspirazione localizzata è garantito da sistemi a calamita, mentre nel caso di saldature da effettuarsi su superfici verticali in alluminio la risoluzione del problema, se affrontata, è affidata alla creatività dell'operatore.



Ulteriore problematica, anche conseguente alla precedente, è lo stato di manutenzione e di integrità dei corrugati di captazione localizzata.

SOLUZIONE

Una soluzione da adottare è quella di servirsi dell'ausilio di VENTOSE da applicare sulle superfici verticali di alluminio interessate dalla saldatura, in modo tale da avere un punto di ancoraggio fisso per la captazione localizzata dei fumi di saldatura.

1

VENTOSA PER IL FISSAGGIO DEL CORRUGATO DI CAPTAZIONE FUMI



- dispositivo costituito da un corpo di alluminio presso fuso e ventosa in gomma;
- il corrugato può essere agganciato al dispositivo per mezzo di semplice filo di ferro;
- l'attivazione del dispositivo di esecuzione del vuoto avviene a mano per mezzo di leva (portata massima ventosa Kg 40);
- la capacità di carico può ridursi notevolmente in presenza dei seguenti fattori: bassa temperatura, elevata umidità, mancata pulizia della gomma, gomma vecchia o danneggiata, utilizzo della ventosa su materiali non perfettamente lisci, elastici o non puliti.

IMPIEGO:

Le ventose hanno funzione di punto di aggancio per i tubi corrugati dell'aspirazione localizzata dei fumi durante la saldatura. Le ventose devono essere utilizzate per breve tempo. Nel caso di utilizzo prolungato, verificare saltuariamente l'adesione e ripetere la procedura di installazione per rinnovare l'integrità.



Prima di ogni utilizzo:

- effettuare un controllo visivo per accertare che il dispositivo sia in perfette condizioni, integro e pulito: le gomme e le leve devono essere perfettamente integre. Le gomme devono essere elastiche e se risultassero poco elastiche, per invecchiamento o usura, sostituirle.
- La ventosa deve essere utilizzata solo a mano. Mezzi meccanici, imprimendo accelerazioni incontrollate potrebbero provocare il distacco del carico e lesionare il dispositivo.

Lo stato di integrità dei corrugati di captazione localizzata quindi, potrebbe essere garantita dall'impiego di dispositivi come quelli sopra descritti e da un periodico controllo visivo a garanzia di integrità e funzionalità.

Con periodicità annuale andrebbero svolte le seguenti azioni di controllo:

- verifica generale delle parti meccaniche e dell'impianto elettrico;
- misura della velocità di aspirazione con anemometro;
- verifica e pulizia delle tubazioni di scarico;
- verifica motore impianto di estrazione.

A parità di portata del sistema di aspirazione, la velocità dell'aria in un dato punto è inversamente proporzionale al quadrato della distanza D , del punto stesso dalla "faccia"

della bocchetta; pertanto la bocchetta deve essere posizionata il più vicino possibile al punto di emissione.

Il calcolo delle portate necessarie per i vari tipi di impianto deve essere effettuato considerando una velocità di captazione necessaria alla sorgente non inferiore a 0,5 m/s con aumenti dovuti a particolari condizioni dell'impianto o ad altri parametri igienico-ambientali.

BUONA PRATICA 2

LAMPI DI SALDATURA

PROBLEMA

I processi di saldatura emettono pericolose radiazioni luminose. I più comuni infortuni agli occhi causati da radiazioni UV/IR sono le bruciature della retina e della cornea.

In stabilimento, questo rischio interessa il lavoratore nei casi in cui esso sia:



1

- lavoratore **direttamente** coinvolto nell'operazione di saldatura (mansione di saldatore)

2

- lavoratore **indirettamente** coinvolto nell'operazione di saldatura (mansione di assistente)





3

- lavoratore presente nel **medesimo luogo di lavoro**

SOLUZIONE

1

direttamente coinvolto nell'operazione di saldatura (mansione di saldatore)



- Schermo da saldatura, in fibra, a mano, tipo curvo, con rinforzo centrale
- dispositivo a protezione del lavoratore impiegato direttamente nell'operazione di saldatura;

Rif. Normativo: art.382 - D.P.R. 27/04/1955 N.547

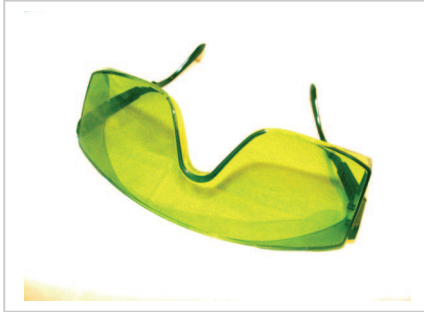
“protezione degli occhi”: I lavoratori esposti al pericolo di offesa agli occhi per proiezioni di schegge o di materiali roventi, caustici, corrosivi o comunque dannosi, devono essere muniti di occhiali, visiere o schermi appropriati.

IMPIEGO:

Lo schermo protettivo deve essere utilizzato in occasione della saldatura, a protezione degli occhi e viso per evitare eventuali lesioni alla retina e contatti con parti incandescenti proiettate.

Prima di ogni utilizzo:

- 1 effettuare un controllo visivo per accertare che il dispositivo sia in perfette condizioni, integro e pulito;

2**indirettamente coinvolto nell'operazione di saldatura (mansione di assistente)**

- dispositivo di protezione degli occhi per il lavoratore impiegato nell'assistenza all'operazione di saldatura;

Rif. Normativo: art.382 - D.P.R. 27/04/1955 N.547

"protezione degli occhi": I lavoratori esposti al pericolo di offesa agli occhi per proiezioni di schegge o di materiali roventi, caustici, corrosivi o comunque dannosi, devono essere muniti di occhiali, visiere o schermi appropriati.

IMPIEGO:

gli occhiali devono essere utilizzati in occasione della saldatura, a protezione degli occhi e viso per evitare eventuali lesioni alla retina.

Prima di ogni utilizzo:

- 1 effettuare un controllo visivo per accertare che il dispositivo sia in perfette condizioni, integro e pulito.

3**Nel medesimo luogo di lavoro**

Una soluzione già in fase di adozione all'interno della salderia navale potrebbe essere l'utilizzo di schermi paralampi (fissi o mobili), con funzione di segregazione della zona di saldatura e di evitare che il personale non impiegato direttamente venga investito dagli effetti della lavorazione.



Schermi paralampo mobili



Schermi paralampo fissi

BUONA PRATICA 3

Taglio, molatura e spazzolatura – POLVERI

PROBLEMA

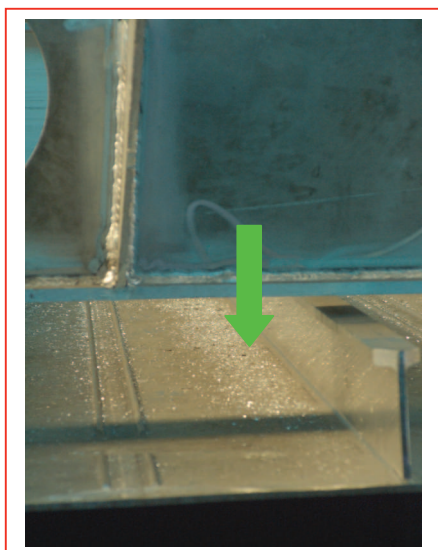
taglio

Trattasi di una operazione prevista durante l'allestimento di manufatti in alluminio e deve essere svolta con specifico utensile (troncatrice).



Il taglio effettuato con mola smerigliatrice si verifica in alcune occasioni ma **non è ammesso come idonea procedura di taglio.**

POLVERI da taglio



Il processo di taglio avviene per mezzo di dispositivo provvisto di disco dentato non sempre supportato da corrugato di captazione fumi. Inoltre, l'azione di taglio produce un deposito di particelle di alluminio sui profili che, in fase di pulizia, vengono asportati senza precauzioni particolari con innalzamento di polveri nell'ambiente di lavoro.

SOLUZIONE

L'eliminazione dei residui risultanti dalle operazioni di taglio, si potrebbe risolvere adottando una captazione localizzata durante la fase operativa senza ricorrere quindi ad una pulizia a processo concluso. In questo modo si ottiene anche garanzia per quanto attiene alla salute dei lavoratori impiegati nello stesso ambiente di lavoro.

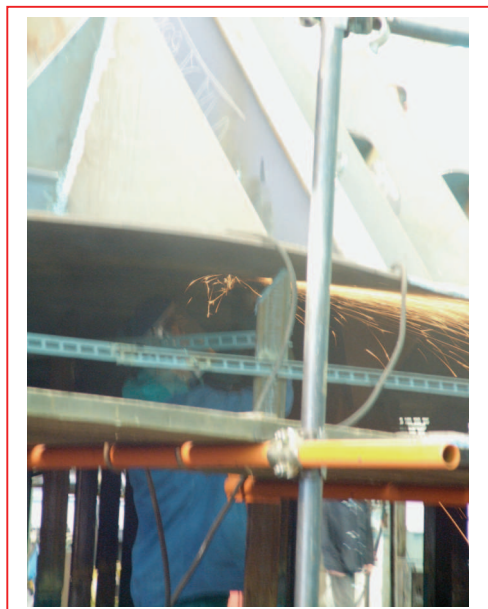


Taglio effettuato con troncatrice con ausilio di aspirazione localizzata

molatura

PROBLEMA

Trattasi di una operazione indispensabile per rimuovere porosità ed altri difetti di saldatura quali spruzzi e bruciature, impronte di ruggine.



Il processo di molatura consiste in una azione abrasiva del disco sul filo di saldatura, provocando di conseguenza una emissione di particelle in aria che possono interessare, se non il singolo operatore provvisto di adeguati D.P.I., l'ambiente occupato da altri lavoratori compromettendone la loro salute.

SOLUZIONE

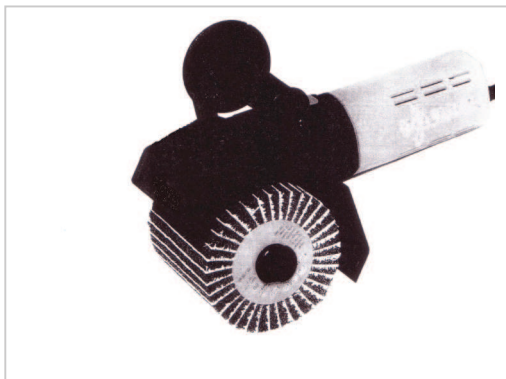
La soluzione al processo di molatura, per evitare una emissione di particelle in aria senza compromettere la salute di altri lavoratori impiegati in altre mansioni, potrebbe essere l'opportuno coordinamento delle operazioni nel tempo.



Organizzare quindi la fase di molatura in tempi e spazi diversi dalla fase di saldatura, in modo da evitare l'interferenza delle lavorazioni.

Spazzolatura

SOLUZIONE



L'importanza di eliminare alla fonte la produzione di polveri e particelle rimane valido anche per questo tipo di operazione, svolta con il fine di alzare il livello di finitura.

BUONA PRATICA 4

IDONEITÀ DELLE ATTREZZATURE



PROBLEMA

La molatura viene effettuata tramite un utensile specifico portatile provvisto di protezioni (cuffia metallica) che spesso vengono rimosse esponendo così il lavoratore a rischi specifici.



Taglio non opportuno effettuato con mola

SOLUZIONE

Oltre all'integrità delle attrezzature, si sottolinea la necessità di usare sempre attrezzature da lavoro compatibili con le lavorazioni da svolgere.

BUONA PRATICA 5

SCIVOLAMENTI IN PIANO

PROBLEMA



Gli spostamenti e le operazioni sulle superfici di alluminio sono spesso causa di scivolamenti in piano causati principalmente dal basso coefficiente di attrito tra l'operatore e il piano di calpestio.

La situazione viene ulteriormente aggravata dalla presenza di polveri, derivanti da operazioni di molatura, taglio e spazzolatura, che si depositano sulle superfici di lavoro lasciando in essere il pericolo di scivolamento da parte degli operatori.

SOLUZIONE

L'eliminazione dei residui derivanti dal lavoro delle superfici si potrebbe risolvere, oltre che adottando una captazione localizzata durante la fase operativa, con una immediata pulizia attraverso l'utilizzo di aspiratori industriali provvisti di filtro assoluto posto allo scarico dell'aria in uscita.



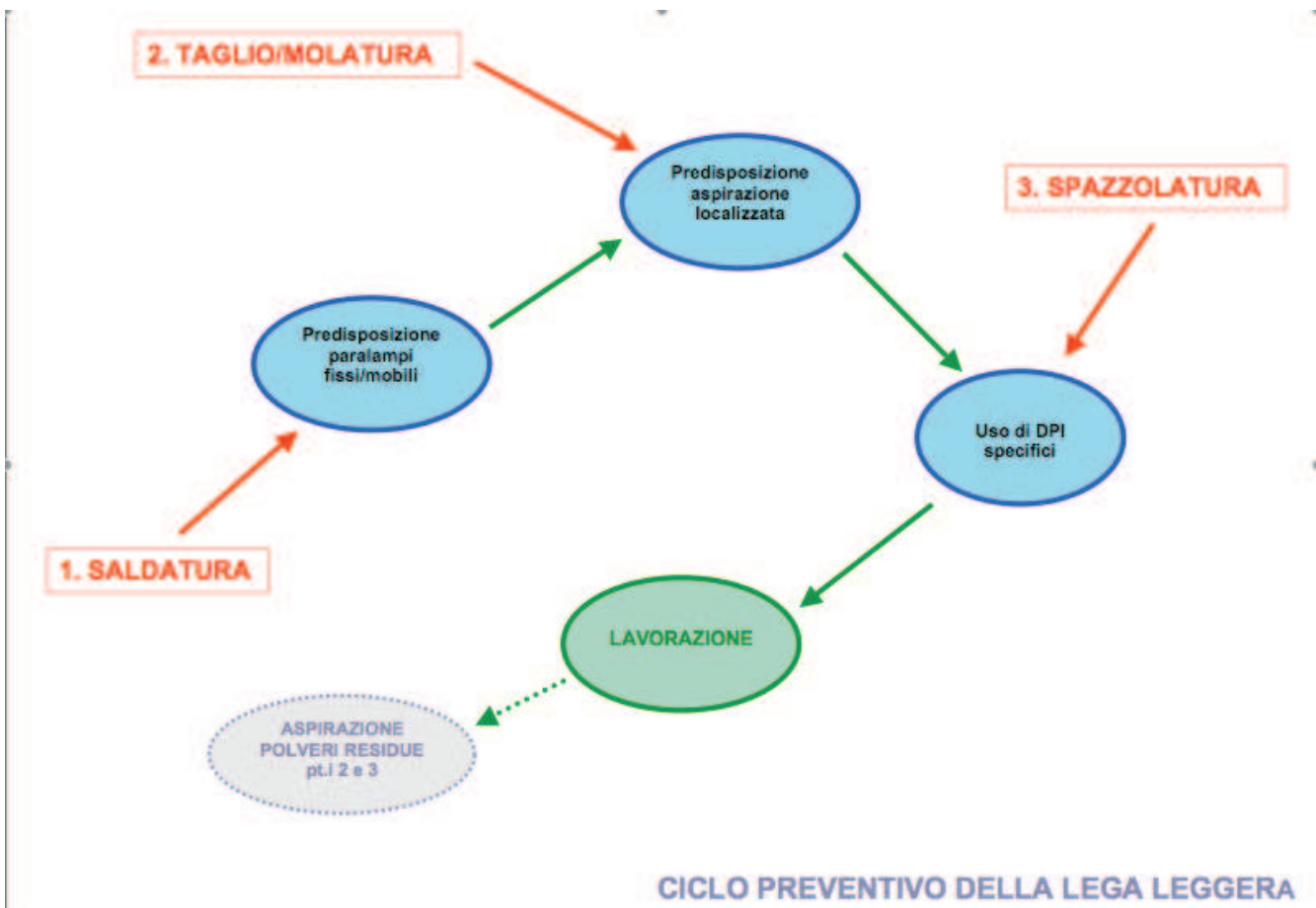
I filtri assoluti, montati sugli aspiratori industriali sono particolarmente indicati trovandosi in presenza di trucioli e particelle fini particolarmente pericolose, sia per la salute che per le condizioni del luogo di lavoro, permettendo di trattenere con elevata efficienza le eventuali particelle sfuggite al filtro primario.

Conclusioni:

La serie di problematiche fino a qui enunciate prendono in considerazione situazioni lavorative in cui il fattore di esposizione ai diversi rischi viene diminuito o in certi casi eliminato attraverso procedure di lavoro e accorgimenti tecnici specifici.

La tipologia di lavorazioni descritte sono esattamente riscontrabili anche a bordo della nave, durante la fase di assemblaggio dei blocchi preparati a terra (in stabilimento). L'elemento che eventualmente può complicare le situazioni lavorative a bordo è la configurazione del luogo di lavoro ma lascia inalterato il valore e l'applicabilità delle buone pratiche illustrate in questa sezione.

Di seguito viene riportato uno schema riepilogativo che individua le misure preventive da adottare per ogni tipo di lavorazione.



Il **ciclo preventivo** descritto individua tre delle tipologie di lavorazione effettuabili su lega leggera:

1. saldatura
2. taglio e molatura
3. spazzolatura

Per ciascuna si evincono le misure di prevenzione da mettere in atto, derivanti dalle buone pratiche:

1. *saldatura*: prima di intraprendere tale lavorazione bisogna preparare la postazione di lavoro predisponendo degli schermi paralampi (misura di protezione collettiva), l'aspirazione localizzata e indossando i necessari Dispositivi di Protezione Individuale. Solamente dopo aver soddisfatto questi punti, è possibile iniziare la lavorazione.
2. *taglio / molatura*: prima di intraprendere tale lavorazione bisogna preparare la postazione di lavoro predisponendo l'aspirazione localizzata e indossando i necessari Dispositivi di Protezione Individuale.
3. *spazzolatura*: prima di intraprendere tale lavorazione bisogna indossare gli opportuni Dispositivi di Protezione Individuale.

Una volta svolta la lavorazione in sicurezza, per le lavorazioni 2 e 3 è possibile aspirare le eventuali polveri residue depositate sul materiale per mezzo di idonei aspiratori, in modo tale da prevenire l'insorgere di ulteriori rischi quali ad esempio gli scivolamenti in piano.

Bibliografia:

- Alessio L, Apostoli P, Crippa M. Multiple exposure to solvents and metals. Occupational Hygiene 1994,1:127-151
- Antonini JM. Health effects of Welding. Crit Rev Toxicol, 2003; 33:61-103
- Korczynski RE. Occupational health concerns in the welding industry. Appl Occup Environ Hyg.2000; 15: 936-945
- Papaleo A, Palmi S, Bugiani M. Esposizione ad alluminio ed effetti neurocognitivi. G Ital Med Lav Erg 2001 (b); 23 (3): 321-322.
- Polizzi S, Pira E, Ferrara M, Herrero Hernandez E, Bugiani M. Neurotoxic effects of aluminium among Foundry Workers. Neurotoxicology 2001 (a); 22 (4): 540.
- Sarnico M. Devices for individual protection of the respiratory tract. G Ital Med Lav Ergon 2003, 25:116-9.
- Sjögren B, Lidums V, Håkansson M, Hedström L. Exposure and urinary excretion of aluminum during welding. Scand J Work Environ Health 1985 (11); 39-43
- Sjögren B, Langard S. RE:pulmonary effects of welding fumes: review of worker and experimental animal studies Am J Ind Med,2004; 45:478-479
- Westberg HB, Selden AI, Bellander T. Exposure to chemical agents in Swedish aluminum foundries and aluminum remelting plants - a comprehensive survey. Appl Occup Environ Hyg 2001; 16 (1): 66-77.