

**Sommario**

<b>1. PROCESSO DI SALDATURA.....</b>	<b>2</b>
<b>2. ANALISI DEI RISCHI CONNESSI.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Rischi da Agenti Chimici.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Rischi Da Agenti Fisici .....</b>	<b>4</b>
<b>3. RISCHI CONNESSI CON L'IMPIEGO DI SPECIFICI PROCESSI DI SALDATURA .....</b>	<b>4</b>
<b>3.1 Saldatura con fiamma ossiacetilenica ed ossitaglio.....</b>	<b>4</b>
<b>3.2 Saldatura all'arco elettrico.....</b>	<b>5</b>
<b>3.3 Elettrodo rivestito (SMAW) .....</b>	<b>5</b>
<b>3.4 Saldatura sotto protezione gassosa (MIG/MAG) .....</b>	<b>5</b>
<b>3.5 Saldatura ad elettrodo infusibile (TIG).....</b>	<b>5</b>
<b>3.6 Saldatura con fili animati (FCAW) .....</b>	<b>5</b>
<b>3.7 Saldatura con arco sommerso .....</b>	<b>5</b>
<b>3.8 Saldatura a resistenza (RW).....</b>	<b>5</b>
<b>3.9 Saldatura e taglio al plasma (PAW).....</b>	<b>5</b>
<b>3.10 Saldobrasatura alla fiamma .....</b>	<b>6</b>
<b>3.11 Brasatura dolce.....</b>	<b>6</b>
<b>4. SETTORI DI INTERVENTO PER LA BONIFICA ED IL MIGLIORAMENTO DELLE CONDIZIONI DI LAVORO.....</b>	<b>6</b>
<b>4.1 Aspirazione ed abbattimento dei fumi in saldatura .....</b>	<b>6</b>
<b>5. DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE .....</b>	<b>6</b>
<b>6. PRINCIPALI CAUSE DI INFORTUNIO .....</b>	<b>7</b>
<b>7. MODULISTICA .....</b>	<b>7</b>

## 1. PROCESSO DI SALDATURA

Nonostante le attività di saldatura non costituiscano una delle principali attività della S.B. Peterle, l'entrata in vigore il Titolo VIII, Capo V, D.Lgs. n. 81/08 relativo alla protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a radiazioni ottiche artificiali impone in presenza di particolari tipologie di lavorazione come la saldatura l'approfondimento della valutazione del rischio di cui questa istruzione vuole essere un supporto operativo per i dipendenti.

La saldatura è un processo con il quale vengono realizzati accoppiamenti permanenti di due parti metalliche. È un procedimento che porta alla formazione di un giunto saldato, caratterizzato dalla presenza dei metalli base (i due pezzi da saldare) e del metallo d'apporto (metallo aggiunto per formare il giunto saldato).

Le saldature si dividono in due categorie: autogene ed eterogene.

Nelle saldature autogene abbiamo la presenza del metallo base che, fondendo, prende parte alla formazione del giunto; il metallo d'apporto può essere presente oppure no, e, in caso di presenza del metallo d'apporto, questo è metallurgicamente simile al metallo base.

Nelle saldature eterogene il metallo base non prende parte alla formazione del giunto, poiché questo viene creato esclusivamente dal metallo d'apporto che, quindi, ha caratteristiche metallurgiche differenti (temperatura di fusione inferiore) da quelle del metallo di base.

La saldatura autogena si differenzia per il mezzo utilizzato per apportare calore per permettere la fusione tra metallo base e metallo d'apporto: sono presenti saldature per mezzo di gas (ossiacetilena) e ad arco elettrico (elettrodo rivestito, TIG, MIG, MAG).

La saldatura a gas utilizza, come sorgente di calore, la fiamma ottenuta mediante la combustione di acetilene con ossigeno: la reazione ha un elevato contenuto termico e bassa reattività della fiamma con il metallo base e d'apporto.

I due gas (ossigeno e acetilene) vengono compressi e forniti in bombole. Entrambe le bombole sono dotate di un rubinetto per l'apertura e la chiusura del flusso di gas; inoltre su ogni bombola è presente un gruppo riduttore / regolatore di pressione per adattare la pressione del gas a quella richiesta dal cannello.

Il cannello ha la funzione di far miscelare i due gas, di permettere la regolazione della fiamma e di dirigere la fiamma, localizzando l'apporto termico sul punto da saldare. Il cannello deve essere dimensionato in modo tale che la velocità della miscela dei due gas sia superiore alla velocità di propagazione della fiamma per evitare accensioni nella parte interna del cannello stesso.

E' vietato eseguire operazioni di saldatura in condizioni di pericolo in particolare:

- su recipienti o tubi chiusi;
- su recipienti o tubi aperti che contengano materie le quali, sotto l'azione del calore, possano dar luogo ad esplosioni o reazioni pericolose;
- su recipienti o tubi aperti che abbiano contenuto materie le quali, nel passaggio in fase gassosa, possano dar luogo ad esplosioni o reazioni pericolose;

I cavi di saldatura devono essere posizionati in modo tale da non costituire pericolo o intralciare i passaggi.

Occorre predisporre adeguati mezzi di estinzione; le manichette impiegate per l'estrazione localizzata dei fumi ed i cavi per l'illuminazione ottenuta con lampade portatili devono essere fabbricati con materiale autoestinguente.

E' necessario provvedere ad un efficace ricambio dell'aria nei locali chiusi (DPR 303, art. 9).

La captazione di gas e polveri deve avvenire immediatamente vicino alla fonte e in modo da non dover spostare continuamente la bocca della manichetta.

Le radiazioni elettromagnetiche prodotte devono essere schermate con idonei dispositivi.

I lavoratori, in generale, devono usare e conservare con cura i dispositivi di sicurezza messi a loro disposizione o comunque forniti dal Datore di lavoro; inoltre:

- è necessario l'impiego dei mezzi individuali di protezione;
- tutto il corpo deve essere protetto con indumenti idonei e comunque non leggeri né consumati;
- occorre proteggere gli occhi con dispositivi adeguati all'intensità delle radiazioni prodotte e al possibile rischio dovuto a schegge;
- non lasciare sotto tensione la saldatrice durante le pause o alla fine della giornata o dei turni lavorativi né lasciare incustodita la pinza portaelettrodi sotto tensione;
- non appoggiare sul terreno la pinza portaelettrodi non isolata o su parti metalliche;
- effettuare le regolazioni dei parametri elettrici in funzione delle istruzioni ricevute;
- verificare la correttezza dei collegamenti, l'integrità dei cavi e l'adeguatezza della manichetta estrazione fumi;
- utilizzare lampade elettriche portatili che posseggano i requisiti minimi.

Il lavoratore, prima dell'inizio delle operazioni di saldatura, deve comunque essere sicuro di conoscere le norme di sicurezza da osservare ed è tenuto successivamente al loro scrupoloso rispetto.

Qualora le operazioni di saldatura siano effettuate in locali o spazi stretti o angusti è necessario garantire le seguenti condizioni:

- illuminazione adeguata;
- ventilazione efficiente;
- isolamento di pinza e cavo;
- impiego dei dispositivi di protezione;
- evitare gli affollamenti;
- predisporre assistenza all'esterno del locale;
- valutare la necessità dell'isolamento (pedane, calzature).

## **2. ANALISI DEI RISCHI CONNESSI**

Le operazioni di saldatura e affini e quelle ad esse eventualmente collegate presentano la possibilità di generare un ampio spettro di pericoli per quanti effettuino le operazioni stesse o si trovino nelle immediate vicinanze; per quanto gli aspetti generali legati a tali operazioni siano largamente noti, si riportano di seguito alcune osservazioni di carattere introduttivo per facilitare l'approccio alla materia a chi non la conosca a fondo.

Alle operazioni di saldatura sono comunque associabili:

- elevatissime temperature localizzate;
- sviluppo di vapori metallici;
- sviluppo di fumi (particellato con dimensioni nell'ordine del mm);
- emissione di radiazioni elettromagnetiche (raggi UV bassa lunghezza d'onda/alta frequenza ed infrarossi);
- presenza di agenti fisici (rumore, campi elettromagnetici);
- proiezione di particelle solide fuse ad altissima temperatura;
- impiego di correnti elettriche di elevata intensità;
- pericoli derivanti da operazioni "complementari".

### **2.1 Rischi da agenti chimici**

L'esposizione ad agenti chimici risulta fortemente legata al tipo di processo di saldatura impiegato, al materiale base e d'apporto utilizzato, all'ambiente nel quale si effettuano le operazioni; l'apparato respiratorio è indubbiamente la via d'accesso preferenziale nell'organismo umano per gli agenti chimici, i quali possono successivamente distribuirsi all'intero organismo, determinando pertanto stati di intossicazione generalizzati.

Possono manifestarsi in generale:

- effetti sull'apparato respiratorio derivanti da agenti gassosi (ozono, biossido di azoto) o aerodispersi (fumi metallici, e loro composti: ossido di zinco, piombo, alluminio, manganese; fluoruri, combustione di prodotti ricoprenti);
- elevato potere irritante (bronchite cronica, enfisema polmonare) solo per procedure operative non corrette o poco sperimentate;
- rischi (raramente) da combustione di idrocarburi clorurati usati per operazioni di sgrassaggio, con possibile formazione di fosgene;
- rischi per l'apparato digerente (gastroduodenite cronica) e l'occhio, unitamente all'effetto delle radiazioni UV/IR (congiuntivite, cataratta);
- non sono presenti pericoli di silicosi o asbestosi, quanto quello di siderosi, ossia accumulo di polvere di ferro nei polmoni senza reazioni con il tessuto polmonare;
- non è ancora dimostrata la cancerogenità di metalli quali Cr, Ni (apparato respiratorio);
- fenomeno della "febbre da fumi metallici" quali Zn Cu: si manifesta in modo acuto ma breve, con irritazione alle mucose e sintomi di bronchite acuta.

In relazione alla rapidità e all'intensità dei fenomeni si possono distinguere:

- intossicazione acuta, se causata da assorbimento rapido di agenti tossici, in elevate quantità; è spesso di tipo reversibile ed improvvisa;
- intossicazione cronica, con assorbimento lento di dosi basse, con effetti sotto forma di malattia.

Sono comunque forme rare ma da non trascurare, essendo comunque presenti nei soggetti interessati livelli superiori (rispetto alla popolazione) di tracce di sostanze inalate (cromo urinario nel caso di saldatori di acciai speciali); in particolare:

- Il Pb può essere causa di saturnismo (e quindi anemia, ipertensione);
- il Cr può causare lesioni delle mucose di carattere cancerogeno;
- il Mn può causare sindromi analoghe al morbo di Parkinson;
- composti del F possono causare danni al sistema scheletrico;
- l'ossido di C, in % elevata, determina il tipico avvelenamento (cefalea, malessere generale);
- il cadmio contenuto in vari tipi di leghe per brasatura è tossico, ed è preferibile impiegare leghe che non lo contengono;
- il rame (MIG/MAG) determina irritazione alle vie respiratorie, tosse e sintomi di febbre da fumi metallici;
- il torio, talvolta contenuto negli elettrodi infusibili (TIG), è un elemento radioattivo; durante il comune impiego, comunque, è accertato che tali elettrodi non comportano significativi rischi di irradiazione esterna, mentre potrebbero insorgere problemi di irradiazione interna, dovuta ad inalazione di polveri, nel caso "si rifacesse la punta" senza le adeguate misure protettive;
- i solventi e loro vapori risultano irritanti, tossici per fegato e reni. Particolarmente critiche risultano di conseguenza le operazioni relative a lamiere verniciate (pitture epossidiche o allo zinco).

Non si hanno segnalazioni di pericolo per W, Ti, Si, Sn, Mg.

## 2.2 Rischi da agenti fisici

Con riferimento al problema del rumore, sono ormai note le patologie derivanti dall'esposizione ad elevati livelli di inquinamento acustico; analogamente, per quanto concerne le radiazioni elettromagnetiche, occorre mettere in relazione la loro pericolosità - tra l'altro - con l'intensità, la durata dell'esposizione e il tipo di tessuto interessato.

I pericoli derivanti dal rumore variano in funzione della sua intensità e delle frequenze (sono più dannose le alte).

E' quindi necessario predisporre, nel caso, opportuni pannelli fonoassorbenti, evitare vibrazioni eccessive dei pezzi, magari con l'impiego di supporti in legno, ruotare il personale soggetto ad alti livelli di inquinamento acustico;

le radiazioni UV agiscono sulla pelle (eritema, pigmentazione) e sugli occhi (microlacerazioni della cornea con stati di dolore, fotofobia; congiuntivite);

- in condizioni "normali" sono trascurabili i rischi da esposizione a campi magnetici, la cui pericolosità risulta peraltro ancora in discussione;
- in relazione al pericolo di shocks elettrici, si ricorda che per un saldatore mediamente affaticato e sudato possono essere seriamente gravi le tensioni a vuoto di 42 V in c.a. e di 80 V in c.c.;
- esistono processi particolari (laser, fascio elettronico) che richiedono posizioni di lavoro adeguatamente schermate.

## 3. RISCHI CONNESSI CON L'IMPIEGO DI SPECIFICI PROCESSI DI SALDATURA

Come si è già avuto modo di osservare, dal punto di vista dell'igiene e della sicurezza del lavoro le operazioni di saldatura risultano fortemente legate alla tipologia di processo e, nell'ambito del processo stesso, alle particolari condizioni con cui questo è impiegato; è pertanto indispensabile fornire indicazioni specifiche, fermo restando il fatto che nella pratica industriale sono contemporaneamente applicati, nella stessa realtà produttiva, solo alcuni dei processi sotto descritti.

### 3.1 Saldatura con fiamma ossiacetilenica ed ossitaglio

- generano temperature più basse rispetto all'arco elettrico, con minore produzione di vapori metallici;
- presentano minori quantità di particelle proiettate (schizzi, spruzzi);
- originano ossido e biossido di azoto, con pericolosità legata al livello di ventilazione, alle dimensioni degli ambienti, al sistema di evacuazione fumi.

Data la pericolosità del combustibile utilizzato (l'acetilene), la legge prevede disposizioni particolari per le distanze minime tra gli impianti di combustione o gli apparecchi a fiamma ed i generatori o gasometri, con particolare riferimento alla formazione di fiamme libere o alla presenza di corpi incandescenti.

Inoltre, per quanto riguarda le derivazioni di gas acetilene sono richiamati in modo esplicito i dispositivi di sicurezza da installare e le loro caratteristiche minime. Sono infine previste indicazioni di carattere generale per la movimentazione e lo stoccaggio dei recipienti dei gas compressi utilizzati.

Nelle operazioni di ossitaglio si verifica un sensibile arricchimento dell'ossigeno ambientale in quanto il 30% circa dell'ossigeno di taglio è rilasciato nell'ambiente; l'ossigeno è inodore e diviene pertanto estremamente pericoloso effettuare tali operazioni senza un'adeguata ventilazione ambientale.

### 3.2 Saldatura all'arco elettrico

- sono generate elevatissime temperature massime con sviluppo immediato di vapori metallici; la temperatura influisce anche sulle dimensioni del particolato e sulla sua tossicità;
- si ha formazione di radiazioni UV ad alta energia, con possibilità di scissione dei legami molecolari di O<sub>2</sub> ed N<sub>2</sub> e formazione di composti tossici (biossido d'azoto, ozono).

### 3.3 Elettrodo rivestito (SMAW)

- la composizione dei fumi è influenzata dal metallo d'apporto e dal tipo di rivestimento (acido, basico, cellulosico etc.). Biossido di titanio (rutilici) e fluorite (basici) sono sostanze presenti;
- la quantità dei fumi dipende dal diametro dell'elettrodo, dall'intensità di corrente e dall'eventuale preriscaldamento; particolarmente elevate risultano le quantità di fumi per gli elettrodi cellulosici.

### 3.4 Saldatura sotto protezione gassosa (MIG/MAG)

- si ha, a parità di corrente, una maggiore emissione di radiazioni UV;
- le torce ed i relativi cavi richiedono maggiore attenzione nell'uso rispetto al caso dell'elettrodo rivestito;
- presenta maggiori temperature massime (più vapori metallici), con radiazioni UV più energetiche (più rischi di ozono e biossido d'azoto);
- l'assenza del rivestimento limita la formazione del particolato;
- la captazione dei fumi risulta più difficoltosa a causa del flusso di protezione dell'arco;
- è impiegata su leghe ad alte % di Cr, Ni con conseguente necessità di maggiore ventilazione ed aspirazione dei fumi.

### 3.5 Saldatura ad elettrodo infusibile (TIG)

- genera minori quantità totali di fumi;
- è impiegata su leghe ad alte % di Cr, Ni;
- l'impiego di scintilla pilota ad alta frequenza può danneggiare cavi di gomma posti nelle immediate vicinanze, a causa dell'ozono rilasciato

### 3.6 Saldatura con fili animati (FCAW)

- Presenta caratteristiche analoghe all'elettrodo rivestito, con un minore sviluppo totale di fumi.

### 3.7 Saldatura con arco sommerso

- prevede un granulato di composizione variabile, con presenza di silicati che creano una scoria vetrosa protettiva;
- è quasi assente ogni tipo di fumo, che non riesce ad attraversare lo strato vetroso;
- sono assenti i pericoli derivanti dalle radiazioni UV/IR;
- nel flusso (granulato) sono a volte presenti metalli volatili, che possono dar luogo a modeste concentrazioni di tossici nocivi (Pb).

### 3.8 Saldatura a resistenza (RW)

- determina basse concentrazioni di particolato e sviluppo di gas nocivi;
- comporta il possibile sviluppo di vapori tossici se i particolari saldati sono ricoperti da sostanze di natura varia (vernici, oli, solventi etc.);
- sono assenti i rischi derivanti da radiazioni UV/IR.
- Nel caso di processo mal regolato possono proiettarsi alte quantità di particelle metalliche.

### 3.9 Saldatura e taglio al plasma (PAW)

- richiedono elevate tensioni a vuoto (100 , 400 V) con maggiore controllo del corretto posizionamento dei collegamenti di messa a terra e di massa;
- l'uso di alte frequenze per l'innesco dell'arco può esporre l'operatore al rischio di bruciature;
- producono elevati livelli di rumorosità e di radiazioni UV;
- possono determinare elevate concentrazioni di azoto.

### 3.10 Saldobrasatura alla fiamma

- prevede l'impiego di sorgenti a fiamma ossiacetilenica, ossipropanica od ossidrica con l'apporto di leghe brasanti a base rame e piccole percentuali di Ni, Si, Mn, Fe, Sn, Al e Pb; sono inoltre utilizzate paste flussanti a base di borace.
- può produrre una considerevole emissione di fumi che deve essere controllata eventualmente con estrattori localizzati (la concentrazione di rame nei fumi può causare "febbre da fumo");

### 3.11 Brasatura dolce

- è largamente applicata dall'industria elettronica.
- essendo impiegate leghe brasanti Sn-Pb con flussi attivi a base di resine (meno pericolosi di quelli ormai in disuso a base di cloruro di Zn) è necessario garantire l'estrazione dei fumi inquinati dal Pb ed evitare la contaminazione di sostanze alimentari provvedendo ad un'accurata pulitura delle mani dell'operatore.

## 4. SETTORI DI INTERVENTO PER LA BONIFICA ED IL MIGLIORAMENTO DELLE CONDIZIONI DI LAVORO

In considerazione di quanto esposto nei paragrafi precedenti risulta evidente la complessità della materia per chi debba affrontarla dal punto di vista dell'ottimizzazione delle condizioni di lavoro in termini di igiene e sicurezza; per conferire alla trattazione l'organicità necessaria si riportano in questo paragrafo le principali azioni da intraprendere, in relazione ai potenziali rischi presenti durante le operazioni.

### 4.1 Aspirazione ed abbattimento dei fumi in saldatura

Le azioni specifiche devono essere di tipo *preventivo* (minimizzazione della quantità e della tossicità dei fumi) e di tipo *protettivo*.

Le possibili forme di protezione assumono carattere:

- individuale (indumenti, maschere, schermature);
- ambientale (bonifica ambientale).

La bonifica dell'ambiente si attua attraverso le fasi:

- di captazione o diluizione;
- di espulsione, con eventuale depurazione dei fumi.

Gli impianti di ventilazione sono fondamentalmente di tipo localizzato o generale.

La ventilazione localizzata deve essere per legge effettuata il più vicino possibile alla sorgente; presenta una notevole efficacia, con minori volumi di aria movimentata rispetto alla ventilazione generale. Sono invece di norma superiori i costi di primo impianto per il piping e la captazione. La corretta progettazione dell'impianto parte dalla completa conoscenza delle fasi lavorative; possibili riferimenti sono la letteratura tecnica, indagini sperimentali, impianti già realizzati. In generale, la velocità di captazione non deve essere inferiore a 0,5 m/s, in funzione della tipologia dei fumi emessi.

La ventilazione generale (bonifica ambientale) prevede la diluizione delle sostanze inquinanti, con notevoli quantità d'aria movimentate; si può impiegare questa tecnica per bassi livelli di tossicità degli inquinanti oppure in modo complementare alla ventilazione localizzata.

L'attuale tecnologia consente di ottemperare tali limiti con l'impiego di sistemi di filtrazione a umido (scrubber) o a secco (filtri a maniche, elettrostatici) per il particolato, abbinati a sistemi di assorbimento o adsorbimento di gas e vapori.

## 5. DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE

Come previsto dalla vigente legge italiana e da quella europea e nella IQ02 adeguati DPI devono essere messi a disposizione del lavoratore per la tutela della sua salute e deve possedere tutti i requisiti necessari allo scopo.

E' d'altra parte dovere del lavoratore provvedere all'impiego corretto del DPI.

I possibili rischi, come già osservato, riguardano i saldatori o gli operatori e quanti concorrano indirettamente alle operazioni di saldatura. Oltre ai rischi direttamente o indirettamente collegati alle operazioni di saldatura esistono anche quelli legati al luogo e alle condizioni di lavoro (caduta di oggetti, schiacciamento degli arti, impigliamento degli arti in parti in movimento, lavori in quota etc.) ed al tipo di attrezzatura impiegata (elettricità, bombole di gas, tubazioni etc.).

Le operazioni di saldatura, brasatura, ossitaglio richiedono sostanzialmente gli stessi tipi di dispositivo per la protezione del corpo ad eccezione degli occhi (grado di protezione in funzione del processo di saldatura).

La dotazione si compone generalmente di:

- occhiali dotati di protezioni laterali e filtri colorati inattinici, con grado di protezione scelto in funzione dell'intensità della radiazione;
- schermo facciale con filtro colorato inattinico per saldatura ad arco elettrico o sopratesta; si ricorda, a questo proposito, che sono in commercio da alcuni anni maschere a caso a cristalli liquidi che si adattano in tempi brevissimi alle attuali condizioni di intensità luminosa evitando, di conseguenza, che il saldatore inneschi l'arco a maschera alzata e i frequenti movimenti normalmente compiuti con il collo per alzare od abbassare la maschera stessa;
- guanti di cuoio o materiale di caratteristiche equivalenti, resistenti alle particelle incandescenti, con protezione del polso e dell'avambraccio;
- scarpe di sicurezza con puntale protettivo e suola gommata per protezione di tipo elettrico;
- indumenti da lavoro di tipo ignifugo;
- grembiule e ghette di cuoio o materiale di caratteristiche equivalenti, resistenti alle particelle incandescenti;
- gambali;
- mezzi protettivi delle vie respiratorie (maschera o semimaschera con adeguato filtro), nel caso in cui non sia realizzabile un'adeguata eliminazione dei fumi di saldatura.

Per quanto concerne inoltre i rischi relativi al luogo ed alle condizioni di lavoro:

- elmetto protettivo in caso di caduta di oggetti o di possibile urto della testa contro oggetti ad altezza d'uomo;
- scarpe dotate di lamina antiperforazione, in caso di pericolo di perforazione del piede;
- cuffie o inserti auricolari in presenza di fonti di rumore;
- cinture di sicurezza per lavorazioni in quota o sulle navi;
- autorespiratori o mezzi idonei per operazioni in ambienti inquinati.

I DPI impiegati per la saldatura rientrano nelle categorie II e (in alcuni casi ) nella III.

## 6. PRINCIPALI CAUSE DI INFORTUNIO

Tra gli infortuni più frequenti si riscontrano le ustioni per contatto diretto con le parti da saldare o per il calore emesso dall'arco nella saldatura elettrica.

Non meno numerosi sono gli infortuni dovuti alla proiezione di scorie di saldatura durante la martellinatura dei pezzi.

## 7. MODULISTICA

M63 Saldare in sicurezza.