UILTEC
TESSILE ENERGIA CHIMICA

# I rischi da saldatura:

# - in ambiente di lavoro esterno e confinato
# - per personale esecutore e in assistenza lavoro

DI PAOLO BARONCINI
Esperto Salute e Sicurezza sul Lavoro UILTEC

# I RISCHI DA SALDATURA

## - in ambiente di lavoro esterno e confinato
## - per personale esecutore e in assistenza lavoro

**di Paolo Baroncini – Esperto Salute e Sicurezza sul Lavoro UILTEC**

---

## Sommario

Premessa.....2
Definizione e riferimenti generali - normativi. .....2
I rischi nei principali processi di saldatura.....5
Il rischio ottico .....8
I rischi per il personale in assistenza.....9
Quadro generale dei rischi da emissioni .....10
Bibliografia .....12

# Premessa.

Nel **settore manifatturiero industriale**, in quasi tutti i luoghi di lavoro sono presenti, nella zona occupata dall'azienda, **impianti** e **attrezzature** poste all'aperto e in ambienti chiusi, sopra e sotto il livello del suolo, costituite da **materiali** che, per essere **assemblati** o **manutenzionati**, abbisognano anche di interventi di installazione o manutenzione che richiedono l'operazione della saldatura metallica (sempre in modo più diffuso, soprattutto per le tubature, si utilizzano saldature su materiali sintetici, polimerici o catramosi che nel presente trattato non sono prese in considerazione).

Queste **attività** spesso, presentano **rischi** da esposizione diretta e indiretta di **natura rilevante**, non solo per gli **operatori addetti**, ma anche per il **personale incaricato** all'**assistenza** e **sorveglianza** dei lavori stessi, soprattutto quando sono **effettuati in ambiente all'aperto o confinato** (serbatoi, fosse, pozzetti, vasche e molto altro) dove, la limitazione della circolazione dell'aria porta ad un innalzamento della concentrazione e/o limite degli inquinanti di natura prevalentemente chimica e/o fisica.

Per questo, il testo a seguire, accentra l'attenzione non solamente sulle attività proprie dell'incaricato alle operazioni di saldatura, ma anche su ciò che può impattare sulla **salute** di **tutti** i **soggetti coinvolti** da **questo tipo di attività**, quantomeno **presenti** sul **luogo** di **lavoro**, **compresa** l'**esposizione involontaria**, purché rientrante nel **raggio** di **esposizione** alle **condizioni** di **rischio presenti**.

# Definizione e riferimenti generali - normativi.

La **saldatura** [1] è il **procedimento** che permette l'**unione fisico/chimica** di **due parti metalliche,** o più raramente altro materiale, mediante la **fusione** delle stesse, o tramite metallo d'apporto.

[1] Da Wikipedia in https://it.wikipedia.org/wiki/Saldatura

Se il **materiale di fusione** è il **componente delle parti** che devono essere unite, si parla di **saldatura autogena** mentre, se il materiale di fusione è **estraneo** a esse, detto **materiale di apporto**, si parla di **saldatura eterogenea** o **brasatura**.

Nell'elenco a seguire, sono indicati i **principali procedimenti di saldatura** attualmente in uso, accompagnati dalla denominazione italiana data dalla **norma ISO 4063**, di cui a seguito la tabella orientativa, ovvero:
**Elettrodo rivestito** [2], **Ossiacetilenica** [3], **Arco sommerso** [4], **GMAW-MIG/MAG** ("Gas Metal Arc Welding")[5], **GTAW-TIG** ("Gas Tungsten Arc Welding")[6], **Saldatura a plasma** [7], **Elettroscoria** [8], **Elettrogas** [9], **Saldatura laser** [10], **Saldatura a fascio elettronico** [11], **Saldatura a resistenza** [12] e **Saldatura per attrito** o "Friction Stir Welding" (FSW)[13].

| **Saldatura eterogena** | **Saldatura autogena** | | |
|---|---|---|---|
| | **A gas** | **Elettrica** | **Altre tipologie** |
| Saldo-brasatura | A fiamma ossiacetilenica | MMA – Manual Metal Arc | FSW - Per attrito o frizione |
| Brasatura dolce | A fiamma ossidrica | MIG - Metal-arc Inert Gas | A ultrasuoni |
| Brasatura forte | | MAG - Metal-arc Active Gas | A fascio elettronico |
| | | TIG - Tungsten Inert Gas | Laser |
| | | Ad arco sommerso | |
| | | Al plasma | |

[2] Vedasi https://it.wikipedia.org/wiki/Saldatura_a_elettrodo_rivestito

[3] Vedasi https://it.wikipedia.org/wiki/Saldatura_ossiacetilenica

[4] Vedasi https://it.wikipedia.org/wiki/Saldatura_ad_arco_sommerso

[5] Vedasi https://it.wikipedia.org/wiki/Saldatura_MIG/MAG

[6] Vedasi https://it.wikipedia.org/wiki/Saldatura_TIG

[7] Vedasi https://it.wikipedia.org/wiki/Saldatura_a_plasma

[8] Vedasi https://it.wikipedia.org/wiki/Saldatura_a_elettroscoria

[9] Vedasi https://it.wikipedia.org/wiki/Saldatura_a_elettrogas

[10] Vedasi https://it.wikipedia.org/wiki/Saldatura_laser

[11] Vedasi https://it.wikipedia.org/wiki/Saldatura_a_fascio_elettronico

[12] Vedasi https://it.wikipedia.org/wiki/Saldatura_a_resistenza

[13] Vedasi https://it.wikipedia.org/wiki/Friction_Stir_Welding

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | A resistenza | |

Nelle **attività** che **prevedono saldature**, escludendo i materiali polimerici o catramosi che abbisognano di diverse modalità di saldatura o assemblaggio, i **materiali più utilizzati** sono: **Ferro**, **Acciai** diversi, **Rame** e sue leghe (per esempio i bronzi), Leghe di **Nickel**, **Alluminio** e sue leghe, **Titanio** e sue leghe, **Piombo**, **Metalli refrattari** (Niobio-Nb, Tallio-Ta).

La saldatura deve essere effettuata solo da **personale** e **procedimenti qualificati**, dove le norme di qualifica dei procedimenti variano a seconda del campo di applicazione e a seconda del materiale che deve essere saldato.
Per regolamentare questa attività, in ambito europeo si seguono le norme **UNI EN ISO 15614-1:2017** per la qualifica dei procedimenti ad **arco voltaico** di **acciai** e **leghe di nichel**; le UNI EN ISO 9606/1:2013 per i **saldatori** e le **UNI EN ISO 14732** per la qualifica degli **operatori di saldatura**.

Inoltre, ai fini della definizione di un **percorso analitico preventivo** sui **rischi per l'esposizione personale**, principalmente per **inalazione dei fumi di saldatura**, vanno presi in considerazione:

- **Decreto Legislativo del Governo 9 aprile 2008, n. 81** o **Testo Unico sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro**.
- **UNI EN 689:1997** - **Atmosfera nell'ambiente di lavoro** - Guida alla valutazione dell'esposizione per inalazione a composti chimici ai fini del confronto con i valori limite e strategia di misurazione.
- **UNI EN ISO 10882-1** – **Campionamento delle particelle in sospensione e dei gas nella zona respiratoria del saldatore**.

Nello specifico, per ciò che attiene i **contenuti** del **D. Lgs. 81/2008**, i **principali riferimenti** sono così elencabili:
**• Allegato V - Requisiti di sicurezza delle attrezzature di lavoro costruite in assenza di disposizioni legislative e regolamentari di recepimento delle direttive comunitarie di prodotto, o messe a disposizione dei lavoratori antecedentemente alla data della loro emanazione**
Parte II - p.to 5.14 Impianti ed operazioni di saldatura o taglio ossiacetilenica ossidrica, elettrica e simili.
**• Allegato VI - Disposizioni concernenti l'uso delle attrezzature di lavoro**
p.to 8 Impianti ed operazioni di saldatura o taglio ossiacetilenica, ossidrica, elettrica e simili.
**• Allegato VIII - Indicazioni di carattere generale relative a protezioni particolari**
Elenco indicativo e non esauriente delle attrezzature di protezione individuale:
> Dispositivi di protezione degli occhi e del viso
- Schermi facciali.
- Maschera e caschi per la saldatura ad arco (maschere a mano, a cuffia o adattabili a caschi protettivi).
> Indumenti protettivi difficilmente infiammabili
- Lavori di saldatura in ambienti ristretti.
- Saldatura.
- Fucinatura.

- Fonditura
> Guanti
- Saldatura.
- Manipolazione di oggetti con spigoli vivi, esclusi i casi in cui sussista il rischio che il guanto rimanga impigliato
nelle macchine.
- Manipolazione a cielo aperto di prodotti acidi e alcalini.
> Indumenti di protezione
Termici - Materiali caldi o freddi, temperatura dell'ambiente
Contatto con fiamme
Lavori di saldatura

# I rischi nei principali processi di saldatura

L'esposizione ad **agenti chimici** è **legata** al **tipo di processo di saldatura impiegato**, al **materiale** base e d'apporto **utilizzato**, all'**ambiente** nel quale si effettuano le operazioni,

## Quadro generale dei rischi

Al fine di poter inquadrare, in modo ampio, le condizioni di **esposizione al rischio nel processo di saldatura** è necessario sviluppare un quadro generale che identifichi ed elenchi, in estrema sintesi, le **situazioni di rischio** a cui il **personale diretto** (saldatore) o **indiretto** (assistenza o presenza in loco per vari motivi) può essere esposto:

• **Saldatura a gas (fiamma ossiacetilenica e ossitaglio)** - origina ossido e biossido di azoto, fumi e vapori metallici, proiezioni di metallo fuso, temperatura elevata; utilizza gas compressi ed infiammabili;

• **Arco elettrico** - in generale si hanno temperature molto elevate, fumi e vapori metallici, radiazioni UV, formazione di ozono e biossido di azoto;

• **Elettrodo rivestito** - la composizione dei fumi è influenzata dal metallo d'apporto e dal tipo di rivestimento (acido, basico, cellulosico, etc.); la loro quantità dipende dal diametro dell'elettrodo e dall'intensità di corrente;

• **Saldatura MIG/MAG** - maggiore emissione di radiazioni UV e maggiore formazione di ozono, biossido d'azoto, fumi e vapori metallici; utilizzata su leghe ad alte % di Cromo-Cr e Nichel-Ni;

• **Saldatura TIG** - utilizzata su leghe ad alte percentuali di Cr e Ni; minore emissione totale di fumi;

• **Filo animato** - simile all'elettrodo rivestito con minore emissione totale di fumi;

• **Arco sommerso** - ridotta presenza di fumo per la barriera generata dallo strato vetroso formato dai silicati presenti nel flusso granulare; sono assenti i rischi da radiazioni UV; possono essere presenti nel flusso metalli volatili che danno luogo a modeste concentrazioni di tossici nocivi (Piombo-Pb);

• **A resistenza** - basse concentrazioni di fumi e gas nocivi; assenza dei rischi da radiazioni UV;

• **Saldatura al plasma** - elevate tensioni a vuoto (100-400 V); rischio di bruciature per le elevate frequenze di innesco dell'arco; elevati livelli di rumorosità e radiazioni UV; elevate concentrazioni di azoto;

• **Saldobrasatura alla fiamma** - uso di gas compressi ed infiammabili; notevole emissione di fumi; uso di leghe brasanti a base di Cu con piccole percentuali di Nichel-Ni, Silicio-Si, Manganese-Mn, Ferro-Fe, Stagno-Sn, Alluminio-Al, Piombo-Pb;
• **Brasatura dolce** - usa leghe brasanti Sn-Pb ed anche se ormai in disuso paste flussanti a base di Zinco-Zn.

La presenza di **gas compresso in bombole**, va anch'essa valutata secondo tipologia.

Comunque, in ogni caso va valutata anche la **Movimentazione manuale delle bombole** o dei **carrelli dedicati**, dei **generatori elettrici**, compresa quella delle attrezzature in dotazione):

**Ossigeno**
• **Gas in pressione** (200 atmosfere) fornito in bombole (50 litri) con l'ogiva colore bianco;
• È molto **ossidante** (**comburente**) e reagisce con quasi tutti i metalli e metalloidi consentendo l'accensione di materiali anche poco combustibili con scintille ed inneschi normalmente innocui;
• Se liberato in ambienti non ventilati **aumenta la velocità di combustione** e la **temperatura della fiamma**, **riduce la temperatura di accensione** e l'**energia d'innesco**.

**Acetilene**
• **Gas in pressione** (15 atmosfere) fornito in bombole (5 Kg) con l'ogiva colore marrone rossiccio, in soluzione con l'acetone in quanto instabile a pressioni superiori a quella atmosferica;
• È **infiammabile** in aria per percentuali in volume comprese fra 2,4 e 83;
• Nel caso di fughe con concentrazioni nei limiti di infiammabilità, può esserci il **rischio di incendio** o di **esplosione**;
• L'**inalazione ad alta concentrazione** di acetilene in miscela con l'aria può causare asfissia; l'**inalazione a bassa concentrazione** può avere effetto narcotico, con nausea o perdita di coordinamento.

Va valutata anche la **compatibilità normativa** per ciò che attiene alle **attrezzature e impianto elettrico**.
Il riferimento alla **norma CEI 26.13** ("**Prescrizioni di sicurezza per le apparecchiature di saldatura ad arco**", parte 1 – "**Sorgenti di corrente di saldatura**"), tale norma si rifà alle raccomandazioni della Direttiva CEE n. 73/23, in vigore dal 1979, è il principale criterio di riferimento per la **progettazione e la costruzione dei generatori di corrente per la saldatura elettrica ad arco** ed è applicabile alle sorgenti di corrente per la saldatura ad arco e procedimenti affini destinati ad usi industriali e professionali ed alimentate entro i limiti di bassa tensione (specificati nella pubblicazione IEC 38) od alimentate da mezzi meccanici.

I **contenuti** più evidenti in caso di analisi sul posto di lavoro, si possono così riassumere:

- Le saldatrici elettriche professionali devono possedere un **Attestato di conformità** rilasciato dall'**Istituto Italiano della Saldatura**, quantomeno ai sensi della Direttiva di Bassa Tensione n. 73/23, nonché della "**Certificazione CE**" (rispondenza della conformità ai requisiti essenziali di sicurezza per le macchine per la saldatura di materiali metallici e di materie plastiche e tecnologie affini e connesse).

- Gli **elementi metallici** delle apparecchiature devono essere **collegati a terra**;
- È **vietata** l'**installazione** di saldatrici in luoghi che presentino **pericoli di esplosione**;
- Le **pinze porta elettrodi** vanno **protette** dai **contatti accidentali** con parti in tensione e nel caso in cui gli elettrodi siano accessibili sotto tensione; 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 (DPR 547, art. 37); non appoggiare sul terreno la pinza portaelettrodi non isolata o su parti metalliche;
- È necessaria l'installazione di un **interruttore differenziale di protezione** delle persone contro i contatti indiretti nell'**impianto di alimentazione elettrica** (norme CEI);
- I **cavi** impiegati per la saldatura devono avere **caratteristiche adeguat**e alla **tensione** (Volt-V) ed alla **corrente** (Ampére-A) impiegate e il loro **rivestimento** deve essere adeguato alle condizioni di **temperatura**, **umidità** ed **acidità** dell'ambiente.

## L'apparato respiratorio

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** 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) specialmente in caso di procedure operative non corrette o poco sperimentate;
- **Rischi** 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);
- L'esposizione a fumi può portare a **Siderosi**, derivata da accumulo di polvere di ferro nei polmoni, senza reazioni con il tessuto polmonare.

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** o **tecnopatia** (se tabellata).

Sono comunque forme rare ma da non trascurare, essendo comunque presenti nei soggetti interessati livelli superiori (rispetto alla popolazione) di tracce di sostanze inalate (c); in particolare:

- Il **Piombo** (Pb) può essere causa di saturnismo (e quindi anemia, ipertensione);

- Il **Cromo** (Cr), in basse esposizioni, si può rilevare, nel caso di saldatori di acciai speciali, come metabolita "cromo urinario" o, per alte e/o lunghe esposizioni, causare lesioni delle mucose di carattere cancerogeno;
- Il **Manganese** (Mn) può causare sindromi analoghe al morbo di Parkinson;
- Composti del **Fosforo** (F) possono causare danni al sistema scheletrico;
- L'**ossido** di **Carbonio** (CO), in % elevata, determina il tipico avvelenamento (cefalea, malessere generale);
- Il **Cadmio** (Cd) contenuto in vari tipi di leghe per brasatura è tossico, ed è preferibile impiegare leghe che non lo contengono;
- Il **Rame** (Cu) e/o **Zinco** (Zn) soprattutto nei processi MIG/MAG, determina irritazione alle vie respiratorie, tosse e sintomi di "febbre da fumi metallici", quest'ultima si manifesta in modo acuto ma breve, con irritazione alle mucose e sintomi di bronchite acuta;
- Il **Torio** (Th), talvolta contenuto negli elettrodi infusibili (processo 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).

# Il rischio ottico

La **saldatura** è una delle **attività più pericolose** per l'**occhio umano** in quanto origina una tra le più **elevate intensità di radiazioni** rispetto a qualsiasi altro processo industriale.

Difatti, in queste attività, l'**occhio** è l'**organo umano** più **sensibile** e più **esposto** a (caso che avviene molto **più frequentemente** in capo al **personale in assistenza**, in quanto generalmente **non dotato dei Dispositivi di Protezione Individuale** -DPI- idonei):

- ✓ **Ultravioletti** - con frequenze ottiche che vanno da 200 e 350 Nm, agiscono sulla pelle (eritema, pigmentazione) e sugli occhi occhi (microlacerazioni della cornea con stati di dolore, fotofobia; congiuntivite). Il Classico "colpo d'arco" che provoca rossore agli occhi e che fa perdere in tutta Europa 72.000 ore lavorative l'anno.
- ✓ **Luce Blu** - con frequenze ottiche che vanno da 380 a 560 Nm di lunghezza d'onda. L'esposizione è molto pericolosa perché, se l'occhio non è protetto, il raggio luminoso penetra sino alla retina, danneggiandola in modo irreversibile; nel lungo periodo, il danno si manifesta con l'abbassamento della vista fino, nei casi più estremi, alla cecità.
- ✓ **Raggi Infrarossi** - provocano la deformazione della cornea per effetto del calore. Guarire è possibile solo tramite intervento chirurgico.

Ovvero, il **bagliore**, gli **spruzzi** di metallo fuso ed il **calore** e **emanati dalla saldatura** costituiscono il **rischio principale** per parti **interne ed esterne dell'occhio** a causa dei loro **effetti** nel **breve** e **lungo periodo**; senza contare la minaccia di fumi e gas negli ambienti poco areati che, oltre ad

interessare l'apparato polmonare, possono generare **danno** da **contatto** sulle **parti esposte** (**esterne**) **oculari** (cornea, la congiuntiva che copre la sclera, ghiandola e dotto lacrimale), nonché sulle **membrane cutanee** relative all'**orbita oculare** (corpo ciliare, palpebre).

L'adozione di ristrette normative di sicurezza assicura che **tale esposizione** sia mantenuta a **bassi livelli** nei luoghi di lavoro.
Comunque, un'adeguata **protezione per la vista richiede**, oltre ad una **protezione fisica**, una **protezione contro le radiazioni**.

# I rischi per il personale in assistenza

Le operazioni di saldatura e affini, nonché quelle ad esse eventualmente collegate, hanno la possibilità di **generare un ampio spettro di pericoli** per quanti effettuino le operazioni stesse o si trovino nelle immediate vicinanze, pertanto, alle operazioni di saldatura sono comunque associabili:
• **Rischi da agenti chimici** - legati all'inalazione dei fumi, vapori (anche metallici) e gas che si liberano durante il processo di saldatura a causa delle elevate temperature (fumi di saldatura, con particolato di dimensioni nell'ordine del mm, che possono contenere, secondo i processi e i materiali impiegati, perossido di azoto, monossido di carbonio, ozono ed altre sostanze estremamente nocive e cancerogene)
• **Rischi da agenti fisici** - radiazioni, calore, elettricità, rumore, campi elettromagnetici, proiezione di particelle solide fuse ad altissima temperatura.

In particolare:

- **Impiego di correnti elettriche di elevata intensità** - Il difettoso isolamento dei cavi elettrici nelle operazioni di cambio degli elettrodi può esporre l'operatore ad elettrocuzione (questo aspetto è spessissimo disatteso, in quanto le imprese tendono a ridurre la manutenzione dei cavi e si trovano in uso cavi con isolamento o manutenzioni decisamente fuori da ogni concetto di sicurezza elettrica).
- **Elevatissime temperature localizzate** - il calore proveniente da materiale metallico fuso e la proiezione di particelle incandescenti possono essere causa di ustioni.
- Nella saldatura ossiacetilenica è costante il rischio di **radiazioni infrarosse** e in tutte le saldature ad arco, oltre agli infrarossi si manifestano anche **raggi ultravioletti** (raggi UV bassa lunghezza d'onda/alta frequenza).
- La decomposizione di sgrassanti, lubrificanti e vernici presenti sui pezzi da saldare può dare origine a **monossido di carbonio**, **ammoniaca** e **fosgene**.
- Pericoli derivanti da operazioni "complementari".

È comunque **vietato eseguire operazioni di saldatura in condizioni di pericolo**, in particolare su:

- **Recipienti** o **tubi chiusi**;
- **Recipienti** o **tubi aperti** che **contengano materie**, o abbiano **contenuto materie** le quali, sotto l'azione del calore, possano dar luogo ad **esplosioni** o **reazioni pericolose**.

**I rischi per il personale in assistenza o presente in prossimità**

Come da premessa, si è detto che **il personale esposto al rischio** da esposizione ai **fattori di rischio** collegabili alle **attività** di **saldatura** riguardano, logicamente, il **saldatore** che esegue materialmente l'operazione, ma anche il **personale in assistenza posto nelle vicinanze**. Quindi, i rischi **collegabili** a **chi è presente nella zona operativa** si possono dividere in **4 grandi famiglie**:

1. I **rischi** di natura **ottica**;
2. I **rischi** da contatto con le parti calde
3. I **rischi** collegabili con l'**esposizione ai fumi** emessi durante l'attività;
4. I **rischi** da esposizione al **rumore** e **vibrazioni**;
5. I **rischi** di **innesco** di **miscele esplosive** in ambiente **ATEX**.

# Quadro generale dei rischi da emissioni

I **fumi da saldatura possono assumere l'aspetto di rischio:**
**- Chimico** (contenere, secondo i processi e i materiali impiegati, perossido di azoto, monossido di carbonio, ozono, sostanze nocive e/o cancerogene);
**- Meccanico** (possono liberare particelle abrasive, adesive o con temperature elevate)
- **Termico** (il calore si può trasmettere in modo **radiante** [14], attraverso le radiazioni ottiche, ma anche per contatto, come il mezzo di trasmissione può essere a **conduzione** [15] o **convettivo** [16]).

Per potere rendere abbastanza chiaro il fenomeno, è utile proporre l'**elenco** (a seguire) che **riporta i principali rischi di carattere generale** ai quali sono **esposti gli operatori**, riportante a fianco le **misure preventive** consigliate durante la saldatura: questo elenco servirà, quindi, anche per poter **riparametrare gli effetti** di questi **agenti di rischio** anche sul **personale in assistenza lavori presente in zona**.

Le schede in tabella riportano i **rischi chimici presenti durante la saldatura** di **prodotti specifici** e le **precauzioni** relative da **adottare**

| N | **Rischi per la salute** | **Fattori di rischio** | **Precauzioni consigliate** |
|---|---|---|---|

[14] Da Wikipedia in https://it.wikipedia.org/wiki/Irraggiamento - In termodinamica ed elettromagnetismo, per "irraggiamento" si intende il trasferimento di energia tra due corpi per mezzo di onde elettromagnetiche. Nel caso dell'irraggiamento di energia termica, si parla più precisamente di irraggiamento termico.
Vedasi anche DOE Fundamentals Handbook - "Thermodynamics, Heat transfer, and fluid flow" (Volume 2 of 3), p. 26.

[15] Da Wikipedia in https://it.wikipedia.org/wiki/Conduzione_termica - In fisica per "conduzione termica" si intende la trasmissione di calore che avviene in un mezzo solido, liquido o aeriforme dalle zone a temperatura maggiore verso quelle con temperatura minore.

[16] Da Wikipedia in https://it.wikipedia.org/wiki/Convezione - Nel caso in cui il moto convettivo sia associato ad uno scambio termico, si parla di "convezione termica". La convezione termica è uno dei tre modi di trasmissione del calore (convezione, conduzione e irraggiamento).

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | **Fumi e gas di saldatura** | Il carattere nocivo dei fumi di saldatura dipende:<br>- dalla loro **concentrazione** nell'atmosfera che il saldatore respira;<br>- dalla loro **composizione**;<br>- dalla durata **dell'esposizione**.<br>La **velocità di emissione dei fumi** durante la saldatura ad arco **aumenta con l'intensità della corrente**.<br>Di conseguenza, se si salda con corrente prossima ai valori massimi della gamma raccomandata si può aumentare la quantità dei fumi a livelli inaccettabili. | La saldatura all'aperto o in locali ben ventilati non richiede nessuna misura speciale di estrazione dei fumi.<br>Tuttavia si consiglia al saldatore di porsi in modo tale da non respirare i fumi emanati dall'arco.<br>Quando si lavora in spazi ristretti o in luoghi poco o mal ventilati è necessario utilizzare un sistema di estrazione dei fumi e/o mezzi di protezione dell'apparato respiratorio individuale. |
| 2 | **Emanazioni tossiche** | La saldatura di **pezzi verniciati**, **placcati**, **rivestiti**, **sporchi** di **olio** o di **grasso** può dar luogo a delle **emanazioni tossiche** provenienti per esempio dai **composti di zinco**, cadmio, rame, piombo e dai composti organici. Si fa notare che l'esposizione a fumi contenenti cadmio può risultare particolarmente nociva. | Per quanto possibile, prima di cominciare a saldare, asportare le vernici o gli altri rivestimenti intorno alla zona di saldatura con una molatura o con altri metodi adeguati. Se ciò risultasse impossibile si deve utilizzare un sistema di estrazione locale oppure mezzi di protezione individuale isolati dall'ambiente (autorespiratore). |
| 3 | **Materiali d'apporto in acciaio non legato** | La saldatura di acciai non legati, in particolare con **elettrodi rivestiti** o con **fili animati**, può dar luogo ad una **quantità di fumi eccessiva**, se si usano delle intensità di corrente elevate (per esempio con elettrodi di grosso diametro).<br>Alcuni fili animati per saldatura ad arco senza protezione di gas contengono dei composti solubili di bario, che possono provocare nei fumi di saldatura forti concentrazioni di questo costituente nocivo. | Quando la saldatura ha luogo in officina o in condizioni di lavoro similari, si deve utilizzare un sistema di estrazione locale oppure mezzi di protezione individuale (autorespiratore indipendente dall'ambiente o airliner collegato a bombole o pompa alimentante aria fresca) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 | **I gas inerti utilizzati possono sostituirsi all'aria** | I **gas inerti** che vengono utilizzati come gas di protezione, quali l'Argon, l'Elio e l'anidride carbonica, **possono sostituirsi all'aria** di locali dove si salda e possono provocare seri rischi di asfissia. | Accertarsi che la ventilazione elimini efficacemente i gas di saldatura nella zona di lavoro. |
| 5 | **Saldatura in vicinanza di solventi** | La saldatura ad arco effettuata in **vicinanza** di **solventi clorati**, utilizzati per le operazioni di pulizia o di sgrassaggio, **può produrre emanazioni estremamente nocive** in particolare quando i solventi o i loro vapori sono **esposti ai raggi ultravioletti dell'arco di saldatura**. | Non eseguire operazioni di pulizia o di sgrassaggio durante la saldatura, se le due operazioni hanno luogo nella stessa zona. Tenere lontani i prodotti di pulizia e di sgrassaggio dal luogo di saldatura. Eliminare tutti i residui di solventi prima di qualunque operazione di saldatura. |

In genere un'**esposizione breve** e **intermittente** ai fumi, soprattutto relativamente al **personale in assistenza** durante le **operazioni di saldatura** e quindi **non direttamente coinvolto**, **non presenta particolari pericoli** per la **salute umana**. Tuttavia, in **certe circostanze**, la **concentrazione** dei **fumi di saldatura può essere effettivamente nociva**.
A titolo di curiosità, si ricorda che l'uso del **latte** come mezzo di protezione dalle intossicazioni dovute ai fumi di saldatura non ha alcun fondamento di carattere scientifico, trattandosi di un problema di inalazione più che di ingestione di agenti nocivi.

# Bibliografia


- "Effects of Welding on Health", American Welding Society, Volumi I - VIII - Miami, Florida
- Welding Handbook, American Welding Society Volume V, ed. VII - 1984
- Safety in Welding and Cutting, ANSI / ASC Z 49.1, 1988
- Guide for Welding Fume Control, ANSI / AWS F 3.1, 1989
- UNI 9751/91 "Igiene e sicurezza nel campo della saldatura - Metodi di campionamento ed analisi dei fumi"
- Reference Workplaces for Manual Welding - Kadefors R., Laring J. e Bengtsson G. Svetsen, Special Issue 1E, 109-111, 1990
- Campionamento ed analisi dei fumi di saldatura: criteri di standardizzazione. Giornale degli Igienisti industriali, 16/1, 71-75, 1991
- Valori limite di soglia per le sostanze chimiche, per agenti fisici e indici biologici di esposizione. ACGIH - Giornale degli Igienisti industriali, 16/1, 1991
- Atti del Seminario "Salute e sicurezza in Saldatura" - Istituto Italiano della Saldatura, 1994
- Rivista Italiana della Saldatura, IIS, 1/92 e 4/93