

**suva**



## **Saldatura e taglio**

Protezione da fumi, polveri, gas e vapori





**Foto di copertina**

Nel piccolo riquadro sono visibili particelle di fumo di saldatura, ingrandite fino a 1250 volte, depositatesi su un filtro tessile rivestito di teflon (filtro tessile Gore). Struttura a ragnatela del rivestimento di un filtro sul quale appaiono particelle metalliche (sferette) e ossido di metallo flocculato presenti nel fumo di saldatura.

<b>1 Introduzione</b>	<b>4</b>	4.3 Saldatura di metalli con filo elettrodo in gas attivo	15
1.1 Prefazione	4	4.4 Saldatura di metalli con filo elettrodo in gas inerte	16
1.2 Pericoli durante i lavori di saldatura	4	4.5 Saldatura all'arco in atmosfera di gas inerte con elettrodo di tungsteno	17
<b>2 Principi di tutela della salute sul posto di lavoro</b>	<b>6</b>	4.6 Saldatura ad arco sommerso	18
2.1 Legislazione e prescrizioni concernenti la sicurezza sul lavoro	6	4.7 Taglio e saldatura al plasma	19
2.2 Individuazione dei pericoli	6	4.8 Saldatura autogena	20
2.3 Sostituzione di sostanze e procedimenti pericolosi	7	4.9 Saldatura per resistenza a punti	22
2.4 Protezione collettiva	7	4.10 Saldatura e taglio laser	23
2.5 Protezione individuale	7	4.11 Brasatura	24
<b>3 Procedimenti di saldatura e taglio</b>	<b>9</b>	<b>5 Valori limite d'esposizione sui posti di lavoro (valore MAC)</b>	<b>25</b>
3.1 Procedimenti di saldatura di metalli	9	<b>6 Misure di protezione</b>	<b>26</b>
3.1.1 Definizione del termine «saldatura»	9	6.1 Sostituzione delle sostanze e dei procedimenti pericolosi	26
3.1.2 Saldatura di metalli per fusione	9	6.2 Protezione collettiva	26
3.1.3 Saldatura di metalli per pressione	9	6.2.1 Esempi di misure tecniche	27
3.2 Procedimento di saldatura per materiali sintetici	9	6.2.2 Depurazione dell'aria di scarico	28
3.3 Giunzione per brasatura	9	6.2.3 Controllo dei filtri	30
3.4 Taglio termico dei metalli	10	6.3 Protezione individuale	30
3.5 Procedimenti speciali	10	6.3.1 Facciali filtranti	31
3.5.1 Trattamento superficiale mediante spruzzatura a caldo	10	6.3.2 Autorespiratori	32
3.5.2 Saldatura di riporto	10	<b>7 Panoramica dei procedimenti e delle sostanze nocive</b>	<b>33</b>
3.6 Impianti e sostanze	10	<b>8 Fonti e altre informazioni</b>	<b>34</b>
3.6.1 Apparecchi, macchine e impianti	10	Indicazione delle fonti	34
3.6.2 Materiale di base	10	Ulteriori informazioni	35
3.6.3 Materiali di consumo	11	Materiale illustrativo	35
<b>4 Pericolo per la salute durante i lavori di saldatura</b>	<b>12</b>		
4.1 Sostanze nocive	12		
4.2 Saldatura con elettrodo a bacchetta rivestito	14		

# 1 Introduzione

## 1.1 Prefazione

La professione di saldatore comporta una serie di rischi. Oltre al rumore, alla radiazione, alle elevate temperature e alle posture forzate del corpo, si può essere esposti anche a sostanze nocive presenti in differenti concentrazioni. In questa pubblicazione vengono esaminate le sostanze nocive emesse sotto forma di fumi, polveri, vapori e gas durante i diversi lavori di saldatura e vengono spiegate le misure da adottare per salvaguardare l'integrità fisica delle persone.

**La presente pubblicazione è indirizzata a proprietari d'impresa, responsabili d'azienda e specialisti MSSL.**

## 1.2 Pericoli durante i lavori di saldatura

In Svizzera migliaia di saldatori eseguono giornalmente lavori di saldatura e di taglio a caldo in officine o su cantieri. La vasta diffusione dei procedimenti di saldatura e taglio nell'industria e nell'artigianato e il cambiamento continuo delle condizioni sui posti di lavoro espongono i saldatori a molteplici sollecitazioni. I rischi potenziali più importanti sono l'emissione di sostanze nocive, le radiazioni e il rumore (fig. 1).

Durante i lavori di saldatura, taglio e procedimenti affini risulta impossibile evitare la formazione di fumo, polveri, vapori e gas. Il fumo, essendo composto di particelle di diametro esiguo (generalmente inferiore a 1 µm), e i gas possono introdursi nell'organismo e arrivare fino alla fitta rete bronchiale e ai finissimi alveoli polmonari attraverso la laringe, la trachea e l'alberatura bronchiale.

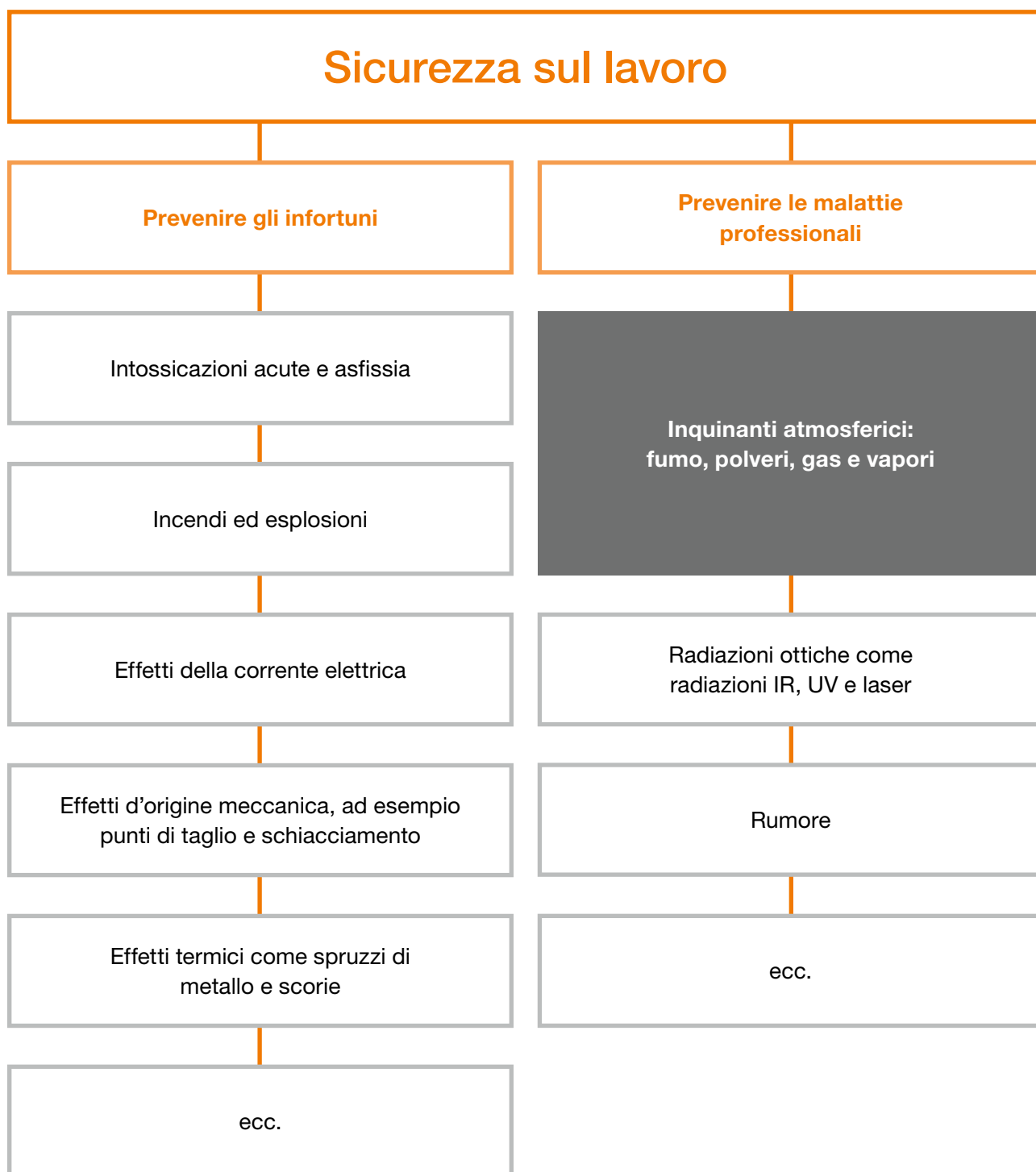
Il fumo e i gas di saldatura sono miscele complesse che possono contenere più di 40 elementi chimici e loro composti.

L'effetto delle sostanze nocive è determinato dalle caratteristiche specifiche della sostanza, dalla dose assorbita per unità di tempo e dalla quantità totale trattenuta nell'organismo.

La concentrazione massima ammissibile sui posti di lavoro (valore MAC) costituisce la base per giudicare la pericolosità o la non pericolosità delle concentrazioni di sostanze registrate sui posti di lavoro. L'osservanza di questi valori limite d'igiene lavorativa costituisce, in generale, una buona protezione dai pericoli per la salute. Per contro, un'esposizione a concentrazioni superiori a questi valori limite può essere la causa di malattie professionali.

Nel caso delle sostanze nocive, che possono causare allergie o essere all'origine di tumori, bisogna fare tutto il possibile per scendere a un valore nettamente inferiore ai valori limite prescritti (vedi capitolo 4) implementando le misure di protezione migliori.

Maggiori informazioni sulla valutazione di altre fonti di pericolo nei lavori di saldatura sono disponibili qui: [www.suva.ch](http://www.suva.ch), inserendo la parola chiave «saldatura» nel campo di ricerca.



**Figura 1**  
Panoramica degli aspetti della sicurezza sul lavoro che occorre tenere in considerazione durante i lavori di saldatura e taglio.

# 2 Principi di tutela della salute sul posto di lavoro

## 2.1 Legislazione e prescrizioni concernenti la sicurezza sul lavoro

Il diritto generale svizzero sul contratto di lavoro prescrive a ogni datore di lavoro l'obbligo di avere il dovuto riguardo per la salute dei suoi lavoratori e di prendere i provvedimenti necessari per la tutela della vita e della salute del lavoratore (art. 328 CO). Questo obbligo molto generale viene precisato nelle rispettive disposizioni della Legge federale sull'assicurazione contro gli infortuni (LAINF) e dell'Ordinanza concernente la prevenzione degli infortuni e delle malattie professionali (OPI) [2 e 3].

L'obbligo di prevenire gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali all'interno dell'azienda spetta in primo luogo al datore di lavoro ovvero al superiore (art. 82 cpv. 1 LAINF). Egli è tenuto a prendere tutte le misure

- necessarie per esperienza,
- tecnicamente applicabili e
- adatte alle circostanze.

I lavoratori sono tenuti:

- a osservare gli ordini dati dal datore di lavoro ovvero dal superiore;
- ad attenersi alle prescrizioni della sicurezza;
- a fare un uso corretto dei dispositivi di sicurezza e di protezione individuale (art. 82, cpv. 3 LAINF).

I requisiti di sicurezza fondamentali in relazione ai fumi emessi durante i lavori di saldatura sono secondo l'OPI:

- costruzione corretta delle installazioni e degli apparecchi tecnici (art. 26 OPI);
- misure tecniche di ventilazione (art. 33 OPI);
- dispositivi di protezione individuali (art. 5 OPI);
- misure di protezione da adottare in presenza di sostanze nocive (art. 44 OPI).

In ottemperanza all'articolo 50, capoverso 3 dell'OPI, la Suva pubblica una lista di valori limite [4] d'esposizione sui posti di lavoro (valori MAC) grazie alla quale è possibile giudicare il rischio per la salute dovuto alle sostanze tossiche e agli agenti fisici negli ambienti lavorativi. È di competenza della Suva sorvegliare la sicurezza sul lavoro relativa alla prevenzione delle malattie professionali (art. 50 OPI) e la prevenzione nel settore della medicina del lavoro (artt. 70–89 OPI) in tutte le imprese sottoposte alla LAINF. Per ulteriori informazioni sui singoli articoli della Legge federale sull'assicurazione contro gli infortuni (LAINF) e dell'Ordinanza concernente la prevenzione degli infortuni e delle malattie professionali (OPI) si consiglia di consultare la «Guida alla sicurezza sul lavoro» della Commissione federale di coordinamento per la sicurezza sul lavoro (CFSL) [5].

I requisiti di sicurezza sul lavoro e tutela della salute durante i lavori di saldatura sono stabiliti nella direttiva CFSL «Saldatura, taglio e procedimenti affini per la lavorazione dei metalli» [6]. La direttiva riguarda procedimenti, attrezzature di lavoro, installazioni e apparecchi tecnici.

## 2.2 Individuazione dei pericoli

Nei lavori di saldatura e di taglio termico come pure in quelli all'arco elettrico si generano temperature molto elevate che provocano la combustione o l'evaporazione di parti dei materiali di base e di apporto dando origine a particelle e gas inalabili. Si formano fumi, polveri, vapori e gas che, a seconda della loro concentrazione, costituiscono differenti fonti di pericolo. L'individuazione delle sostanze nocive emesse durante le singole procedure di saldatura e taglio e presenti nelle combinazioni dei materiali di base, ossia l'individuazione delle sostanze nocive predominanti quanto a concentrazione ed effetto, costituisce una premessa per saper valutare correttamente la situazione reale e adottare una profilassi efficace delle malattie professionali. Per farsi un'idea esatta del rischio per la salute occorre tenere in considerazione, oltre ai valori limite d'esposizione sui posti di lavoro, altri criteri.

[ ] I numeri fra parentesi quadre si riferiscono all'indicazione delle fonti a pagina 34.

Bisogna saper rispondere, per esempio, alle seguenti domande:

- Il saldatore lavora in spazi ristretti, in locali di dimensioni normali, in grandi capannoni?
- Il saldatore lavora in officina o all'aperto (ad es. su cantieri)?
- Come sono le condizioni di ventilazione (vedi capitolo 2.4)?
- Il saldatore lavora in luoghi di saldatura installati in modo fisso?
- Qual è la durata effettiva del lavoro di saldatura (di breve o di lunga durata) in rapporto all'orario di lavoro\*?
- Com'è l'igiene osservata durante le pause di lavoro, ad esempio consumando bevande e cibo?
- Quali sono gli effetti delle sostanze nocive sull'essere umano? Sono causa di intossicazioni acute o croniche, malattie maligne o asfissie [7]?
- Come sono le condizioni ambientali? Esistono altre fonti di pericolo e come si collocano in rapporto alla loro influenza sull'ambiente, ad esempio lavorando in zone con pericolo di esplosione o d'incendio?

Per giudicare il grado di nocività giocano un ruolo determinante non solo i parametri della saldatura, ma anche la posizione assunta dal saldatore con la testa rispetto al punto di saldatura, le dimensioni della visiera e il modo in cui la si tiene davanti al viso, la struttura del pezzo da lavorare, le dimensioni del locale e le condizioni di ventilazione.

### **2.3 Sostituzione di sostanze e procedimenti pericolosi**

La profilassi delle malattie professionali si basa sul principio [8] secondo cui occorre innanzitutto sostituire le sostanze o i procedimenti pericolosi con altri meno pericolosi, sempre che ciò sia tecnicamente possibile (vedi fig. 2 e capitolo 6.1).

Esiste, per esempio, la possibilità di sostituire la saldatura a elettrodo rivestito con quella meno pericolosa in gas protettivo.

### **2.4 Protezione collettiva**

Tenuto conto dei procedimenti adottati, del materiale in dotazione e delle condizioni d'esercizio, i posti di lavoro devono essere concepiti in modo che l'aria respirata dai lavoratori non contenga concentrazioni pericolose di sostanze nocive. A seconda della situazione effettiva possono essere adottate le seguenti misure:

- sistemi chiusi (incapsulamento)
- aspirazione locale delle sostanze nocive (aspirazione alla fonte)
- ventilazione naturale
- ventilazione artificiale
- altre misure appropriate, quali impianti a immersione per il taglio al plasma oppure impianti di spruzzatura per le macchine ossitaglio
- una combinazione delle suddette misure (vedi fig. 3 e capitolo 6.2)

### **2.5 Protezione individuale**

Le misure di protezione individuale devono essere adottate quando misure, metodi o procedimenti tecnici e di organizzazione del lavoro non garantiscono una sufficiente protezione contro le sostanze nocive o altri rischi particolari, quali il pericolo di asfissia. In determinati casi è necessario usare apparecchi di protezione delle vie respiratorie (vedi fig. 4 e capitolo 6.3).

I lavoratori possono proteggersi da altri pericoli (vedi fig. 1) usando abiti da lavoro idonei, visiere, occhiali di protezione, guanti e simili per tutti i lavori che richiedono l'adozione di questo tipo di misure.

Nei posti di lavoro in cui vengono maneggiate sostanze tossiche e/o infiammabili vale inoltre il divieto di mangiare, bere e fumare.

\* Per «breve durata» si intende il caso in cui la fiamma o l'arco elettrico rimangono accesi per una durata non superiore a mezz'ora al giorno o due ore alla settimana. Nel caso contrario, i lavori di saldatura sono considerati di «lunga durata».



### Saldatura con elettrodo a bacchetta rivestito

Molto fumo



### Saldatura in gas protettivo

Poco fumo



**Sostituzione di sostanze e procedimenti pericolosi**

**Figura 2**  
Riduzione delle sostanze nocive cambiando il procedimento di saldatura

### Saldatura MAG

Saldatura manuale senza ventilazione artificiale



### Saldatura MAG

- alla fonte
- separazione zone di lavoro
- automatizzazione



**Protezione collettiva**

**Figura 3**  
Sistemi tecnici di protezione per eliminare le sostanze nocive

### Taglio al plasma senza maschera



### Saldatura con casco, filtro antifumo e soffiera



**Protezione individuale**

**Figura 4**  
Protezione individuale contro le sostanze nocive



# 3 Procedimenti di saldatura e taglio

Le fonti di calore utilizzate nella tecnica di saldatura non servono unicamente alla giunzione di parti metalliche, ma anche al taglio, al trattamento superficiale, alla forgiatura di nuove forme e alla modifica delle caratteristiche strutturali delle sostanze. Come fonti di calore si utilizzano la fiamma di origine chimica, che si ottiene dalla miscela di gas combustibile con ossigeno/aria, oppure la corrente elettrica. La tecnica di saldatura comprende circa 140 procedimenti normalizzati [9]. Di seguito vengono descritti quelli più importanti.

## 3.1 Procedimenti di saldatura di metalli

### 3.1.1 Definizione del termine «saldatura»

È la particolare tecnica di giunzione o trattamento superficiale di parti metalliche mediante l'intervento del calore, della pressione o di entrambi questi agenti, con o senza l'aggiunta di materiale d'apporto. Il collegamento dei pezzi metallici avviene preferibilmente per effetto della fusione localizzata o dell'accentuato rammollimento dei bordi da saldare mediante apporto di calore. Con analoghi materiali le proprietà della saldatura sono simili ai materiali medesimi. La giunzione è inoltre indissolubile. La saldatura di metalli si suddivide in due gruppi principali: la saldatura per pressione e la saldatura per fusione.

### 3.1.2 Saldatura di metalli per fusione

Procedimenti nei quali la giunzione avviene per effetto di una netta fusione localizzata dei lembi o delle superfici da saldare e, generalmente, con l'aggiunta di un materiale metallico di composizione adatto (detto materiale d'apporto). La giunzione dei pezzi si svolge quindi allo stato liquido del materiale base. Secondo l'Istituto internazionale della saldatura i procedimenti di saldatura più importanti sono:

- saldatura a elettrodo rivestito;
- saldatura di metalli in gas protettivo;
- saldatura all'arco in atmosfera di gas inerte con elettrodo di tungsteno;
- saldatura a gas (saldatura autogena o ossiacetilenica);
- saldatura ad arco sommerso.

### 3.1.3 Saldatura di metalli per pressione

Procedimenti nei quali la saldatura viene eseguita applicando in modo statico o dinamico una forza tale da ottenere una deformazione plastica localizzata del materiale base. Un eventuale riscaldamento localizzato del materiale di base permette o facilita la saldatura (saldatura per pressione a freddo). In generale non viene impiegato materiale di apporto. I procedimenti più importanti sono:

- saldatura per resistenza (saldatura a punti);
- saldatura ad attrito.

## 3.2 Procedimento di saldatura per materiali sintetici

Esistono numerosi materiali sintetici che possono essere collegati fra di loro mediante saldatura. A tale scopo si hanno a disposizione procedimenti con gas caldi, ad alta frequenza, ad attrito o a ultrasuoni. La presente pubblicazione tratta unicamente i procedimenti di saldatura e taglio di metalli.

## 3.3 Giunzione per brasatura

Procedimenti di saldatura nei quali le parti metalliche vengono unite con l'impiego di un metallo d'apporto (lega per brasatura) e, eventualmente, di appositi decapanti o fondenti (detti flussi) e/o gas di protezione per brasatura. La temperatura di fusione del materiale d'apporto è sensibilmente minore di quella del materiale di base e serve a bagnare le parti da unire che non partecipano per fusione alla costituzione del giunto brasato.

La brasatura può essere dolce o forte. Le leghe più diffuse nella brasatura dolce sono quelle a base di piombo, stagno, zinco, cadmio e antimonio. Le leghe per brasatura forte possono essere a base di rame e d'argento. I procedimenti di brasatura si distinguono non solo per il metallo d'apporto usato, ma anche per la fonte calorica impiegata. I metodi più importanti nella brasatura dolce sono la brasatura con saldatoio, alla fiamma (cannello), al forno a resistenza e a onda. La brasatura forte viene effettuata soprattutto con la fiamma, ma anche in forni

con l'impiego di gas protettivo o facendo circolare correnti indotte (brasatura a induzione) nei pezzi che devono essere brasati.

### 3.4 Taglio termico dei metalli

Operazione di taglio dei metalli mediante un sottile getto di gas atto a liquefare il materiale riscaldato e a espellerlo nel punto di impatto della corrente gassosa a elevata energia cinetica. Si distinguono il procedimento della tecnica autogena (taglio con cannello ecc.) e il procedimento del taglio ad arco elettrico (taglio al laser, al plasma ecc.)

### 3.5 Procedimenti speciali

#### 3.5.1 Trattamento superficiale mediante spruzzatura a caldo

La spruzzatura a caldo permette di ricoprire il pezzo in lavorazione con un rivestimento fortemente legato di un materiale informe (polvere o fili) dalle opportune caratteristiche. Una tecnica molto interessante è quella della spruzzatura al plasma. Le polveri del materiale che si desidera depositare vengono iniettate nella torcia al plasma, fuse, accelerate e spinte a elevata velocità contro il pezzo da ricoprire. Siccome all'interno della torcia al plasma le temperature sono elevatissime (oltre 20 000 °C), si avrà sempre un'evaporazione del materiale da spruzzare. Da qui la necessità di incapsulare gli impianti di spruzzatura a caldo o di munirli di un efficace impianto d'aspirazione.

#### 3.5.2 Saldatura di riporto

Si ricorre a questo procedimento di saldatura per ricoprire la superficie di un pezzo usurato riportandolo alle dimensioni primitive; per sovrapporre alla superficie del pezzo da lavorare uno strato di materiale al fine di migliorarne la resistenza a usura e la durezza; per rivestire un pezzo poroso con uno strato o «placca» (placcatura) di materiale al fine di renderlo resistente alla corrosione.

### 3.6 Impianti e sostanze

#### 3.6.1 Apparecchi, macchine e impianti

Per valutare i procedimenti tecnici di saldatura è indispensabile, dal punto di vista della salvaguardia della salute, prendere in esame anche gli apparecchi, le macchine e gli impianti utilizzati. La saldatura è un'operazione svolta sia manualmente sia con sistemi meccanici o semimeccanici oppure automatici. Un fattore molto importante, specialmente per quanto concerne la quantità di sostanze nocive emanate, è il numero di apparecchi, impianti e macchine di saldatura installati nel locale.

Per raccogliere ed evacuare con mezzi tecnici le sostanze nocive bisogna tenere conto innanzitutto delle caratteristiche tecniche, delle condizioni di lavoro e di quelle ambientali.

#### 3.6.2 Materiale di base

Il materiale di base nonché lo stato della sua superficie influiscono sulla formazione di sostanze nocive. La scelta del procedimento di saldatura e del rispettivo materiale di apporto dipendono prevalentemente dalla composizione del materiale di base.

I principali materiali di base metallici si suddividono in materiali ferrosi e non ferrosi. I materiali ferrosi si suddividono a loro volta in tre classi: acciai non legati, debolmente legati e fortemente legati (altolegati). Gli acciai fortemente legati contengono un tenore in elementi di lega superiore al 5 per cento. Le leghe usate per il ferro sono anzitutto il cromo e il nichel, poi il manganese, il molibdeno, il silicio, il rame, il wolframio (tungsteno), il titanio e altri.

**Bisogna anche prestare attenzione allo stato della superficie del pezzo in lavorazione.** Specialmente i rivestimenti superficiali (ad es. vernici, colori, rivestimenti metallici) e le impurità (ad es. oli, grassi, resti di solventi) possono avere un enorme influsso sulla formazione di sostanze nocive.

### 3.6.3 Materiali di consumo

I materiali di consumo trovano impiego in quasi tutti i procedimenti di saldatura e contribuiscono in misura preponderante alla formazione di sostanze nocive. Fanno parte dei materiali di consumo gli elettrodi a fili massicci, elettrodi a filo animato, elettrodi a bacchetta, polvere per la spruzzatura a caldo ecc. Vanno anche menzionati in particolare i gas combustibili e protettivi che stanno all'origine della formazione di sostanze nocive in fase gassosa. Inoltre i gas possono sia causare pericolo d'incendio ed esplosione se presenti in miscele esplosive, sia causare asfissia se sono soffocanti come l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) o l'argon (Ar) [10–13].



**Figura 5**  
Saldatura automatica di riporto



# 4 Pericolo per la salute durante i lavori di saldatura

## 4.1 Sostanze nocive

I lavori di saldatura e altre operazioni affini producono sostanze sotto forma di fumo, polveri, gas e vapori in grado di inquinare l'aria degli ambienti lavorativi.

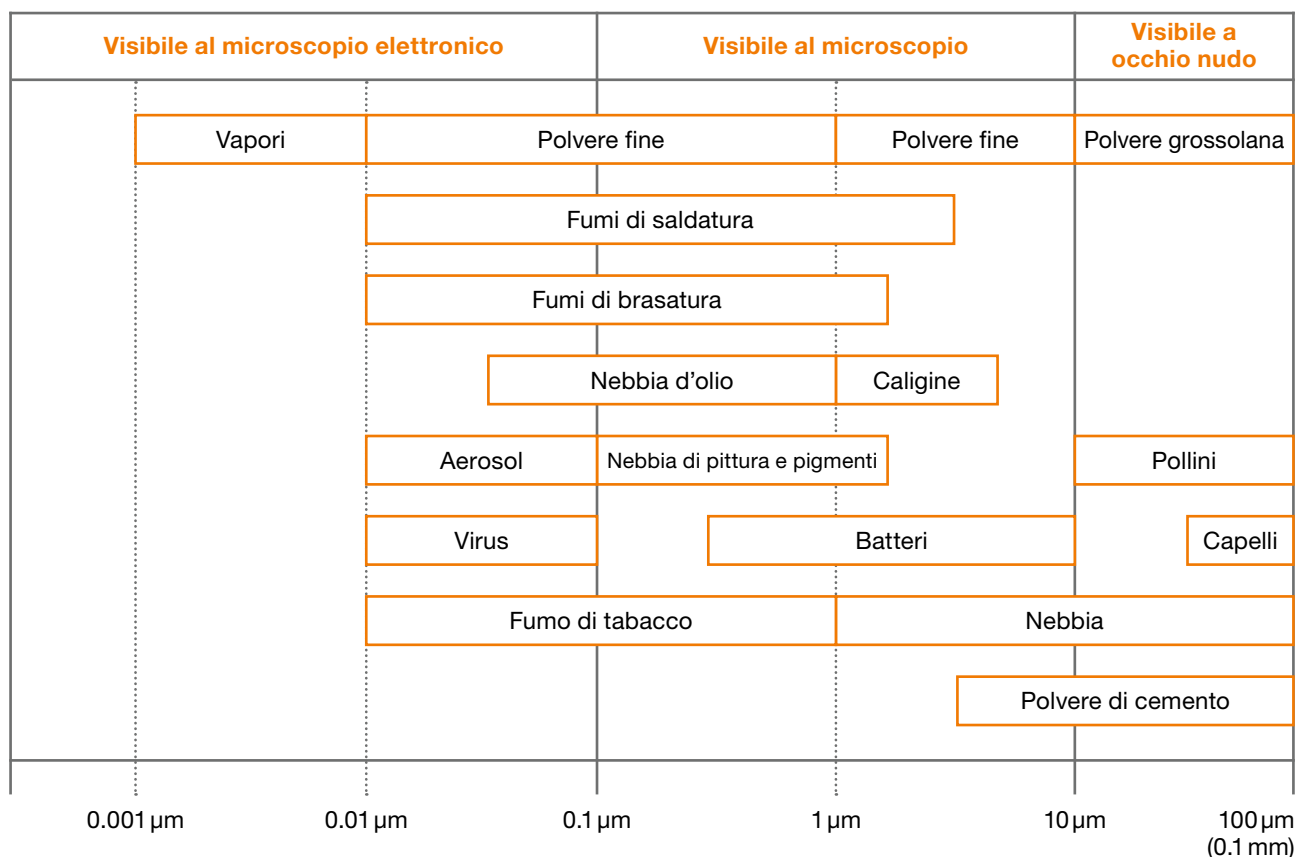
Il fumo è il trascinamento in sospensione di particelle solide finissime. Dal processo termico della «saldatura» si sviluppa fumo sotto due aspetti:

- attraverso la condensazione di parti inorganiche (metallo) nella fase d'evaporazione, in parte in combinazione con reazioni chimiche, per esempio ossidazione, oppure
- dalla combustione incompleta di materiali organici, per esempio del materiale d'apporto o di un rivestimento del materiale di base.

Le particelle che si formano hanno un diametro da 0,01 fino a 1  $\mu\text{m}$ . Attraverso l'agglomerazione si formano anche strutture di diametro maggiore e, in parte, a forma di catena.

A seconda della dimensione delle particelle si distingue tra le seguenti polveri e i seguenti fumi:

- frazione inalabile della polvere (polvere e): la totalità delle particelle nell'aria respirabile che possono essere inalate attraverso la bocca e il naso; comprende particelle di dimensione inferiore a 100  $\mu\text{m}$  circa,
- frazione alveolare della polvere (polvere a): la totalità delle particelle nell'aria respirabile che possono raggiungere gli alveoli polmonari: comprende particelle di dimensione inferiore a 5  $\mu\text{m}$  circa.



**Figura 6**  
Granulometria di alcune sostanze disperse nell'aria

Le sostanze a forma di particelle prodotte durante i lavori di saldatura sono molto piccole. Sono alveolari e vengono chiamate «fumi da saldatura». Durante il taglio termico e altre operazioni affini vengono prodotte sostanze a forma di particelle, che solo a volte sono alveolari.

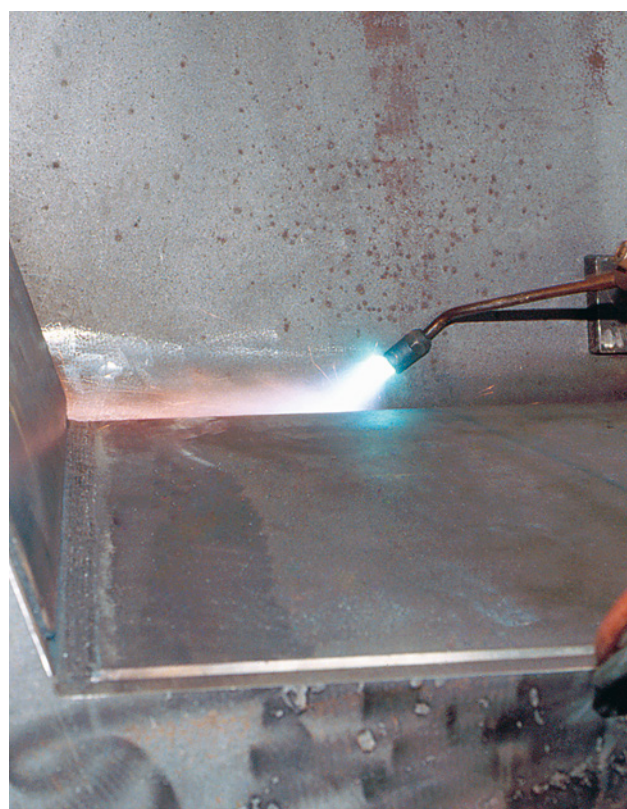
Le sostanze nocive in fase gassosa si formano dalla trasformazione termica dei gas di combustione, dell'aria, dei materiali di rivestimento o delle impurità, ad esempio in:

- ozono che può formarsi dall'ossigeno contenuto nell'aria attraverso le radiazioni ultraviolette dell'arco elettrico;
- monossido di carbonio che si crea dall'anidride carbonica in seguito alla combustione incompleta dei gas combustibili (saldatura autogena) e durante la saldatura con gas protettivo;
- ossidi di azoto (gas nitrosi) che si formano dall'azoto e dall'ossigeno contenuti nell'aria attraverso processi termici; vengono emanati particolarmente durante l'ossitaglio;
- fosgene, aldeidi e altri prodotti di decomposizione che si possono avere dai mezzi di rivestimento, grassatura o sgrassatura.

Le sostanze gassose e particellari inalate durante i lavori di saldatura possono essere la causa di irritazioni chimiche delle mucose nella parte nasale della faringe e nei bronchi. Sono note anche reazioni allergiche. Taluni ossidi metallici possono causare stati febbrili. A singoli composti va attribuita un'azione cancerogena.

Qui di seguito vengono descritti i procedimenti di congiunzione e taglio più importanti per la valutazione dei possibili rischi per la salute. Essi sono:

- saldatura a elettrodo rivestito
- saldatura di metalli con filo elettrodo in gas attivo
- saldatura di metalli con filo elettrodo in gas inerte
- saldatura all'arco in atmosfera di gas inerte con elettrodo di tungsteno
- saldatura ad arco sommerso
- taglio e saldatura al plasma
- saldatura per resistenza a punti
- procedimento autogeno
- taglio laser
- brasatura



**Figura 7**  
Riscaldamento alla fiamma autogena: le fiamme di gas formano ossidi di azoto invisibili (gas nitrosi).

## 4.2 Saldatura con elettrodo a bacchetta rivestito

La saldatura con elettrodo a bacchetta rivestito LBH produce la maggiore quantità di sostanze nocive. La quantità di fumo di saldatura provocata per unità di tempo usando elettrodi a bacchetta (barretta) non legati o debolmente legati aumenta con l'aumentare dell'intensità di corrente e tensione: la velocità di saldatura è un fattore trascurabile. Il maggiore influsso sull'emissione di sostanze nocive è dato dal tipo di elettrodo (vedi fig. 9).

La composizione del materiale di base (senza rivestimento) ha un influsso irrilevante sulla quantità dei fumi prodotta durante la saldatura. Da inchieste fatte risulta che il 95 per cento circa del fumo da saldatura deriva dai materiali d'apporto e meno del 5 per cento dal materiale di base. I componenti principali sono l'ossido di ferro, l'ossido di potassio, l'anidride silicica, l'ossido di calce, l'ossido cromo, l'ossido di magnesio, l'ossido di bario, il fluoruro e il biossido di titanio.

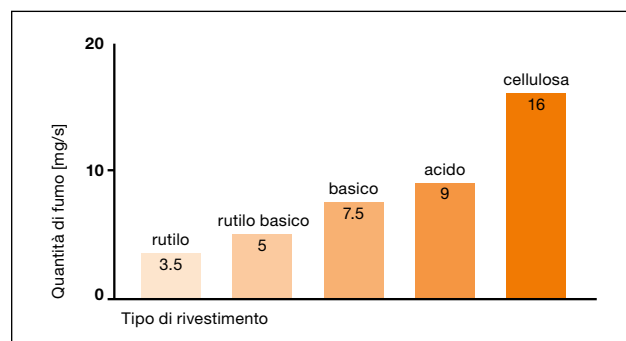
Occorre tenere in considerazione anche l'intero fumo prodotto dalla saldatura. Di regola, lavorando con il procedimento LBH senza adottare contromisure, si supera il valore limite generale d'esposizione sui posti di lavoro (valore MAC) che è di  $3 \text{ mg/m}^3$  per la polvere.

Durante la saldatura degli acciai altamente legati, quindi con un materiale di apporto altamente legato (ad es. acciai al cromo-nichel), esiste un pericolo per la salute indotto dal cromato, oppure dal nichel se il materiale base da saldare è al nichel o nichel puro.

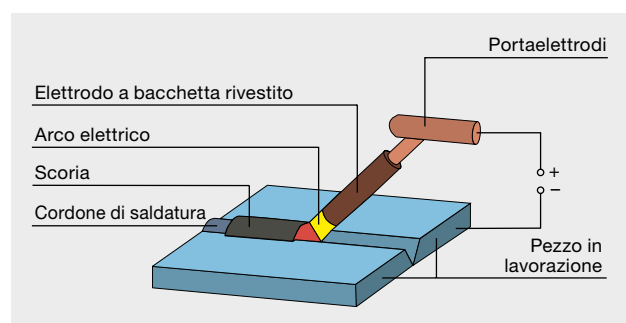
**Devono essere adottate misure di protezione, ad es. un'aspirazione efficace del fumo da saldatura nella zona di formazione (aspirazione alla fonte).**



**Figura 8**  
Saldatura con elettrodo a bacchetta rivestito



**Figura 9**  
Emissione di fumo durante la saldatura a elettrodo rivestito usando elettrodi a bacchetta non legati o debolmente legati [12]



**Figura 10**  
Saldatura a elettrodo rivestito (LBH)



### 4.3 Saldatura di metalli con filo elettrodo in gas attivo

Gli ossidi di ferro nonché piccole percentuali di anidride silicica e ossido di rame sono le sostanze dominanti presenti nel fumo generato durante la saldatura di metalli con filo elettrodo in gas attivo (saldatura MAG).

Usando fili elettrodi non legati o debolmente legati l'emissione di fumo di saldatura aumenta in un primo tempo con l'aumentare dell'intensità di corrente per poi diminuire appena oltrepassato un limite massimo d'intensità di corrente. Un aumento delle porzioni di gas nobile nel gas protettivo ha come effetto una riduzione del fumo di saldatura.

Per gli acciai altamente legati incidono altre sostanze nocive, e in modo particolare (in ordine d'importanza): ossido di nichel, composti cromatici e ossido manganoso. Usando il procedimento MAG con fili elettrodi al cromo-nichel, il fumo emesso contiene fino al 5 per cento di nichel e fino al 17 per cento di cromo. Siccome i composti cromatici di questo procedimento sono esclusivamente trivalenti – non vanno considerati cancerogeni – ci si può basare per le misure preventive sui valori limite generali d'esposizione alla polvere sui posti di lavoro.

Durante la saldatura MAG il valore limite generale d'esposizione sui posti di lavoro, che per la polvere è di  $3 \text{ mg/m}^3$  (valore MAC), viene di regola superato se non vengono adottate le opportune contromisure.

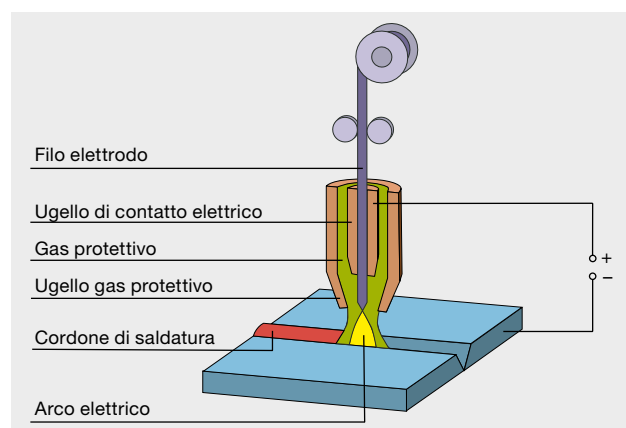
La saldatura con materiale di apporto altamente legato comporta un pericolo per la salute indotto dai composti di cromo e nichel.

**Devono essere adottate misure di protezione, ad es. un'aspirazione efficace del fumo di saldatura nella zona di formazione (aspirazione alla fonte).**

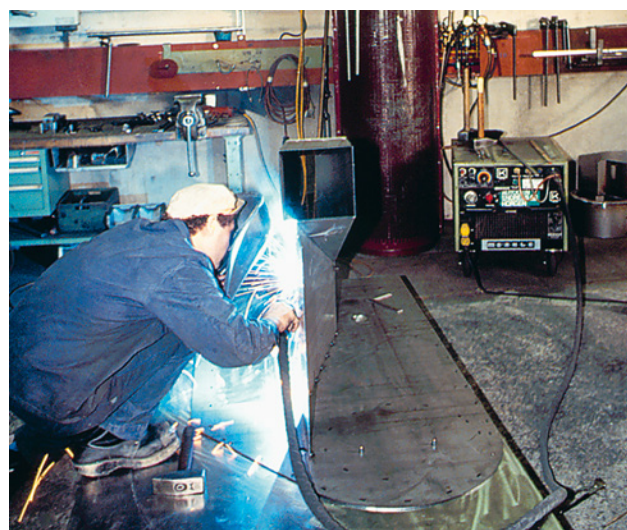
Durante la saldatura MAG con gas protettivo a base di biossido di carbonio vengono generati, oltre al fumo di saldatura, ossido di carbonio probabilmente in concentrazioni pericolose e ozono in quantità minima.

Ricorrendo a gas misti la percentuale di ossido di carbonio diminuisce col diminuire del tenore di biossido di carbonio, mentre rispetto alla saldatura con biossido di carbonio puro si denota un aumento di ozono [13].

Usando altri gas (ad es. argon con l'1 per cento di ossigeno) si ha una formazione di sostanze nocive più ridotta.



**Figura 11**  
Saldatura di metalli con filo elettrodo in gas attivo (MAG)



**Figura 12**  
Saldatura MAG

#### 4.4 Saldatura di metalli con filo elettrodo in gas inerte

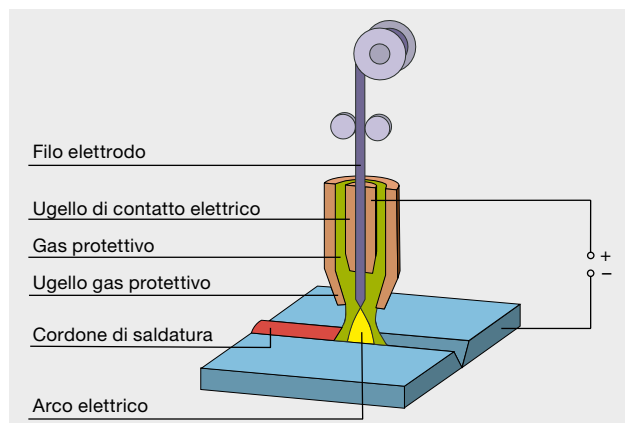
La saldatura di metalli con filo elettrodo in gas inerte (MIG) può essere impiegata per saldare materiali di base ferrosi e non ferrosi. Le quantità di fumo emanate durante la saldatura MIG sono inferiori a quelle della saldatura MAG, mentre superiori sono invece le quantità di ozono. Il fumo di saldatura emanato dai fili elettrodi altamente legati contengono, però, porzioni di cromo e nichel. Il tenore di nichel nel fumo di saldatura degli elettrodi altamente legati o composti di nichel puro varia dall'1 al 60 per cento. Con elettrodi costituiti da filo metallico con un tenore di cromo dal 18 al 20 per cento, il tenore totale del cromo presente nel fumo generato dai lavori di saldatura varia dall'8 al 16 per cento, di cui meno del 10 per cento è cromo esavalente (con il procedimento LBH fino al 90 per cento) [14].

Durante la saldatura MIG di leghe d'alluminio a base di magnesio si prevede la formazione di grandi quantità di fumo, mentre quella di ozono è ridotta. Viceversa, durante la saldatura MIG di leghe d'alluminio a base di silicio o di alluminio puro si ha la formazione di piccole quantità di fumo, mentre le concentrazioni di ozono sono piuttosto elevate.

Il valore limite generale d'esposizione sui posti di lavoro, che per la polvere è di  $3 \text{ mg/m}^3$  (valore MAC), viene generalmente superato lavorando su materiale di base ferroso, non però sull'alluminio. Quando si lavora su pezzi d'alluminio la concentrazione di ozono può essere superiore al valore MAC.

Durante la saldatura con materiale d'apporto fortemente legato esiste un pericolo per la salute dovuto alla presenza dei composti di cromo e nichel.

**Devono essere adottate misure di protezione, ad es. un'aspirazione nella zona di formazione (aspirazione alla fonte) oppure una ventilazione artificiale.**



**Figura 13**  
Saldatura di metalli con filo elettrodo in gas inerte (MIG)



**Figura 14**  
Saldatura MIG

#### 4.5 Saldatura all'arco in atmosfera di gas inerte con elettrodo di tungsteno

La saldatura all'arco in atmosfera di gas inerte con elettrodo di tungsteno (WIG/TIG) permette di lavorare tutti i metalli saldabili. Si distingue per l'emissione di fumo più bassa. La formazione di fumo durante la saldatura WIG su acciai al cromo-nichel è di molto inferiore a quella causata dagli altri procedimenti di saldatura. Le concentrazioni di nichel e cromo (VI) non raggiungono quasi mai valori critici.

La formazione di ozono risulta essere considerevole. La reazione con il monossido di azoto, che si forma nello stesso tempo, e la decomposizione dovuta al fumo di saldatura provoca una riduzione della quantità di ozono. Aumentando la quantità di gas protettivo aumenta anche la formazione di ozono.

Saldando l'alluminio e le sue leghe con il procedimento WIG si ha una formazione di ozono inferiore a quella con il procedimento MIG. L'emissione di fumo di saldatura può essere praticamente trascurata saldando l'alluminio con il procedimento WIG, mentre essa raggiunge valori elevati se si ricorre al procedimento MIG. L'ossido di alluminio è l'elemento predominante contenuto nel fumo di saldatura.

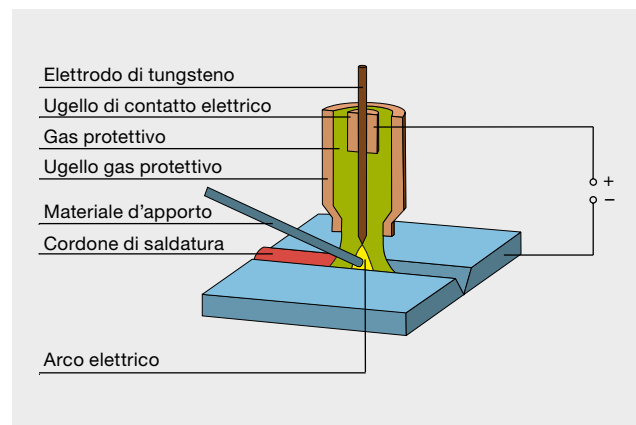
Dalla saldatura WIG di leghe d'alluminio a base di magnesio si hanno emissioni di ozono più basse di quelle provocate dalla saldatura su alluminio puro. Durante la saldatura di leghe di alluminio-silicio sono state misurate elevate concentrazioni di ozono [14].

Di regola si è nettamente al di sotto del valore limite generale d'esposizione sui posti di lavoro che per la polvere è di  $3 \text{ mg/m}^3$  (valore MAC).

**Può essere necessario adottare misure di protezione, ad es. una ventilazione artificiale, in caso di un'elevata formazione di ozono.**



**Figura 15**  
Saldatura WIG (TIG)



**Figura 16**  
Saldatura all'arco in atmosfera di gas inerte con elettrodo di tungsteno (WIG/TIG)

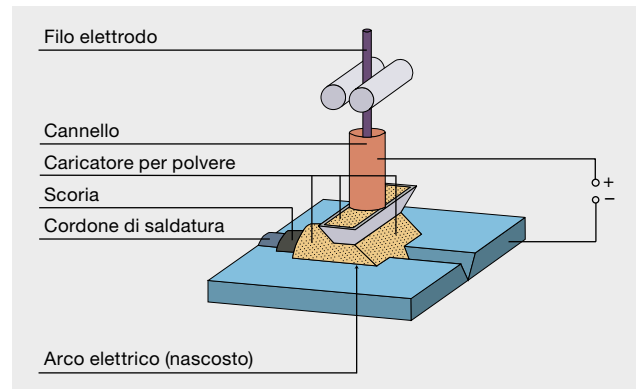


#### 4.6 Saldatura ad arco sommerso

Nella saldatura ad arco sommerso (UP) la protezione dell'arco viene assicurata da un flusso granulare composto di ossido manganoso, anidride silicica, ossido di calcio, ossido di alluminio, biossido di titanio, ossido di magnesio e/o fluoruro di calcio presenti in quantità differenti. Rispetto agli altri procedimenti la saldatura UP emana solo poche sostanze nocive (fumo, gas). Aumenti della tensione di saldatura e dell'intensità di corrente, scoccatura dell'arco elettrico dovuta a un'altezza insufficiente di caduta del flusso granulare e una maggiore umidità del materiale granulare causano un aumento delle sostanze nocive. Anche nelle condizioni più sfavorevoli, i valori di emissione fatti registrare dalla saldatura UP sono sempre di molto inferiori a quelli del procedimento ad arco aperto con elettrodo fusibile [13].

Di regola non viene raggiunto il valore limite generale d'esposizione sui posti di lavoro che è di  $3 \text{ mg/m}^3$  per la polvere.

**Durante la saldatura UP può essere necessario, a seconda delle circostanze, adottare delle misure di protezione, ad es. una ventilazione artificiale.**



**Figura 17**  
Saldatura ad arco sommerso (UP)



**Figura 18**  
Saldatura ad arco sommerso

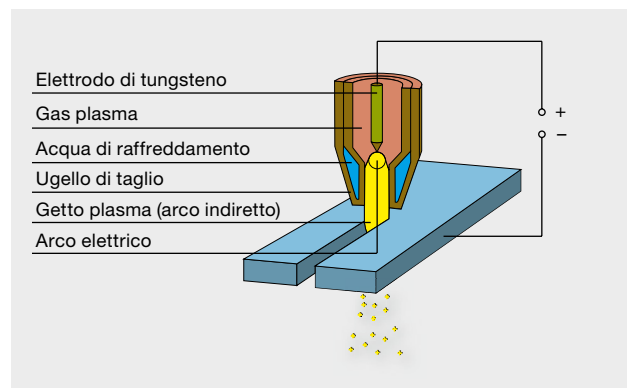
## 4.7 Taglio e saldatura al plasma

Con il procedimento di taglio e saldatura al plasma si lavora con un getto di plasma che permette un buon lavoro di taglio e saldatura dei materiali di base, quali acciai al cromo-nichel o alluminio.

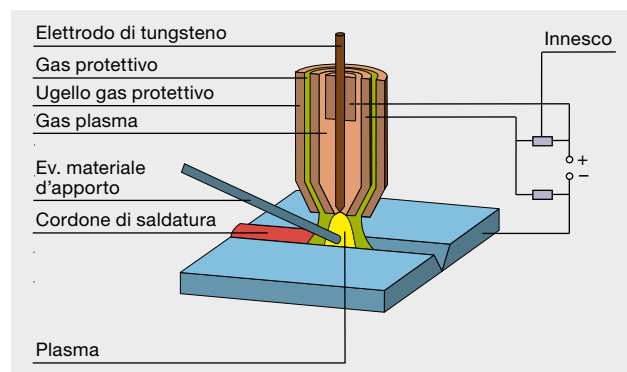
Le elevate temperature di oltre 20 000 °C ottenute con il getto al plasma portano il materiale di base alla fusione con una parziale evaporazione del materiale stesso. Le sostanze emesse sono costituite da polveri metalliche provenienti dal materiale tagliato o saldato, da ossidi d'azoto e da ozono a causa dell'intensa radiazione ultravioletta. Siccome l'ozono reagisce con il monossido di azoto e si decompone al contatto con le particelle di polvere, la sua concentrazione risulta essere bassa.

Durante il taglio al plasma viene superato il valore limite generale d'esposizione sui posti di lavoro, che per la polvere è di 3 mg/m<sup>3</sup> (valore MAC). Si deve prevedere la formazione di cromati e ossidi di azoto, specialmente usando aria compressa o azoto quale gas plasma o di raffreddamento.

**Devono essere adottate misure di protezione, ad es. un'aspirazione efficace del fumo da taglio nella zona di formazione (aspirazione alla fonte), anche quando si usano cannelli al plasma azionati a mano.** Si sono dimostrati efficaci i banchi di lavoro con aspirazione dal basso incorporata. Il modo migliore per evitare l'elevata emissione di sostanze nocive è il procedimento di taglio al plasma in immersione d'acqua che richiede però l'uso di apparecchi costosi.



**Figura 19**  
Taglio al plasma



**Figura 20**  
Saldatura al plasma (tungsteno-WP)

## 4.8 Saldatura autogena

Durante il riscaldamento e la saldatura dell'acciaio con gas (ad es. acetilene, propano, ossigeno) sono i gas nitrosi (ossidi d'azoto) quelli importanti, mentre nelle operazioni di ossitaglio le sostanze che prevalgono sono i fumi e le polveri.

### Saldatura a gas e riscaldamento

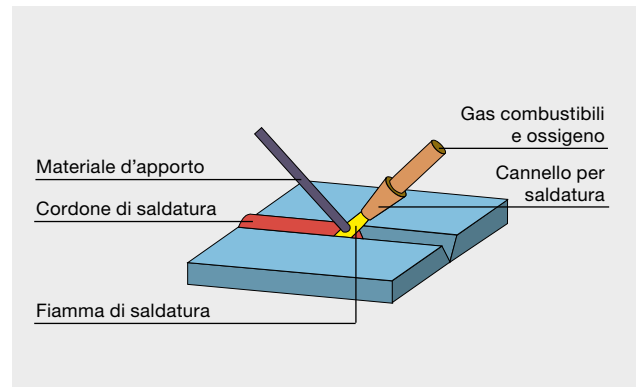
La formazione di gas nitrosi nei procedimenti di saldatura e riscaldamento a gas dipende dalla dimensione del cannello, dalla lunghezza della fiamma e dal gas di combustione. Poiché la zona di reazione aumenta con l'aumentare della lunghezza della fiamma, si ha un'elevata formazione di ossido d'azoto: a fiamma aperta può essere dieci volte maggiore rispetto a una fiamma di 15 mm di lunghezza [13].

Durante la saldatura a gas e il riscaldamento alla fiamma esiste un potenziale pericolo per la salute indotto dagli ossidi d'azoto (gas nitrosi). Viene in parte superato il corrispondente valore MAC.

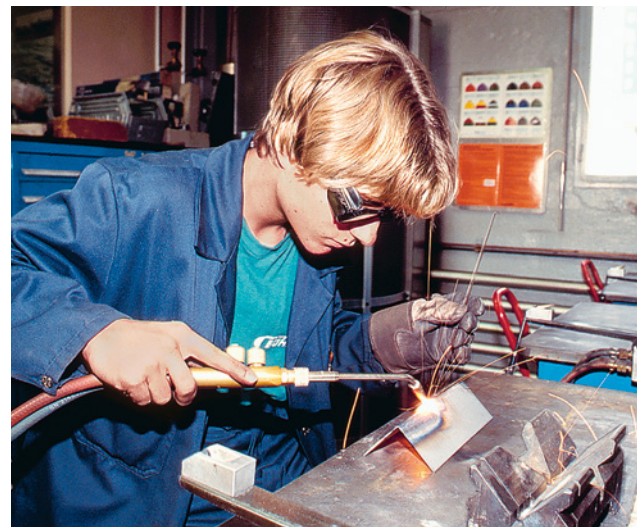
Di regola non viene superato il valore limite generale d'esposizione sui posti di lavoro che per la polvere è di  $3 \text{ mg/m}^3$ . Occorre fare attenzione al fumo pericoloso emanato durante la saldatura a gas di:

- materiale in rame
- pezzi zincati o cadmiati, lamiere e tubi
- pezzi rivestiti di colore o di materiale sintetico

**Date le circostanze può essere necessario adottare misure di protezione, ad es. un'aspirazione delle sostanze nocive in zona di formazione (aspirazione alla fonte) o una ventilazione artificiale. Provvedere sempre a una buona ventilazione naturale.**



**Figura 21**  
Saldatura a gas



**Figura 22**  
Saldatura a gas



### Taglio autogeno

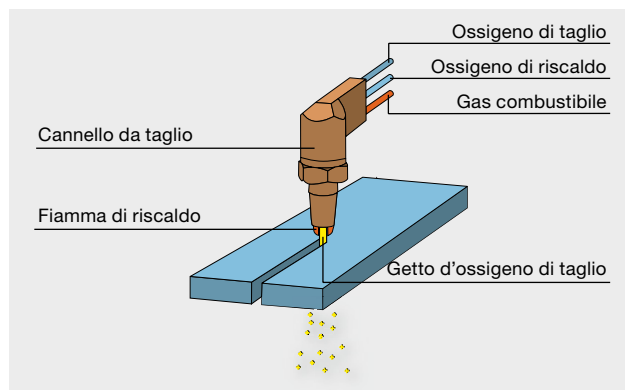
Durante il taglio autogeno si ha da una parte una ridotta formazione di ossidi d'azoto e dall'altra un'elevata emanazione di fumo e polvere. La figura 25 illustra un procedimento di taglio autogeno con il quale un tubo di ferro contenente fili metallici viene invaso da una corrente d'ossigeno. I fili metallici servono da combustibile che viene bruciato dall'ossigeno. La fiamma che si forma ad altissima temperatura si usa per tagliare a ossigeno non solo l'acciaio ma anche altri materiali (ad es. calcestruzzo). Durante l'operazione di ossitaglio con fondente ferroso (fili, polvere) si ha una forte formazione di fumo.

A causa dell'elevata formazione di fumo e polvere nell'eseguire il taglio autogeno, viene superato, di regola, il valore limite generale d'esposizione sui posti di lavoro che per la polvere è di  $3 \text{ mg/m}^3$  (valore MAC).

**Devono essere adottate misure di protezione, ad es. un'aspirazione efficace del fumo nella zona di formazione (aspirazione alla fonte).** Si sono dimostrati efficaci i banchi di lavoro con aspirazione laterale incorporata.



**Figura 23**  
Taglio autogeno



**Figura 24**  
Taglio autogeno



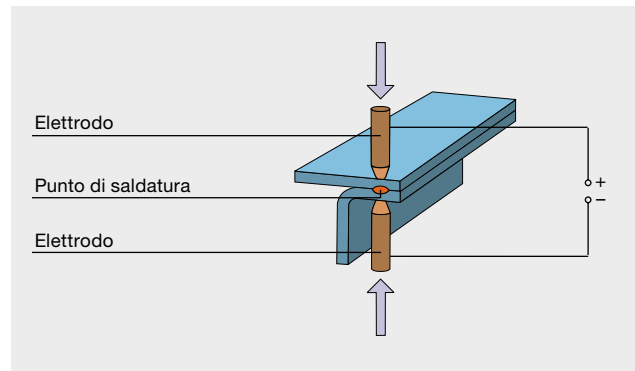
**Figura 25**  
Taglio autogeno con lancia d'ossigeno

#### 4.9 Saldatura per resistenza a punti

Questo procedimento emette solo piccole quantità di sostanze nocive provocate anzitutto dalla spruzzatura o dall'evaporazione del materiale di base [14]. I fumi emanati durante la saldatura per resistenza a punti di lamiere in acciaio non legato sono composti per il 95 per cento da ossidi di ferro. I fumi che si producono dalla saldatura per resistenza a punti di lamiere d'acciaio fortemente legato contengono, in condizioni sfavorevoli, al massimo il 10 per cento di cromati. Lavorando lamiere zincate o cadmate si formano solo piccole quantità di ossido di zinco o di cadmio [14]. Non è esclusa anche la formazione di nebbie d'olio o vapori d'olio nei casi in cui si è tenuti a saldare lamiere sporche di olio.

Con la saldatura per resistenza a punti non sono stati registrati, di regola, superamenti dei valori limite d'esposizione sui posti di lavoro (valori MAC).

**Può essere necessario, a seconda delle circostanze (ad es. lamiere rivestite o sporche d'olio), adottare delle misure di protezione, come una ventilazione artificiale. Provvedere sempre a una buona ventilazione naturale.**



**Figura 26**  
Saldatura per resistenza a punti



**Figura 27**  
Saldatura per resistenza a punti

## 4.10 Saldatura e taglio laser

I raggi laser possono essere usati, oltre che per saldare e tagliare, anche per forare, temprare superfici e per il trattamento termico dei materiali base. Con l'operazione di taglio laser si porta il metallo da tagliare alla temperatura di accensione e lo si brucia in una corrente d'ossigeno. Le sostanze nocive emanate durante il trattamento del materiale di base dipendono dalle caratteristiche del materiale stesso. Le emissioni di sostanze nocive sono maggiori tagliando al laser acciai al cromo e nichel e lamiere zincate dello stesso spessore che non tagliando lamiere da costruzione. La quantità di polvere prodotta dipende dalla velocità di taglio e dalla pressione del gas di taglio. La quantità di polvere diminuisce aumentando la velocità di taglio e aumenta aumentando la pressione del gas di taglio.

Lavorando con raggi laser occorre fare attenzione anche ai **pericoli dovuti ai raggi laser**. I requisiti di sicurezza e di tutela della salute sugli impianti laser e gli obblighi di chi li immette in commercio o li usa sono regolamentati in diverse ordinanze, norme e direttive [15].

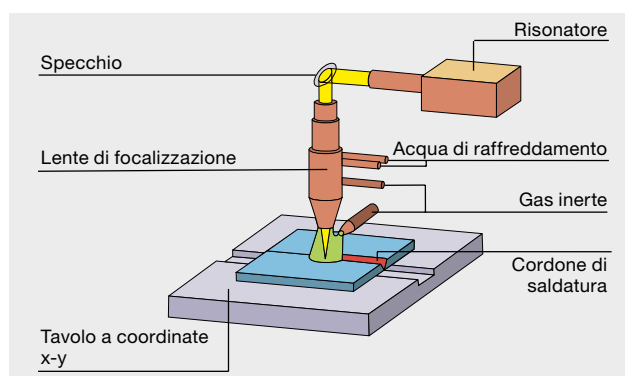
Durante il taglio laser su banchi di lavoro provvisti di un impianto d'aspirazione integrato e adottando ottimali parametri di taglio, di regola, non viene superato il valore limite generale d'esposizione sui posti di lavoro che per la polvere è di  $3 \text{ mg/m}^3$  (valore MAC). In determinate circostanze può capitare di superare i valori MAC (ad es. quelli del cromo e del nichel).

Le emissioni di gas prodotte dal taglio al laser sono irrilevanti.

**Devono essere adottate misure di protezione, ad es. l'aspirazione nella zona di formazione (incapsulamento, aspirazione alla fonte).**



**Figura 28**  
Taglio laser



**Figura 29**  
Saldatura laser

#### 4.11 Brasatura

Rispetto alla saldatura, durante la brasatura si porta a fusione solo il materiale d'apporto, fusibile a basse temperature, mentre il materiale di base rimane allo stato solido.

I metalli o le leghe d'apporto per la **brasatura dolce** (temperatura di fusione  $< 450^{\circ}\text{C}$ ) di metalli pesanti e leghe d'alluminio possono contenere piombo, stagno, zinco, cadmio, antimonio, argento e rame. I fondenti per la brasatura dolce hanno differenti componenti di base organici e inorganici a seconda dell'uso [14].

I metalli o le leghe d'apporto per la **brasatura forte** (temperatura di fusione  $\geq 450^{\circ}\text{C}$ ) sono suddivisi in leghe a base di rame, d'argento, d'alluminio e di nichel. I fondenti per la brasatura forte sono formati da composti di boro, fluoruri, fosfati, clorati e silicati [14].

Le emissioni dipendono dai metalli (leghe) d'apporto, dai fondenti, dai leganti, dal sistema d'apporto di calore (saldatoio elettrico, fiamma a gas) e dai parametri connessi ai procedimenti impiegati, quali temperatura del metallo (lega) d'apporto, durata di brasatura e di mantenimento. Dai fondenti possono sprigionarsi aldeide formica, idrazina, acido, abietinico, ammoniaca, cloruro, bromuro, fluoruro ecc. Con i fondenti a base di colofonia l'operatore può riportare reazioni allergiche. Il riscaldamento diretto della fiamma causa, rispetto al riscaldamento indiretto, un maggiore tenore di cadmio e zinco nel fumo di brasatura. I valori d'emissione per gli altri elementi delle leghe, quali argento e rame, sono molto bassi [14].

Se si rispettano correttamente la temperatura e il tempo di brasatura, non vengono superati i valori limite d'esposizione sul posto di lavoro (valori MAC). Evaporando o bruciando i fondenti possono rivelarsi fastidiosi.

**È necessario adottare, di regola, misure di protezione, come l'aspirazione nella zona di formazione (aspirazione alla fonte) o una ventilazione artificiale.**



**Figura 30**  
Operazione di brasatura



# 5 Valori limite d'esposizione sui posti di lavoro (valore MAC)

Le concentrazioni delle sostanze nocive disperse nell'aria respirata dai lavoratori non devono superare i valori limite d'esposizione sui posti di lavoro (valori MAC).

Il valore limite di esposizione sui posti di lavoro (valore MAC) indica quale concentrazione massima di una sostanza (sotto forma di gas, vapore o polvere) è ammissibile. Sulla base delle informazioni attualmente disponibili, tale concentrazione non rappresenta generalmente un pericolo per la salute. Importante: si fa riferimento alla prevalenza di persone in buone condizioni di salute esposte nell'arco di una giornata lavorativa di 8 ore e fino a 42 ore alla settimana.

Va però tenuto presente che i valori MAC non costituiscono dei limiti netti fra concentrazioni pericolose e non

pericolose. Le concentrazioni che si trovano al di sotto del valore MAC non garantiscono in modo assoluto il benessere psicofisico di chiunque vi sia esposto. Per le persone particolarmente sensibili o in cattiva salute una esposizione a concentrazioni più basse può già costituire un pericolo.

Le indicazioni relative ai valori limite per brevi esposizioni e agli effetti di singole sostanze (assorbimento cutaneo, sensibilizzazione, caratteristiche cancerogene, mutagene, tossiche per il ciclo riproduttivo) sono riportate qui: [www.suva.ch/valore-limite](http://www.suva.ch/valore-limite) [4].

# 6 Misure di protezione

Per escludere qualsiasi pericolo per i saldatori e le altre persone occupate nella stessa area di lavoro, occorre sostituire le sostanze e i procedimenti pericolosi con altri meno pericolosi, oppure adottare misure di protezione tecniche, organizzative e personali (vedi art. 44 OPI [3] e [8]).

## 6.1 Sostituzione delle sostanze e dei procedimenti pericolosi

L'uso di procedimenti di saldatura che producono poche sostanze nocive al posto di quelli già in dotazione che provocano una forte formazione di fumo permette di ridurre enormemente il rischio di esposizione sul lavoro.

Spetta quindi al datore di lavoro scegliere quei procedimenti di saldatura, taglio e affini che producono la minor quantità possibile di sostanze nocive.

### Esempi:

- Saldatura di acciai in gas protettivo al posto della saldatura a elettrodo rivestito.
- Usare elettrodi con rivestimento rutile al posto di quelli basici, acidi o persino rivestiti di cellulosa.
- Se si ricorre alla saldatura MAG, per quanto possibile, scegliere gas protettivo con basso tenore di biossido di carbonio o, meglio ancora, utilizzare gas protettivi a base di argon senza biossido di carbonio (ad es. con l'1 per cento di ossigeno).
- Ricorrendo ai procedimenti di saldatura in gas protettivo, sostituire il procedimento MAG con quello MIG o, meglio ancora, con quello WIG/TIG.
- Per eseguire lavori di brasatura impiegare leghe che non sono a base di cadmio.
- Eseguire la brasatura con saldatori regolati termostaticamente e riscaldati elettricamente al posto della fiamma a gas.
- Ricorrere al taglio subacqueo al plasma al posto del taglio al plasma (fig. 31).

## 6.2 Protezione collettiva

Per l'esecuzione di lavori in spazi ristretti, in zone con pericolo di incendio ed esplosione nonché all'interno di recipienti per sostanze pericolose si richiede l'adozione di misure più rigorose e specifiche. Ciò può essere necessario soprattutto se si eseguono lavori di montaggio e manutenzione comprendenti operazioni di saldatura in cisterne, sili, recipienti a pressione, autocisterne, canalizzazioni, apparecchi, tubazioni, reattori ecc. [16–19].

Occorre provvedere con misure tecniche affinché le concentrazioni delle sostanze nocive nell'aria dei posti di lavoro non superino i valori limite d'esposizione (valori MAC).

**Per misure tecniche si intendono soprattutto installazioni di ventilazione appropriate** (vedi anche capitolo 2.4).



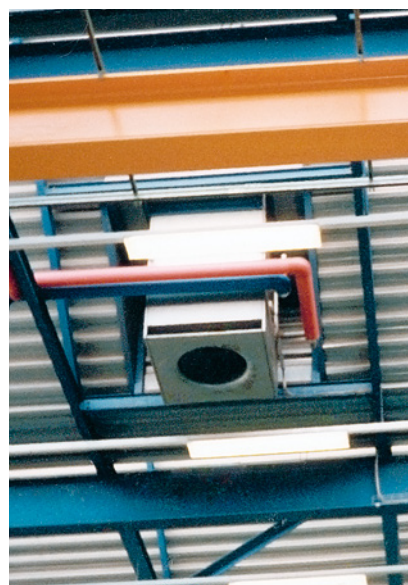
**Figura 31**  
Taglio subacqueo al plasma di acciai al cromo-nichel

### 6.2.1 Esempi di misure tecniche

Aspirazione delle sostanze nocive mediante installazioni di ventilazione stazionarie, fisse o mobili (figg. 32–36).



**Figura 32**  
Incapsulamento e aspirazione in un impianto di taglio laser



**Figura 33**  
Ventilazione artificiale (montaggio al soffitto)



**Figura 34**  
Aspirazione incorporata nello schermo da saldatore



**Figura 35**  
Aspirazione a mezzo tubo regolabile



### Altri esempi di misure tecniche

- Riunire i posti di lavoro analoghi in settori provvisti di una ventilazione appropriata.
- Spruzzatura ad acqua per abbattere il fumo che si forma durante la saldatura ossipropionica.
- Sostituire i bagni di sgrassatura con idrocarburi alogenati o installarli in locali separati dai posti di saldatura ad arco elettrico.
- Usare cannelli con aspirazione diretta (vedi figura di copertina).

### 6.2.2 Depurazione dell'aria di scarico

Prestare la dovuta attenzione agli impianti di depurazione dell'aria di scarico, in modo particolare quando la cosiddetta «aria depurata» viene riciclata nei locali di lavoro o rimane nel locale facendo uso degli aggregati d'aspirazione mobili.

**La concentrazione delle sostanze presenti nell'aria riciclata non deve assolutamente superare 1/3 del valore limite sul posto di lavoro (valore MAC).**

Se si usa il sistema di riciclaggio d'aria bisogna assicurarsi che, contrariamente a quanto avviene con le particelle, le sostanze nocive gassose non possano essere trattenute dai filtri.

Deve essere garantita la rapida commutazione dell'impianto di ventilazione in un sistema ad aria fresca/di smaltimento.

**Il sistema di ventilazione ad aria fresca/di smaltimento è, dal punto di vista igienico, preferibile al sistema di riciclaggio dell'aria.** Per motivi termotecnici (specialmente in inverno) è consigliabile ricorrere ai sistemi di aspirazione alla fonte (l'aria aspirata è minima) e non alla ventilazione dell'interno locale che richiede un enorme consumo d'aria. In casi eccezionali si può impiegare un sistema di ventilazione ad aria fredda purché il ricambio d'aria necessario sia minimo. In questo modo si riduce la massa d'aria da riscaldare (fig. 37).

### Separazione dei fumi di saldatura

I sistemi appropriati per separare dall'aria i fumi di saldatura possono essere suddivisi in due categorie principali in base alle loro caratteristiche d'efficienza:

- separatori a filtro (azione filtrante in superficie, filtrazione in profondità)
- separatori elettrostatici (elettrofiltri, elettrodepuratori).



**Figura 36**

Ampio raggio d'azione del braccio flessibile dell'impianto d'aspirazione



**Figura 37**

Ventilazione ad aria fredda



Classe di fumo di saldatura	Grado di separazione	Uso raccomandato
W 1	≥ 95v%	per acciai non legati e a basso tenore di legante, ad es. basso tenore di nickel e cromo
W 2	≥ 98 %	come sopra, ma in più acciai legati, ad es. con nickel e cromo nella lega ≤ 30 %
W 3	≥ 99 %	come sopra, ma in più acciai ad alto tenore di legante

**Tabella 1**

Classi di fumo di saldatura secondo SN EN ISO 21904-2:2020 per apparecchi e impianti di aspirazione fumi.

I **filtri per polvere fine** e i **filtri per materiale in sospensione** d'alta qualità si rivelano particolarmente idonei per la separazione dei fumi di saldatura. Per la separazione di particelle estremamente fini sono indicate le membrane al teflon microporose su filtri poliesteri ovvero su granulati sintetizzati a base di polimero oppure su altri filtri microporosi quali carta filtro o filtri in tessuto non tessuto.

Sui filtri superficiali quasi tutte le particelle filtrate si depositano sin dall'inizio in superficie così da formare rapidamente uno strato di deposito a forma di torta che costituisce l'effettivo mezzo filtrante, efficace per le particelle di tutte le dimensioni: questo strato filtrante è relativamente facile da asportare. I filtri di questo tipo possono essere impiegati per il riciclaggio dell'aria durante la saldatura di acciai fortemente legati (al cromonichel).

Le installazioni di separazione dei fumi di saldatura devono soddisfare i requisiti della norma SN EN ISO 21904-2 [20] e sono classificate in una delle classi di fumo di saldatura di cui alla tabella 1. Le classi degli apparecchi di respirazione devono essere documentate mediante un rapporto di prova di un centro di sperimentazione riconosciuto.

Usando gli elettrofiltri occorre riservare particolare attenzione alla pulizia dei depolveratori a piastre. A seconda della situazione, del numero dei saldatori, del procedimento di saldatura ecc. è necessario eseguire la pulizia una volta al mese, alla settimana o persino giornalmente.

Dai filtri ipersaturi le particelle di polvere, caricate elettricamente, ritornano nel locale per depositarsi poi sui soffitti del capannone, sulle pareti e sulle finestre.

La situazione è migliore nei casi in cui gli elettrofiltri sono dotati di dispositivi di pulizia automatici, per esempio lavaggio automatico con acqua.

**In ogni caso occorre sempre installare un sistema di ventilazione ad aria fresca/di smaltimento quando si usano gli elettrofiltri.**

### Separazione dei gas di saldatura

Per la separazione delle sostanze nocive sotto forma di gas e vapori si fa ricorso soprattutto ai filtri a carbone attivo. L'azione del carbone attivo si basa sulla sua proprietà d'assorbimento fisico e/o chimico a seconda dello stato della sostanza nociva e del carbone.

L'autonomia dei filtri antigas dipende molto dalle condizioni esterne. Accanto alle dimensioni e al tipo di filtro, l'autonomia viene influenzata principalmente dai seguenti fattori:

- genere e concentrazione della sostanza nociva
- umidità e temperatura dell'aria
- velocità del flusso d'aria nell'impianto di ventilazione

Non è quindi possibile rilasciare valori limite circa l'autonomia dei separatori di gas.



**Figura 38**

Impianto centrale di depolverizzazione per fumi di saldatura e polvere di smerigliatura

### 6.2.3 Controllo dei filtri

Gli apparecchi d'aspirazione dei fumi di saldatura provvisti di separatori a filtro devono essere equipaggiati di un dispositivo di controllo che dia un segnale chiaramente percepibile ogni qualvolta il filtro è saturo. I filtri elettrostatici sprovvisti di separatori filtranti devono disporre di un'installazione di controllo speciale atta a indicare chiaramente, con segnali ottici o acustici, ogni qualvolta si verifichi una caduta delle tensioni continue nel campo di carica e separazione dei fumi di saldatura.

La durata utile, durante la quale non si deve scendere al di sotto della corrente minima indicata in volume, è quindi un criterio qualitativo per la valutazione di un apparecchio di filtraggio dei fumi di saldatura.

In pratica una sostituzione facile e una pulizia rapida dei filtri sono due criteri qualitativi importanti. L'utilizzatore apprezza un uso pratico dei depolveratori a tutto vantaggio di una loro corretta manutenzione che è la premessa fondamentale ai fini di una buona e costante qualità dell'aria respirabile.

## 6.3 Protezione individuale

Durante i lavori di saldatura, l'operatore deve proteggersi il viso con schermi facciali, visiere, schermi a cuffia o caschi a seconda del procedimento di saldatura adottato. La scelta della maschera dipende dalle condizioni d'uso, quali atmosfera in zona di lavoro, luogo, scopo d'uso e tipo di lavoro.

Se per motivi particolari le misure di ventilazione non sono sufficienti o comportano oneri ingenti, è necessario ricorrere ad adeguati apparecchi di protezione delle vie respiratorie. Gli impianti di ventilazione sono sufficienti se si rispettano i valori limite MAC (massima concentrazione ammissibile sul posto di lavoro).

Occorre stabilire:

- se l'aria respirabile contiene ossigeno in quantità sufficiente;
- quali sono le sostanze nocive presenti nell'aria ambiente o che possono inquinarla;
- qual è il grado di pericolosità di queste sostanze nocive;
- per quanto tempo la persona interessata deve rimanere esposta.

Sulla base di questi accertamenti si può decidere se utilizzare:

- maschere a filtro oppure
- autorespiratori

(classificazione secondo SN EN 133) [21].

Se non si conoscono bene le condizioni d'intervento, come nel caso dei lavori all'interno di recipienti e in locali ristretti, è necessario impiegare gli autorespiratori.



**Figura 39**  
Controllo automatico dei filtri



**Figura 40**  
Facile manutenzione dei filtri

Quando si acquistano dei dispositivi di protezione individuale bisogna prestare attenzione a cosa si sceglie e alla conformità del prodotto. La dichiarazione di conformità attesta che un prodotto rispetta i requisiti essenziali di sicurezza e salute indicati nell'allegato II della Direttiva 89/686/CEE (direttiva sui DPI). Contestualmente vengono rispettate anche le disposizioni della **Legge federale sulla sicurezza dei prodotti (LSPro)** [23].

### 6.3.1 Facciali filtranti

I facciali filtranti dipendenti dall'aria ambiente possono essere utilizzati solo quando i lavori di saldatura sono di breve durata e quando l'aria circostante contiene sufficiente ossigeno (almeno 18 per cento in volume). Il filtro (classe e tipo) deve essere scelto a seconda della sostanza nociva a cui si prevede di essere esposti.

I facciali filtranti proteggono dai fumi di saldatura e dalle polveri. Si raccomandano i seguenti prodotti:

- elettrorespiratori a filtro con casco da saldatore e filtro di classe TH2P o TH3P conformi alla norma SN EN 12941 (vedi tabella 2), (fig. 42)
- elettrorespiratori a filtro con facciale completo o semifacciale e filtro di classe TM1P, TM2P o TM3P conformi alla norma SN EN 12942
- facciali completi o semifacciali con filtro P2 o P3 conformi alla norma SN EN 143
- semifacciali filtranti (maschere monouso) di classe FFP2 o FFP3 conformi alla norma SN EN 149 (fig. 41)

I facciali filtranti possono essere combinati anche con i filtri antigas di classe A, B, E e AX conformi alla norma SN EN 141 (fig. 41).

L'uso dei semifacciali filtranti conformi alla norma SN EN 149 è necessario, fra l'altro, lavorando all'aperto con forte formazione di fumo, oppure per svuotare e pulire gli impianti di depurazione dell'aria.

Se si è esposti solo a gas bisogna usare dei filtri antigas. Nei casi in cui l'operatore è esposto contemporaneamente a fumo, vapori e gas occorre far uso di filtri combinati (SN EN 14387/SN EN 405) [21].

Elettrorespiratori a filtro con casco da saldatore e filtro antipolvere	Concentrazione massima di sostanze tossiche nell'aria
Classe	
TH2P	Fino a 20 volte il valore MAC
TH3P	Fino a 100 volte il valore MAC

**Tabella 2**

Elettrorespiratori a filtro completi di casco da saldatore

L'autonomia dei filtri dipende dalla loro dimensione e dalle condizioni d'uso. I filtri antipolvere diventano sempre più spessi con il progredire della durata d'esposizione, il che fa aumentare la resistenza alla respirazione. A seconda della miscela della sostanza nociva, l'inizio della fase di saturazione viene avvertita attraverso l'olfatto oppure con un aumento della resistenza alla respirazione.

I filtri delle maschere devono essere sostituiti prima che siano saturi.

### 6.3.2 Autorespiratori

Nei lavori di saldatura in luoghi poco ventilati (ad es. quando il tenore d'ossigeno scende al di sotto del 18 per cento in volume) è necessario usare apparecchi di respirazione indipendenti dall'aria circostante, ossia:

- respiratori a presa d'aria esterna non autonomi (fig. 42)
- apparecchi di respirazione a riserva d'aria
- apparecchi rigeneratori

Se si devono smontare vecchi boiler in spazi ristretti, ad esempio in cantine, facendo uso del cannello ossitaglio (pericolo di formazione di biossido di azoto, fumo di ossido di zinco e ossidi di ferro), può essere necessario utilizzare apparecchi di respirazione ventilati in modo indipendente. L'aria immessa deve essere pulita.

A seconda dei casi occorre incorporare nella condotta di presa d'aria separatori d'olio e acqua nonché un filtro a carbone attivo. In caso di basse temperature, deve essere possibile riscaldare l'aria [16].

In caso di ambienti poco ventilati o di lavori di saldatura in spazi confinati o ristretti raccomandiamo l'uso di uno schermo da saldatore con respiratore ad aria compressa a flusso continuo conforme alla norma SN EN 14594.



**Figura 41**  
Elettrorespiratori con casco o cappuccio a filtro antigas e a particelle combinato conformi alla norma SN EN 12941 (livello di protezione TH2 A1 E1 B1 P)



**Figura 42**  
Saldatore equipaggiato di apparecchio di respirazione indipendente dall'ambiente per l'uso in spazi ristretti (ad es. locali interrati privi di finestre)



# 7 Panoramica dei procedimenti e delle sostanze nocive

Procedimento	Materiale di base	Materiale d'apporto	Componenti conduttori (valori MAC vedi pag. 26)
Saldatura con elettrodo a bacchetta rivestito LBH	acciaio non legato, leggermente legato	dello stesso genere	frazione alveolare della polvere*, manganese
	cromo-nichel-piombo	dello stesso genere	polvere a, composti del nichel, insolubili, composti del cromo VI
	ghisa	a base di nichel	polvere a, composti del nichel, insolubili
Saldatura di metalli con filo elettrodo in gas attivo (MAG)	acciaio non legato, leggermente legato	dello stesso genere ev. ramato	frazione alveolare della polvere, manganese, ev. ossido di carbonio
	cromo-nichel-piombo	dello stesso genere	polvere a, composti del nichel, insolubili, composti del cromo VI
Saldatura (MIG)	acciaio non legato, leggermente legato	dello stesso genere ev. ramato	frazione alveolare della polvere ev. rame
	cromo-nichel-piombo, nichel, leghe di nichel	dello stesso genere	polvere a, composti del nichel, insolubili, ozono
	alluminio	dello stesso genere	ozono, polvere a
Saldatura (WIG/TIG)	acciaio non legato e a bassa lega, materiali alluminosi	dello stesso genere o nessuno	ozono, polvere a
	cromo-nichel-piombo, nichel, leghe di nichel	dello stesso genere o nessuno	ozono, composti di nichel, insolubili
Saldatura e taglio al plasma	acciaio non legato leggermente legato	dello stesso genere o nessuno	frazione alveolare della polvere, ev. biossido di azoto
	cromo-nichel-piombo, nichel, leghe di nichel	dello stesso genere o nessuno	polvere a, composti di nichel, insolubili, biossido di azoto
	materiali alluminosi	dello stesso genere o nessuno	ozono, polvere a
Saldatura e taglio laser	acciaio non legato e a bassa lega, acciaio zincato	nessuno	polvere a
	cromo-nichel-acciaio, nichel, leghe di nichel	nessuno	polvere a, composti di nichel, insolubili
Saldatura a resistenza a punti	diverse	dello stesso genere	frazione alveolare della polvere, ev. rame
Procedimento autogeno Riscaldamento alla fiamma	ferro e acciaio	dello stesso genere	biossido di azoto
Ossitaglio	ferro e acciaio	–	frazione alveolare della polvere, biossido di azoto
Brasatura	diversi	leghe brasanti, fondenti	polvere a, biossido di azoto (brasatura alla fiamma); a seconda della lega brasante: piombo, cadmio, rame, composti di nichel, insolubili, stagno, zinco ecc. a seconda del fondente: aldeide, colofonio, cloruri, fluoruri ecc.

\* Frazione alveolare della polvere = polvere che può raggiungere l'alveolo polmonare

# 8 Fonti e altre informazioni

## Indicazione delle fonti

- [2] Legge federale sull'assicurazione contro gli infortuni (LAINF), RS 832.20
- [3] Ordinanza sulla prevenzione degli infortuni e delle malattie professionali (OPI), RS 832.30
- [4] «Grenzwerte am Arbeitsplatz 2012», [www.suva.ch/1903.d](http://www.suva.ch/1903.d), non disponibile in italiano
- [5] «Guida alla sicurezza sul lavoro, Commissione federale di coordinamento per la sicurezza sul lavoro», [www3.cfsi.ch](http://www3.cfsi.ch)
- [6] «Saldatura, taglio e procedimenti affini per la lavorazione dei metalli», direttiva CFSL 6509, [www.suva.ch/6509.i](http://www.suva.ch/6509.i)
- [8] Ordinanza del Dipartimento federale dell'interno sulle misure tecniche per la prevenzione delle malattie professionali, cagionate da sostanze chimiche, del 26 dicembre 1960, [www.suva.ch/1521.i](http://www.suva.ch/1521.i)
- [9] SN EN 14610, Saldatura e tecniche affini – Definizioni dei processi di saldatura dei metalli; ISO 857-2, Saldatura e tecniche affini, – definizioni – parte 2: brasatura dolce, brasatura forte e definizioni affini, DIN 2310-6, taglio termico – parte 6
- [10] «Sicherheitstechnische Kennzahlen von Flüssigkeiten und Gasen», [www.suva.ch/1469.d](http://www.suva.ch/1469.d), solo in tedesco
- [11] ESCIS-Heft n.3 1992, Inertisierung, Commissione di esperti per la sicurezza nell'industria chimica svizzera (disponibile sul sito [www.escis.ch](http://www.escis.ch))
- [12] Sicurezza degli impianti a gas di petrolio liquefatti (propano e butano), editore: Sezione internazionale della prevenzione dei rischi professionali nell'industria chimica dell'Associazione internazionale della sicurezza sociale, Heidelberg (1992) (per ordinazioni: Suva, servizio centrale clienti, casella postale, 6002 Lucerna), [www.suva.ch/ivss-2004.i](http://www.suva.ch/ivss-2004.i)
- [13] Grothe, I., Kraume, G.: Arbeitsschutz beim Schweißen, Fachbuchreihe Schweißtechnik, volume 29. Editore: DVS-Verlag GmbH, Düsseldorf (1996)
- [14] Kraume, G., Zober, A.: Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz in der Schweißtechnik, Fachbuchreihe Schweißtechnik, volume 105, Editore: DVS-Verlag GmbH, Düsseldorf (1989)
- [15] «Pericolo: raggio laser, Bollettino d'informazione sui laser», [www.suva.ch/66049.i](http://www.suva.ch/66049.i)
- [16] «Lavori all'interno di recipienti e in locali stretti», [www.suva.ch/1416.i](http://www.suva.ch/1416.i)
- [17] «Sicurezza nei lavori all'interno di pozzi, fosse e canalizzazioni», [www.suva.ch/44062.i](http://www.suva.ch/44062.i)
- [18] «Lavori di saldatura in recipienti e spazi ristretti», [www.suva.ch/84011.i](http://www.suva.ch/84011.i)
- [19] «Attenzione, nei recipienti vuoti attende in agguato la morte!», [www.suva.ch/44047.i](http://www.suva.ch/44047.i)
- [20] Norma svizzera SN EN ISO 21904-2, Salute e sicurezza in saldatura e nei processi correlati – Attrezzature per la cattura e la separazione dei fumi di saldatura – Parte 2: Requisiti per le prove e la marcatura dell'efficacia della separazione
- [21] Norme svizzere sui dispositivi di protezione respiratoria, SN EN 133, SN EN 14387, SN EN 14387/AC, SN EN 143, SN EN 149, SN EN 405, SN EN 12941 ecc.
- [22] Dispositivi di protezione individuale, [www.suva.ch/dpi](http://www.suva.ch/dpi)
- [23] Legge federale sulla sicurezza dei prodotti LSPro, RS 930.11

## Ulteriori informazioni

- «Protezione antincendio durante i lavori di saldatura», [www.suva.ch/84012.i](http://www.suva.ch/84012.i)
- «Impianti a ossigeno e a gas combustibile», [www.suva.ch/sba-128.i](http://www.suva.ch/sba-128.i)
- «Saldatura, taglio, brasatura e riscaldamento: procedimento a fiamma», lista di controllo, [www.suva.ch/67103.i](http://www.suva.ch/67103.i)
- «Saldatura e taglio (procedimenti ad arco)», lista di controllo, [www.suva.ch/67104.i](http://www.suva.ch/67104.i)
- Protezione dell'udito, [www.suva.ch/protezione-per-l-udito](http://www.suva.ch/protezione-per-l-udito)
- Diverse relazioni «Humanisierung des Arbeitslebens der Schweisser». Editore: Der Bundesminister für Forschung und Technologie, Deutscher Verlag für Schweisstechnik (DVS) GmbH, Düsseldorf
- Dubbel: Taschenbuch für Maschinenbau; 17esima edizione, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo (1990)
- «Bombole di gas. Depositi, batterie, sistemi di distribuzione», [www.suva.ch/66122.i](http://www.suva.ch/66122.i)
- Kompendium der Schweisstechnik Band 1: Verfahren der Schweisstechnik, Fachbuchreihe Schweisstechnik Band 128/1. Editore: Deutscher Verlag für Schweisstechnik (DVS) GmbH, Düsseldorf (2002)
- Recknagel, Sprenger, Hörmann: «Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik»; R. Oldenburg Verlag, Munich (1992)
- Direttive riguardanti la sicurezza durante i lavori di saldatura e tecniche affini (per le ordinazioni: Associazione svizzera per la tecnica di saldatura (ASS), St. Alban-Rheinweg 222, 4052 Basilea)
- Norma svizzera SN EN ISO 21904, Salute e sicurezza in saldatura e nei processi correlati – Attrezzature per la cattura e la separazione dei fumi di saldatura
- VDI/DVS-Richtlinie VDI/DVS 6005; Lüftungstechnik beim Schweißen und bei den verwandten Verfahren. Editore: Beuth Verlag, Berlin

## Materiale illustrativo

Le fotografie ci sono state gentilmente fornite dalle seguenti ditte:

- Alu Menziken Extrusion AG, 5737 Menziken
- ABB Schweiz Holding AG, 5400 Baden
- VA TECH HYDRO AG, 6010 Kriens
- Bühler AG, 9240 Uzwil
- Ferrum AG, 5102 Rapperswil
- RUAG Land Systems, 3602 Thun
- Lanz-Anliker AG, 4938 Rohrbach
- Von Moos Stahl AG, 6021 Emmenbrücke
- Josef Ötterli AG, 8108 Dällikon
- Ernst Schweizer AG, 8908 Hedingen
- Turbo-Seperator AG, 9620 Lichtensteig
- Ygnis AG, 6017 Ruswil
- Zehnder Group AG, 5722 Gränichen

Il modo più semplice per richiedere le pubblicazioni Suva e CFSL è utilizzando i link diretti riportati su questa pagina oppure tramite il sito [www.suva.ch](http://www.suva.ch).

## Il modello Suva I quattro pilastri



La Suva è più che un'assicurazione perché coniuga prevenzione, assicurazione e riabilitazione.



Le eccedenze della Suva ritornano agli assicurati sotto forma di riduzioni di premio.



La Suva è gestita dalle parti sociali: i rappresentanti dei datori di lavoro, dei lavoratori e della Confederazione siedono nel Consiglio della Suva. Questa composizione paritetica permette di trovare soluzioni condivise ed efficaci.



La Suva si autofinanzia e non gode di sussidi.

**Suva**  
Casella postale, 6002 Lucerna

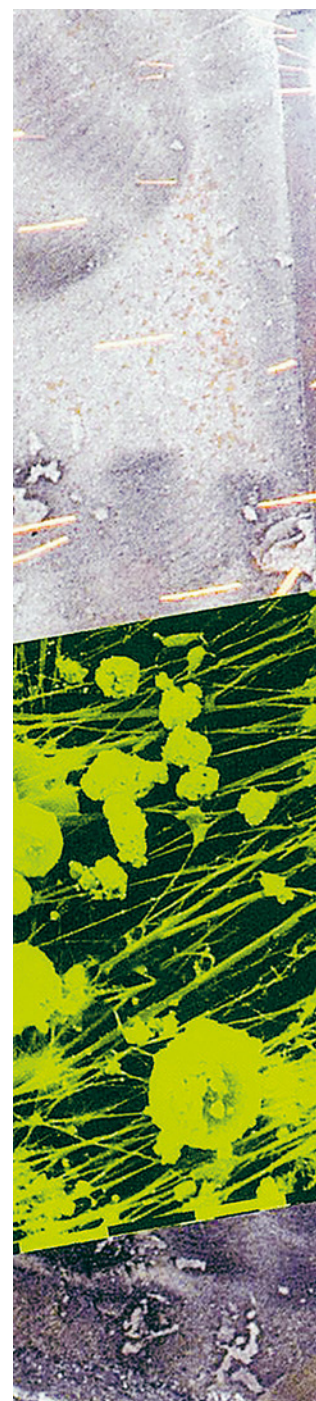
**Informazioni**  
Settore chimica, fisica ed ergonomia  
Tel. 058 411 12 12  
[servizio.clienti@suva.ch](mailto:servizio.clienti@suva.ch)

**Ordinazioni**  
[www.suva.ch/44053.i](http://www.suva.ch/44053.i)

**Titolo**  
Saldatura e taglio  
Protezione da fumi, polveri,  
gas e vapori

Stampato in Svizzera  
Riproduzione autorizzata, salvo a fini  
commerciali, con citazione della fonte.  
Edizione: agosto 1994  
Edizione rivista e aggiornata: febbraio 2026

**Codice**  
44053.i



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Finanziato dalla CFSL  
[www.cfsl.ch](http://www.cfsl.ch)