

I RISCHI MECCANICI ED ELETTRICI NELL'INFN

# IL LAVORO DI SALDATURA NELLE OFFICINE MECCANICHE



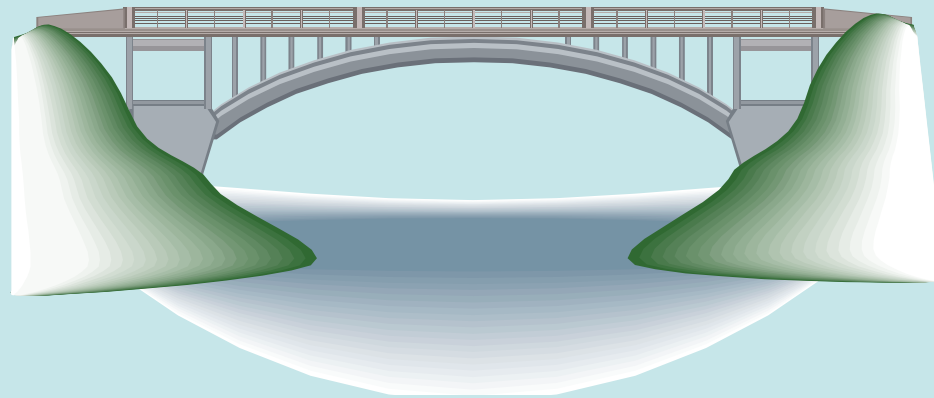
# Introduzione

La presente relazione ha lo scopo di esporre i temi tecnici più importanti riguardanti l'impiego in sicurezza delle principali tecnologie di saldatura

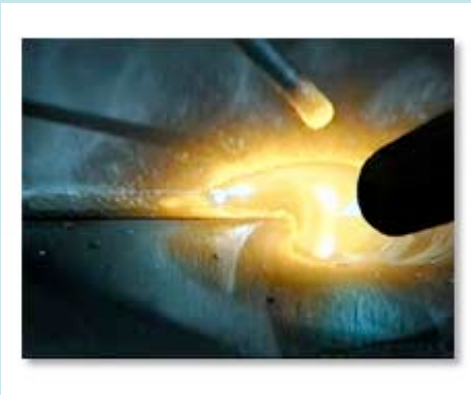
# Programma

- 📁 Definizione e classificazione dei principali processi di saldatura
- 📄 Rischi derivati dall'impiego dei processi di saldatura
- 📄 Aspetti legislativi
- 📄 Interventi

# DEFINIZIONE E CLASSIFICAZIONE DEI PRINCIPALI PROCESSI DI SALDATURA



# SALDATURA

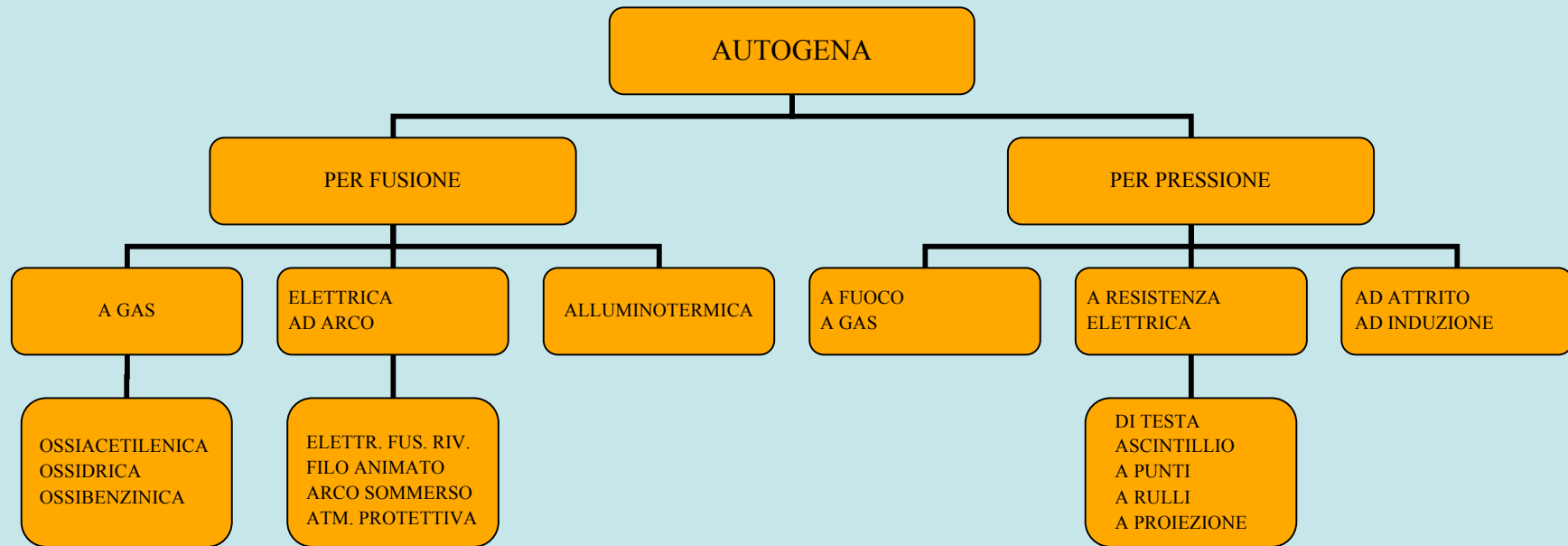


Processo che realizza il collegamento di pezzi prevalentemente metallici per azione del calore e/o della pressione con o senza aggiunta di un altro materiale di apporto

# PROCESSI DI SALDATURA

- SALDATURA AUTOGENA : si ottiene senza apporto di metallo o con apporto di un metallo dello stesso tipo di quello dei pezzi da unire (metallo base); i materiali da saldare sono fra di loro compatibili (ferro-ferro, rame-rame, alluminio-alluminio, etc.); il metallo base partecipa alla costituzione del giunto saldato. Le temperature sono elevate con possibili forti deformazioni. Si ottiene la massima tenuta del giunto.
- SALDATURA ETEROGENA : si ottiene con apporto di metallo diverso da quello dei pezzi da unire; si possono saldare materiali fra di loro non compatibili (ferro-rame, ottone-inox, alluminio-ferro, etc.) si verifica esclusivamente la fusione del metallo d'apporto. Le temperature e le deformazioni sono più moderate. La tenuta del giunto dipende dal metallo d'apporto usato.
- ALTRI PROCESSI DI SALDATURA : si ottiene l'unione dei pezzi con o senza metallo d'apporto.

# PROCESSI DI SALDATURA



## SALDATURA AUTOGENA PER FUSIONE - GAS

La saldatura a gas utilizza come sorgente di calore una fiamma ottenuta dalla unione di un gas con l'ossigeno. La più importante è la saldatura ossiacetilenica.

- SALDATURA OSSIACETILENICA : usa una fiamma alimentata da un gas composto da ossigeno ed acetilene miscelato in parti uguali. La temperatura raggiunta dalla fiamma raggiunge i 3050°C. Il trasferimento di calore è lento e conviene per manufatti leggeri o per spessori fino a 6 mm. Ha il vantaggio della trasportabilità dell'attrezzatura, basso costo e possibilità di saldare in tutte le posizioni.
- SALDATURA OSSIDRICA : usa una fiamma ottenuta dalla combustione dell'ossigeno con l'idrogeno. La temperatura della fiamma ( 2465°C ) è sostanzialmente più bassa di quella di una fiamma ossiacetilenica e di conseguenza tale procedimento viene impiegato per la saldatura di metalli a basso punto di fusione come ad es. alluminio, piombo e magnesio.
- SALDATURA OSSIBENZINICA : usa una fiamma ottenuta dalla combustione dell'ossigeno con benzina. Usata principalmente per la saldatura del piombo.



## SALDATURA AUTOGENA PER FUSIONE – ARCO ELETTRICO

La saldatura ad arco elettrico sfrutta il passaggio di corrente attraverso un gas ionizzato. L'arco scocca tra gli elettrodi ( anodo e catodo ) al raggiungimento di una temperatura che permetta l'emissione degli elettroni e si mantiene automaticamente in presenza di una differenza di potenziale. E' necessario quindi ottenere determinate condizioni di temperatura, tensione, intensità di corrente e ionizzazione del gas tra gli elettrodi. Di norma la temperatura media dell'arco è di 3800°C.

- FILO ANIMATO (FCAW) : l'arco elettrico scocca tra un elettrodo di metallo ad alimentazione continua ed il materiale di base. Il processo può essere utilizzato con o senza gas protettivo ; il nucleo dell'elettrodo contiene sostanze che prevengono l'ossidazione del cordone di saldatura.
- ELETTRODO FUSIBILE RIVESTITO (SMAW): Il calore sprigionato dall'arco elettrico, è mantenuto tra l'estremità di un elettrodo rivestito e la superficie del metallo base. L'elettrodo consiste in un nucleo di metallo solido ricoperto da un rivestimento di materiale antiossidante e metallico che ha lo scopo di proteggere il bagno fuso dall'atmosfera. E' il processo di saldatura più utilizzato.
- ARCO SOMMERSO : l'arco elettrico è generato fra l'elettrodo ed il pezzo. La zona fusa dell'arco è "sommersa" da un flusso granulare fusibile. Il flusso stabilizza l'arco e protegge il materiale fuso dall'atmosfera. Il processo è di solito automatico, utilizza uno o più elettrodi con correnti fino a 1500A. La saldatura può essere effettuata solo nella posizione piana per la presenza del flusso granulare e per la fluidità del materiale saldato fuso.

## SALDATURA AUTOGENA PER FUSIONE – ARCO ELETTRICO

- TIG – tungsten inert gas (GTAW) : l'arco elettrico è innescato tra un elettrodo di tungsteno infusibile ed il pezzo da saldare. La protezione della zona di fusione è fornita da un gas inerte (elio o argon). La saldatura può avvenire con o senza metallo d'apporto. Consente di saldare con facilità in tutte le posizioni con un ottimo controllo del bagno di saldatura. E' ampiamente usata nell'industria aeronautica, aerospaziale ed in tutte le saldature di alta qualità.
- MIG – metal inert gas (GMAW) : l'arco elettrico è innescato tra un elettrodo metallico fusibile, ad alimentazione continua, ed il pezzo da saldare. La protezione della zona di fusione è fornita da un gas inerte. L'elettrodo ha una composizione che dipende dal metallo base. E' possibile saldare in tutte le posizioni.
- MAG – metal active gas (GMAW) : l'arco elettrico è innescato tra un elettrodo metallico fusibile ed il pezzo da saldare. La protezione della zona di fusione è fornita da una miscela costituita da un gas inerte (argon, elio) e l'anidride carbonica. L'anidride carbonica reagisce col metallo base ed in presenza di carbonio forma ossido di ferro. L'elettrodo contiene disossidanti (Si e Mn) per rimediare alla formazione dell'ossido.

## SALDATURA AUTOGENA PER FUSIONE

- ALLUMINOTERMICA O ALLA TERMITE : mescolando polvere di alluminio finissima con ossido ferrico ed incendiando la miscela ottenuta in modo da ottenere in un punto qualunque una temperatura di almeno 1000°C, si innesca la reazione esotermica : la polvere di alluminio sottrae l'ossigeno all'ossido ferrico sviluppando una grande quantità di calore ad alta temperatura (3000°C). Nella reazione l'ossido ferrico si riduce a metallo libero ed il ferro fuso ottenuto diventa il metallo d'apporto; la scoria formata dall'ossido di alluminio galleggia su di esso. La miscela liquida ottenuta viene chiamata "termite"; la saldatura è ottenuta versando la termite intorno alle parti che devono essere unite.

## SALDATURA AUTOGENA PER PRESSIONE

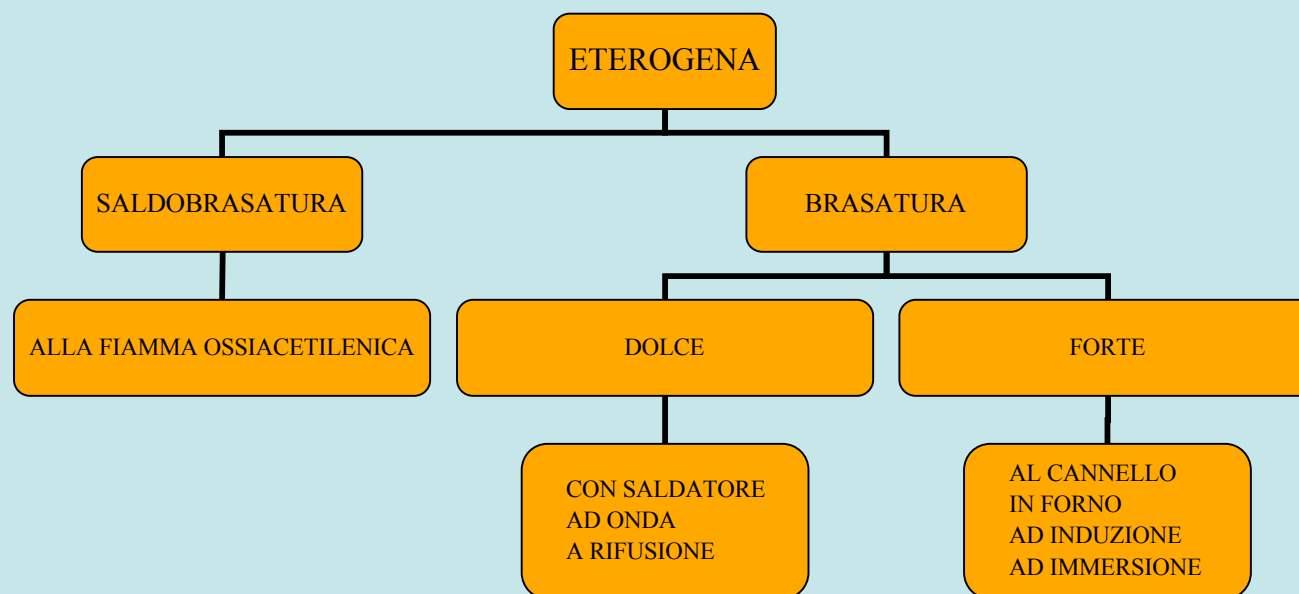
- A FUOCO (BOLLITURA) : è il procedimento più antico, utilizzato nelle botteghe dei fabbri-ferrai. I pezzi da unire vengono scaldati in una forgia, poi vengono resi solidali con la martellatura a mano o con la rullatura. Nel caso dell'acciaio i pezzi vengono preriscaldati fino a circa 800°C e leggermente martellati. Dopo questa operazione i pezzi vengono portati vicino alla temperatura di fusione; le superfici vengono poi pulite dall'ossido di ferro e subito martellate ad una temperatura di 1100-1200°C.
- AD ATTRITO : è un processo di saldatura allo stato solido. La giunzione delle parti avviene dopo che si è ottenuto un sufficiente sviluppo di calore attraverso lo strisciamento delle superfici da unire pressate con forza l'una contro l'altra. Si saldano bene materiali a basso carico di snervamento ovvero a film di ossido sottile; per gli altri materiali è necessaria una fase di ricalcatura prima della saldatura. La velocità di rotazione relativa fra i pezzi può arrivare a 5000 g/min, mentre la pressione può raggiungere 280 MPa. I tempi di saldatura variano dai 5 ai 15 secondi per diametri da 9 a 25 mm.
- AD INDUZIONE : Il calore di saldatura non proviene da sorgenti esterne ( fiamme a gas, archi elettrici, reazioni chimiche, etc.), ma viene ottenuto inducendo una corrente elettrica nel metallo base (corrente di Foucault). Facendo passare una intensa corrente indotta attraverso i bordi da unire, viene fornita in tal modo la quantità di calore necessaria alla loro fusione. Le saldature sono poco profonde e dipendono dalla frequenza della corrente indotta. Sono utilizzate per acciai di piccolo spessore (max. 5 mm).

## SALDATURA AUTOGENA PER PRESSIONE – A RESISTENZA

E' definita come il processo nel quale la fusione dei metalli avviene per mezzo del calore generato dalla resistenza opposta al passaggio di corrente elettrica di due superfici poste a contatto. Prima, durante e dopo il passaggio della corrente è applicata alle superfici una pressione.

- TESTA A TESTA : la saldatura è estesa a tutta la superficie di contatto dei pezzi. Due morse conduttrici serrano i pezzi, trasportano la corrente e generano la pressione di contatto.
- A SCINTILLIO : è una variante della saldatura testa a testa; le superfici da saldare vengono avvicinate ed allontanate in modo da provocare l'innesco di piccoli archi elettrici che fondono il metallo. Dopo la fusione, la corrente è interrotta e le superfici sono premute con una forte pressione che ne genera l'unione.
- A PUNTI : i pezzi da saldare vengono serrati fra due elettrodi di rame attraverso i quali passa la corrente che crea il "punto di saldatura" con la fusione locale del metallo.
- CONTINUA : è una serie di saldature a resistenza con punti di saldatura sovrapposti. Di solito uno o entrambi gli elettrodi sono ruote che si muovono sul pezzo in lavorazione.
- A PROIEZIONE : il punto di saldatura è prodotto tramite una proiezione o rilievo sulla superficie di contatto, o tramite l'interposizione di un filo di apporto.

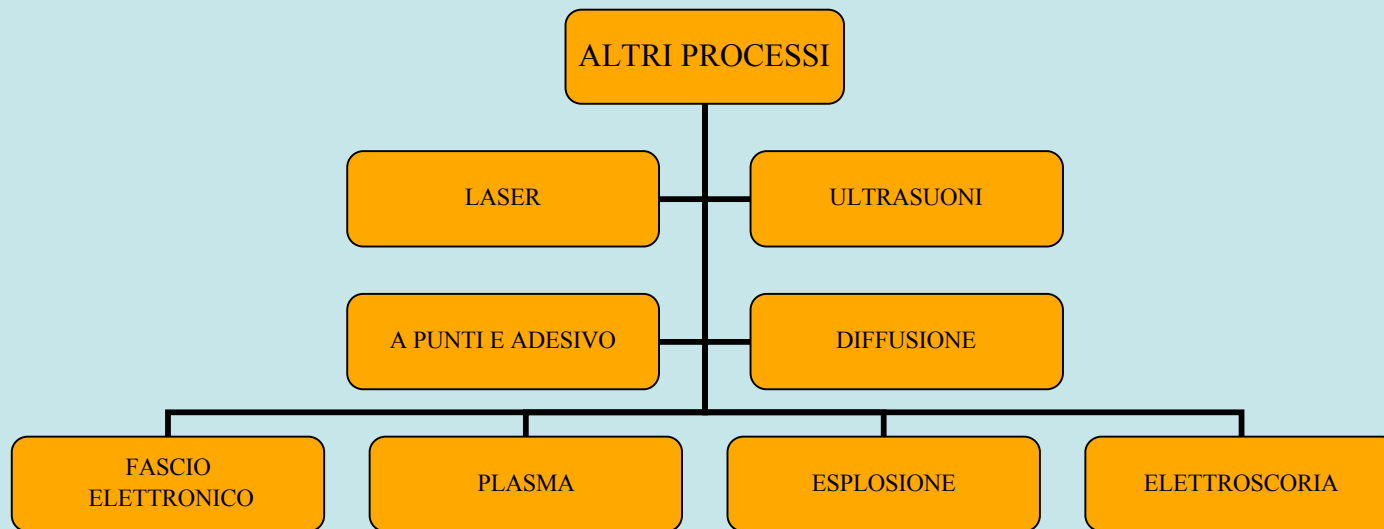
## PROCESSI DI SALDATURA



## SALDATURA ETEROGENA

- SALDOBRASATURA : L'unione dei pezzi avviene per fusione del solo metallo d'apporto. Il metallo base viene riscaldato a temperature inferiori a quelle di fusione. La lega generalmente utilizzata è un ottone al silicio o al nichel con punto di fusione attorno ai 900°C. Le modalità esecutive sono simili a quelle della saldatura autogena per quanto riguarda la preparazione dei bordi e l'attrezzatura (fiamma ossiacetilenica); sono tipiche della brasatura la differenza fra metallo base e metallo d'apporto nonché la loro unione che avviene per bagnatura : la bagnatura consiste nello spandersi di un liquido (metallo d'apporto fuso) su una superficie solida (metallo base). La temperatura relativamente elevata utilizzata nella saldobrasatura permette di ottenere un giunto elastico e resistente.
- BRASATURA : è effettuata disponendo il metallo base in modo che fra le parti da unire resti uno spazio tale da permettere il riempimento del giunto ed ottenere un'unione per bagnatura e capillarità. A seconda del minore o maggiore punto di fusione del metallo d'apporto, la brasatura si distingue in dolce e forte. La **brasatura dolce** utilizza materiali d'apporto con temperatura di fusione < 450°C; i materiali d'apporto tipici sono leghe stagno/piombo. L'adesione che si verifica è piuttosto debole ed il giunto non è particolarmente resistente. Gli impieghi tipici riguardano elettronica, scatolame, etc. La **brasatura forte** utilizza materiali d'apporto con temperatura di fusione > 450°C; i materiali d'apporto tipici sono leghe rame/zinco, argento/rame. L'adesione che si verifica è maggiore ed il giunto è più resistente della brasatura dolce. Gli impieghi tipici riguardano idraulica, termorefrigerazione, etc.

## PROCESSI DI SALDATURA





## ALTRI PROCESSI DI SALDATURA

- A FASCIO ELETTRONICO : un fascio di elettroni di elevata energia viene indirizzato sulle parti da unire; la zona riscaldata e successivamente fusa, è molto stretta e localizzata, permettendo di minimizzare le deformazioni di saldatura. Le saldature possono essere eseguite a pressione atmosferica o sotto vuoto. Le tipiche applicazioni sono nel settore automobilistico, aerospaziale e della fisica delle alte energie.
- AL PLASMA : l'apporto termico necessario alla fusione dei materiali è fornita da un gas che per riscaldamento raggiunge una parziale ionizzazione (plasma), potendo così condurre una corrente elettrica. L'arco elettrico è compreso fra un elettrodo infusibile ed il bagno fuso (arco trasferito) o tra un elettrodo ed un adiacente ugello (arco non trasferito). Il bagno di fusione è protetto dal getto di gas caldo e ionizzato (argon) che esce dall'ugello e può essere integrato da una fonte ausiliaria di gas protettivo (argon, elio). Si può usare o no materiale d'apporto. Eseguo saldature simili alle TIG con alcuni vantaggi : maggiore concentrazione dell'energia (maggiore velocità di saldatura), inferiore corrente di lavoro (minori distorsioni nei pezzi), arco maggiormente stabile. E' un processo più difficile da usare ed è generalmente impiegato nelle saldature automatiche.
- PER ESPLOSIONE : la saldatura viene ottenuta per effetto della pressione generata dall'onda d'urto di una carica esplosiva. Le due parti vengono tenute una sull'altra, parallele ed a piccola distanza; il materiale esplosivo è distribuito in maniera uniforme sulla parte da unire superiore. Il procedimento consente l'unione di metalli difficili da saldare (acciaio/titanio). Tipiche applicazioni sono nel settore navale e nella realizzazione dei rivestimenti interni dei recipienti per prodotti chimici.

## ALTRI PROCESSI DI SALDATURA

- CON ELETTROSCORIA : utilizza il calore generato per effetto Joule da una corrente elettrica che attraversa uno strato di scoria elettro conduttrice allo stato fuso. La scoria funziona da bagno di saldatura e con il calore sviluppato si ottiene la fusione del metallo d'apporto e la saldatura del metallo base; non si ha produzione di arco elettrico. La saldatura va eseguita con il giunto in verticale. Le principali applicazioni sono nella cantieristica navale (paratie delle navi). FIAT ha messo a punto un sistema che utilizza questo principio per la saldatura di giunti circolari (componenti di impianti nucleari).
- AD ULTRASUONI : le parti da saldare poste a stretto contatto, vengono messe fra un supporto ad incudine ed un gruppo vibrante che trasmettendo una velocissima ed intensa vibrazione genera dei moti di attrito che provocano il riscaldamento dei pezzi ; l'unione avviene senza fusione dei pezzi da unire nel caso di materiali metallici ; le materie plastiche raggiungono il punto di fusione. Le saldature possono essere per punti o continue (disco rotante). Questo tipo di saldatura rimpiazza vantaggiosamente i metodi di assemblaggio con adesivi e solventi. Il settore di applicazione è molto vasto : automobilistico, elettronico, militare, meccanica di precisione, ottica, imballaggio, etc.
- A PUNTI CON ADESIVO : è una tecnica mista che riunisce le tecniche della saldatura a resistenza a punti con quella dell'incollaggio. Una delle modalità esecutive prevede l'applicazione dell'adesivo sulle superfici da unire ; successivamente si esegue la saldatura a punti ed infine la zona saldata viene riscaldata in forno per completare la polimerizzazione dell'adesivo. La resistenza del giunto sembra determinata dall'adesivo. Il processo è generalmente utilizzato su alluminio (sottogruppi della produzione aeronautica).

## ALTRI PROCESSI DI SALDATURA

- LASER : la saldatura laser produce una fusione del metallo tramite l'applicazione di un raggio di luce coerente, di frequenza determinata, focalizzato sulle superfici da unire ; per proteggere il bagno fuso, viene utilizzato un gas protettivo ; la saldatura può avvenire con o senza metallo d'apporto. I vantaggi di questo tipo di saldatura sono : elevata velocità di avanzamento, riduzione delle zone alterate dal calore, bassa deformazione del pezzo saldato, assenza di scorie e spruzzi, possibilità di operare attraverso qualsiasi mezzo trasparente; il raggio non ha necessità di contatto con il pezzo e può essere diretto, inclinato e focalizzato da sistemi ottici ; in particolare, il laser a neodimio (Nd:YAG) può trasmettere il raggio attraverso fibre ottiche, rendendolo particolarmente indicato per azionamenti robotizzati e per la saldatura di strutture complesse.
- DIFFUSIONE : consiste nell'unione di materiali allo stato solido, ponendo le superfici a contatto con opportuna pressione (da 0,5 ad 1,6 bar), a temperatura elevata (dal 50% al 70% della temperatura di fusione), sotto vuoto (  $10^{-4}$  bar). Il vantaggio consiste nella possibilità di unire materiali diversi o per i quali la saldatura per fusione non sarebbe possibile (materiali con punti di fusione o dilatazioni termiche molto diverse. Le principali applicazioni riguardano l'industria aerospaziale e nucleare.

# RISCHI DERIVATI DAI PRINCIPALI



## PROCESSI DI SALDATURA

## RISCHI IN SALDATURA – ASPETTI GENERALI



- **Presenza di calore e temperature locali molto elevate**
- **Sviluppo di polveri, fumi e vapori metallici**
- **Proiezione di metallo fuso e scorie**
- **Emissione di radiazioni elettromagnetiche (UV, IR e visibile)**
- **Presenza di rumore**
- **Presenza di campi magnetici e correnti elettriche di elevata intensità**
- **Uso di gas compressi ed infiammabili**
- **Uso delle macchine saldatrici, smerigliatrici ed altre attrezzature**

## **RISCHI IN SALDATURA – ESPOSIZIONE AGLI AGENTI CHIMICI**

- **Dipendono da :**  
**Tipo di processo di saldatura impiegato**  
**Materiale di base e d'apporto utilizzato**  
**Ambiente nel quale si effettuano le operazioni**
- **Gli agenti chimici possono provocare intossicazioni acute di tipo reversibile (assorbimento rapido in elevata quantità) o croniche sotto forma di malattia (assorbimento lento di dosi basse) anche se sono forme rare.**
- **L'apparato respiratorio è la via di accesso preferenziale per l'inalazione di agenti gassosi quali ozono (irritante e nocivo a determinate concentrazioni) , ossidi di azoto (in grado di formare gas nitrosi ed acido nitrico) e fumi (vapori metallici e loro composti : ossidi di ferro, nichel, manganese, piombo, zinco, alluminio) ; inalazione di prodotti derivanti dalla decomposizione di sgrassanti, lubrificanti e vernici presenti sui pezzi da saldare (monossido di carbonio, ammoniacca, fosgene)**

## **RISCHI IN SALDATURA – ESPOSIZIONE AGLI AGENTI CHIMICI**

- **Zn e Cu possono provocare febbre da fumi metallici con sintomi di bronchite acuta ed irritazione delle vie respiratorie**
- **Il piombo può causare saturnismo (anemia, ipertensione, aumento dei tempi di reazione)**
- **L'ossido di C in percentuale elevata determina il tipico avvelenamento con cefalea e malessere generale**
- **Cr e Ni potrebbero risultare cancerogeni a livello dell'apparato respiratorio**
- **Il cadmio utilizzato in alcune leghe per brasatura è tossico**

## **RISCHI IN SALDATURA – ESPOSIZIONE AGLI AGENTI CHIMICI**

- **Il torio è un elemento radioattivo e talvolta è presente (2%) negli elettrodi infusibili TIG ; è accertato che durante il normale impiego non esistono significativi rischi di irradiazione esterna ; potrebbero sorgere problemi di irradiazione interna per inalazione delle polveri nel caso di riaffilatura dell'elettrodo senza protezione**
- **Solventi e loro vapori oltre ad essere irritanti, sono tossici per fegato e reni ; sono critiche le saldature su pezzi verniciati (pitture epossidiche o allo zinco)**
- **Fumi, agenti gassosi, vapori dei solventi e proiezioni di materiali fusi possono provocare irritazioni e lesioni agli occhi**



## RISCHI IN SALDATURA – AGENTI FISICI

- Il calore dovuto alla presenza di temperature molto elevate può provocare stress termico e scottature
- Le radiazioni UV (da 400 a 100 nm) agiscono sulla pelle (eritema, scottature) e sugli occhi (microlacerazioni della cornea, fotofobia, congiuntivite)
- Le radiazioni IR (da 750 a 10000 nm) possono provocare bruciori alla pelle e danni alla cornea
- Le radiazioni visibili ( da 400 a 700 nm) possono provocare iriti e blefariti dell'occhio

## **RISCHI IN SALDATURA – AGENTI FISICI**

- **Tensioni a vuoto di 42 V c.a. e di 80 V c.c. possono provocare shocks elettrici gravi su un saldatore mediamente affaticato e sudato**
- **Presenza di rumore in funzione della sua intensità e frequenza ; per elevati livelli e durata di esposizione, possono insorgere rischi di ipoacusia**
- **In condizioni operative normali sono trascurabili i rischi da esposizione a campi magnetici**
- **Processi di saldatura particolari quali il laser ed il fascio elettronico, richiedono posizioni di lavoro adeguatamente schermate**

## RISCHI IN SALDATURA – PROCESSI SPECIFICI

- Saldatura a gas : 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 Cr e Ni

## RISCHI IN SALDATURA – PROCESSI SPECIFICI

- **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 (Pb)
- **A resistenza** : basse concentrazioni di fumi e gas nocivi; assenza dei rischi da radiazioni UV

## **RISCHI IN SALDATURA – PROCESSI SPECIFICI**

- **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 Ni, Si, Mn, Fe, Sn, Al, Pb
- **Brasatura dolce** : usa leghe brasanti Sn-Pb ed anche se ormai in disuso paste flussanti a base di Zn

## RISCHI IN SALDATURA – OSSIGENO

- **Gas in pressione (200 atmosfere) fornito in bombole (50 litri) con l'ogiva colore bianco**
- **È molto ossidante 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**

## **RISCHI IN SALDATURA – ACETILENE**

- **Gas in pressione (15 atmosfere) fornito in bombole (5 Kg) con l'ogiva colore marrone rossiccio; è fornito 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**

# ASPETTI LEGISLATIVI





## ASPETTI LEGISLATIVI - GENERALITA'

- La Costituzione della Repubblica riconosce la tutela della salute e dell'integrità fisica come fondamentale interesse della collettività, attribuendole una priorità all'interno delle iniziative economico-imprenditoriali
- La legge ordinaria e le direttive dell'Unione Europea hanno recepito tali principi: essi rientrano nel quadro del DL 626/94 per quanto riguarda valutazione, previsione, eliminazione, riduzione, prevenzione ; dal punto di vista tecnico i contenuti delle preesistenti disposizioni non hanno subito sostanziali modifiche (DPR 547/55 e DPR 303/56)
- Il datore di lavoro ha il diritto di esercitare il potere organizzativo nei limiti e nei vincoli imposti dalla legge (art. 2086 C.C.)
- Dopo avere osservato tutte le misure generali di tutela ed avere adottato tutte le misure di sicurezza specifiche, il datore di lavoro ha il diritto di pretendere la corretta esecuzione dei lavori affidati ai propri dipendenti
- A questo diritto del datore di lavoro, corrisponde l'obbligo per i collaboratori di operare con la diligenza richiesta dalla prestazione (art. 2104 C.C.) purchè siano stati opportunamente informati, formati, consultati ed adeguatamente istruiti

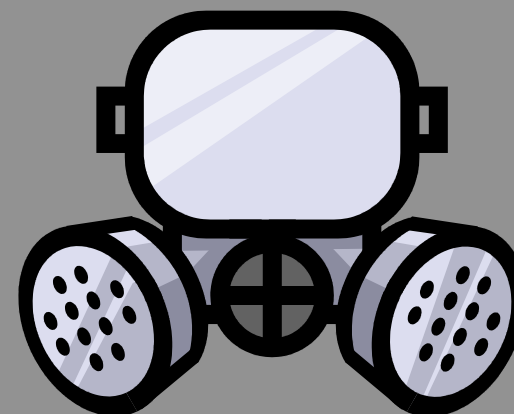
## ASPETTI LEGISLATIVI - GENERALITA'

- Il datore di lavoro deve mettere a disposizione dei suoi dipendenti macchine ed attrezzature adeguate alle condizioni ed alle caratteristiche del lavoro da svolgere ed idonee ai fini della sicurezza e della salute (art. 35 DL 626/94)
- Nella scelta delle macchine ed in riferimento all'evoluzione tecnica, il datore di lavoro deve orientarsi verso quelle che garantiscono il livello di protezione più elevato (art. 3 DL 626/94)
- Il datore di lavoro deve acquisire tutte le informazioni e le istruzioni d'uso, in relazione alla necessità di sicurezza delle macchine ed attrezzature; tali istruzioni devono essere trasferite in modo chiaro, efficace e comprensibile ai lavoratori interessati (art. 37 DL 626/94)



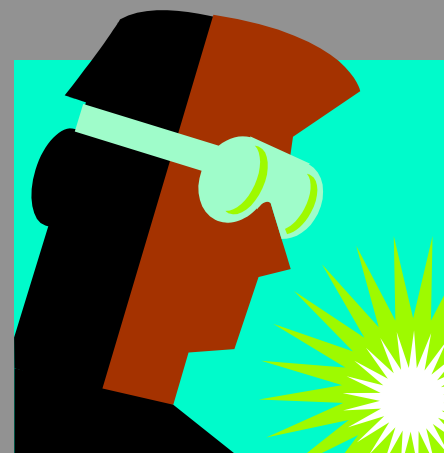
## ASPETTI LEGISLATIVI – POSTI DI LAVORO

- Il datore di lavoro deve adottare i provvedimenti atti ad impedire o a ridurre lo sviluppo e la diffusione delle polveri, fumi e gas che si sviluppano durante l'operazione di saldatura possibilmente vicino al luogo dove si producono (art. 20, 21 DPR 303/56)
- Per i lavoratori esposti al rischio di inalare gli inquinanti in argomento, la protezione va integrata con appositi DPI (art. 41 DL 626/94). La legge prevede la sorveglianza sanitaria per rischio non moderato(art. 72-decies, DL 25/02)
- L'aria aspirata è generalmente espulsa in atmosfera oppure può essere filtrata e riciclata. Le attività di saldatura sono considerate a ridotto inquinamento atmosferico (punto 30, allegato 2, DPR 25/07/91)



## ASPETTI LEGISLATIVI – POSTI DI LAVORO

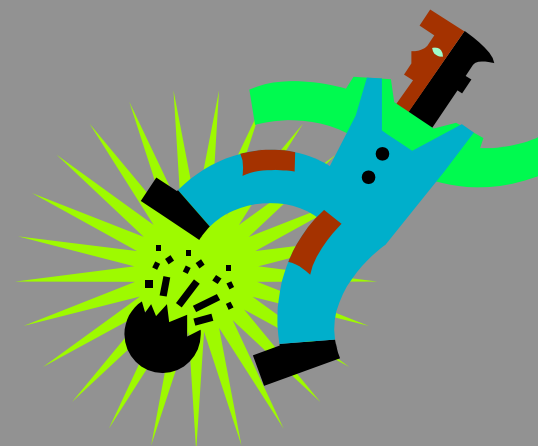
- Il datore di lavoro deve disporre l'effettuazione delle lavorazioni pericolose possibilmente in luoghi separati (art. 19 DPR 303/56);
- E' inoltre fatto obbligo dell'uso di schermi di intercettazione delle radiazioni nocive per altri lavoratori presenti nell'ambiente e non addetti alla saldatura (art. 259 DPR 547/55)
- Per i lavoratori esposti al rischio di radiazioni nocive, devono essere forniti appositi DPI con particolare riferimento alla protezione degli occhi ed alla protezione dal calore (art. 22 DPR 303/56). La legge prevede la sorveglianza sanitaria per rischio non moderato (art. 72-decies, DL 25/02)



## ASPETTI LEGISLATIVI – POSTI DI LAVORO

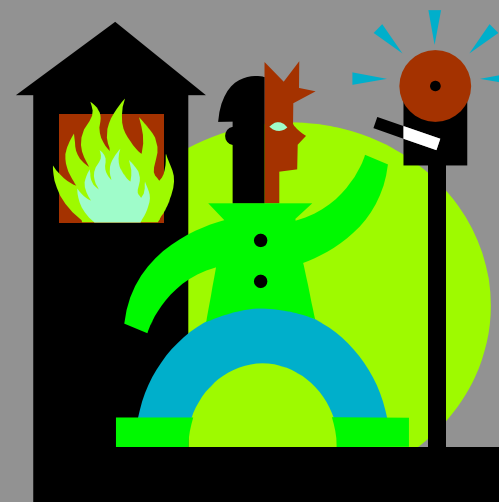
**E' vietato eseguire operazioni di saldatura in condizioni di pericolo (art. 250 DPR 547/55) in particolare :**

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



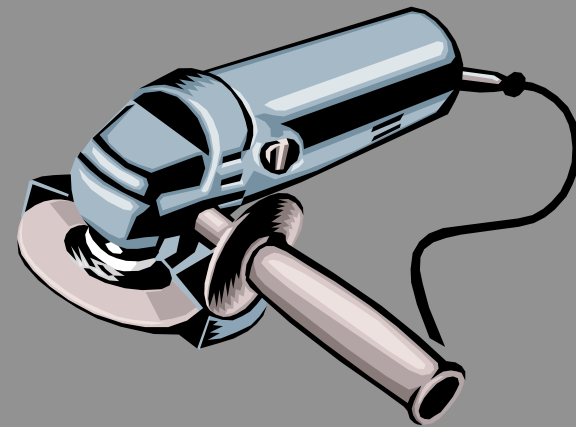
## ASPETTI LEGISLATIVI – POSTI DI LAVORO

- E' necessario provvedere ad un efficace ricambio dell'aria nei locali chiusi (art. 9 DPR 303/56)
- Occorre predisporre adeguati mezzi di estinzione; le manichette per l'estrazione localizzata dei fumi ed i cavi di alimentazione di lampade portatili devono essere fabbricati con materiale autoestinguente (art. 33, 34 DPR 547/55)
- I cavi di saldatura devono essere posizionati in modo tale da non costituire pericolo o intralciare i passaggi (art. 283 DPR 547/55)



## ASPETTI LEGISLATIVI – POSTI DI LAVORO

- **Lavori all'interno di recipienti metallici prevedono misure tali da impedire contatti con elementi in tensione; deve esserci un esperto che assista il lavoratore dall'esterno del recipiente (art. 257 DPR 547/55)**
- **Per le operazioni di smerigliatura da effettuare all'aperto è vietato alimentare l'utensile elettrico con tensione superiore a 220V (art. 313 DPR 547/55)**
- **Nei luoghi bagnati o molto umidi e nei lavori a contatto con grandi masse metalliche, la tensione non deve superare i 50 V (art. 313 DPR 547/55)**



## ASPETTI LEGISLATIVI – DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE (DPI)

Oltre alla protezione dell'apparato respiratorio e degli occhi, l'operatore deve essere dotato di indumenti che proteggano le parti del corpo esposte ad altri rischi (art. 6 DPR 547/55); in particolare :

- Il tronco (art. 385 DPR 547/55 e all. V del DL 626/94)
- Il viso (art. 259 DPR 547/55 e all. V del DL 626/94)
- Le mani (art. 259, 383 DPR 547/55 e all. V del DL 626/94)
- I piedi (art. 384 DPR 547/55 e all. V del DL 626/94)
- L'apparato uditivo (art. 43 DL 277/91 e all. V del DL 626/94)
- Le altre parti del corpo (art. 33, 378 DPR 547/55)



**I DPI devono recare il marchio CE (DL 475/92) a partire dal 30/06/1995**



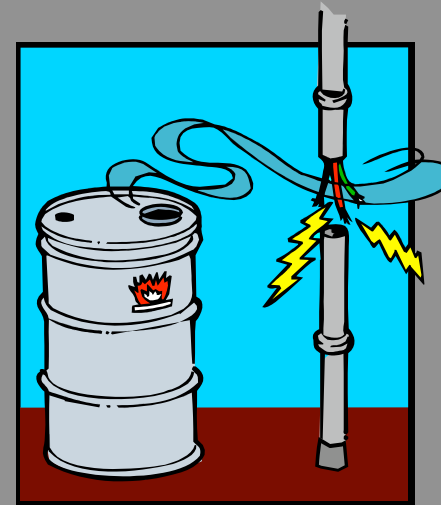
## ASPETTI LEGISLATIVI – SALDATRICI ED ATTREZZATURE

- Le saldatrici devono portare l'indicazione della tensione, dell'intensità e del tipo di corrente, della potenza (art. 269 DPR 547/55)
- Devono essere dotate del marchio CE in ottemperanza alla Direttiva Macchine (DPR 459/96)
- Deve essere attuata un'adeguata manutenzione per mantenerne il buono stato di conservazione e di efficienza (art. 34 DPR 547/55 e art. 36 DL 626/94)
- Il circuito primario di derivazione della corrente elettrica deve essere provvisto di interruttore onnipolare (art. 255, 311 DPR 547/55); inoltre, l'avvolgimento secondario del trasformatore deve essere isolato dal primario



## ASPETTI LEGISLATIVI – SALDATRICI ED ATTREZZATURE

- **Gli elementi metallici delle apparecchiature devono essere collegati a terra (art. 271 DPR 547/55)**
- **È vietato installare saldatrici in luoghi che presentino pericolo di esplosione (art. 329 DPR 547/55)**
- **Le pinze porta elettrodi vanno protette da contatti accidentali con parti in tensione (art. 257 DPR 547/55)**
- **Le saldatrici mobili e le smerigliatrici portatili possono essere alimentate solo da circuiti a bassa tensione (art. 268, 312 DPR 547/55)**



## ASPETTI LEGISLATIVI – BOMBOLE

- Devono essere dotate d'idonea chiusura e protezione per evitare la fuoriuscita del contenuto (art. 248 DPR 547/55)
- Devono possedere i necessari requisiti di resistenza e d'idoneità all'uso (art. 241 DPR 547/55)
- Il trasporto deve essere effettuato con mezzi atti ad assicurare la stabilità ed evitare urti pericolosi (art. 254 DPR 547/55)
- Le bombole in deposito o che alimentano posti fissi di saldatura, devono essere efficacemente ancorate per evitarne la caduta (art. 254 DPR 547/55)
- I locali di deposito non devono essere interrati (art. 251 DPR 547/55) ed all'interno è vietato fumare ed usare fiamme o scintille (art. 34 DPR 547/55)



## **BOMBOLE – DA RICORDARE**

- **Non utilizzare fiamme libere per verificare la presenza di fughe di gas; utilizzare acqua saponata o appositi prodotti**
- **Non mettere bombole, riduttori o altre attrezzature necessarie alla saldatura a contatto con oli e grassi minerali (usare glicerina e grafite)**
- **Le bombole contenenti acetilene devono essere mantenute in posizione verticale per evitare l'eventuale uscita di acetone**
- **Non si devono fare rotolare**
- **Non devono essere esposte a sorgenti di calore (ad esempio il sole) o al gelo; per scongelare utilizzare stracci o acqua calda e mai fiamme dirette o eccessivo calore**

## **BOMBOLE – DA RICORDARE**

- **Devono essere protette da danneggiamenti fisici (urti) o chimici (corrosione)**
- **Le bombole di ossigeno e quelle di acetilene vanno tenute in locali separati**
- **Le bombole piene devono essere facilmente distinguibili da quelle vuote**
- **Non usare i gas delle bombole per la pulizia di indumenti e pezzi**
- **In ambienti ricchi di ossigeno evitare di indossare abiti sporchi di olio e grasso ; evitare anche l'uso di indumenti sintetici che potrebbero dar luogo a cariche elettrostatiche**

# INTERVENTI



Bari 8-9 Ottobre 2003  
Vittore Carassiti INFN FE

## INTERVENTI - GENERALITA'

La saldatura è stata isolata dal contesto limitando l'analisi degli interventi ai rischi direttamente collegati al processo



## INTERVENTI – ASPIRAZIONE ED ABBATTIMENTO FUMI

- Di tipo preventivo : minimizzazione della quantità e della tossicità dei fumi
- Di tipo protettivo individuale : indumenti, maschere, schermature
- Di tipo protettivo ambientale : captazione o diluizione, espulsione con eventuale depurazione dei fumi con impianti di tipo localizzato o generale





## INTERVENTI – ASPIRAZIONE ED ABBATTIMENTO FUMI

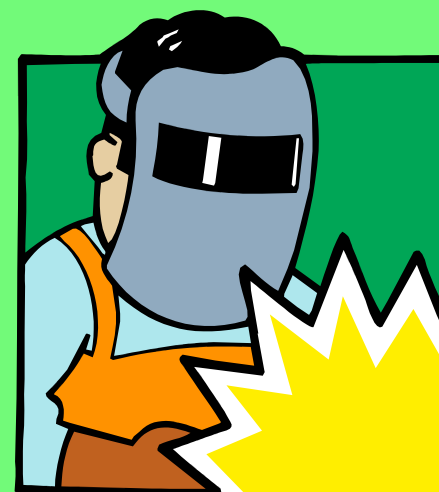
- La ventilazione localizzata deve essere fatta il più possibile vicino alla sorgente ; presenta notevole efficacia con minori volumi di aria movimentata rispetto alla ventilazione generale ; la velocità di captazione deve essere  $> 0,5 \text{ m/s}$
- La ventilazione generale prevede la diluizione delle sostanze inquinanti con notevole quantità d'aria movimentata; può essere utilizzata per bassi livelli di tossicità degli inquinanti oppure in modo complementare alla ventilazione localizzata
- limiti per le concentrazioni degli inquinanti :  
Cr esav., Co, Ni :  $1 \text{ mg/m}^3$  per flusso  $> 5 \text{ g/h}$   
Cr triv., Mn, Pb, Cu, silice cristallina :  $5 \text{ mg/m}^3$  per flusso  $> 25 \text{ g/h}$   
ossidi di azoto :  $500 \text{ mg/m}^3$  per flusso  $> 5 \text{ Kg/h}$



## INTERVENTI – DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE (DPI)

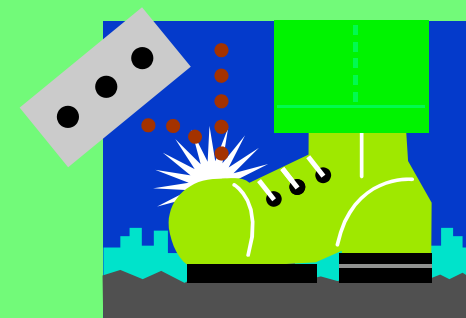
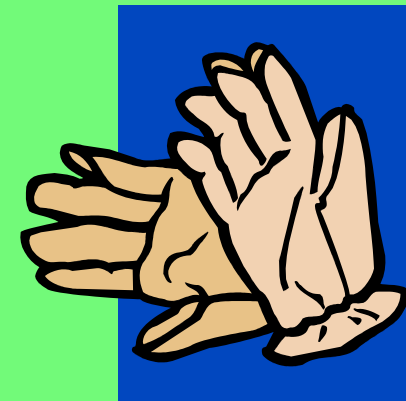
La dotazione personale si compone generalmente di :

- Occhiali dotati di protezioni laterali e filtri colorati inattinici, con grado di protezione scelto in funzione dell'intensità della radiazione
- Schermo facciale con filtro colorato inattinico per saldatura ad arco elettrico o sopratesta; sono consigliate maschere a cristalli liquidi che si adattano in tempi brevissimi all'intensità luminosa evitando di innescare l'arco a maschera alzata
- Indumenti da lavoro di tipo ignifugo



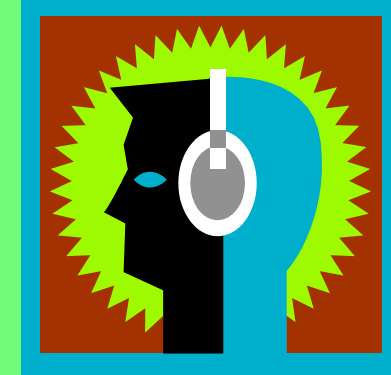
## INTERVENTI – DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE (DPI)

- Guanti di cuoio o materiale di caratteristiche equivalenti, resistenti alle particelle incandescenti, con protezione del polso e dell'avambraccio
- Scarpe di sicurezza con puntale protettivo e suola gommata per protezione di tipo elettrico
- Grembiule e ghettoni di cuoio o materiale di caratteristiche equivalenti, resistenti alle particelle incandescenti
- Gambali
- Mezzi protettivi delle vie respiratorie in caso non sia possibile l'eliminazione adeguata dei fumi



## INTERVENTI – LUOGO E CONDIZIONI DI LAVORO

- **Elmetto protettivo in caso di caduta di oggetti o di possibile urto della testa contro oggetti**
- **Scarpe dotate di lamina antiperforazione, in caso di pericolo di perforazione del piede**
- **Cuffie o inserti auricolari in presenza di fonti di rumore**
- **Cinture di sicurezza per lavori in quota o sulle navi**
- **Autorespiratori o mezzi idonei per operazioni in ambienti inquinati**



# Conclusioni

- La sicurezza degli addetti alle operazioni di saldatura dipende dall'adeguatezza di : strutture, macchine, attrezzature e impiantistica generale delle unità produttive
- Le azioni di intervento e correttive atte a migliorare l'igiene e la sicurezza dei posti di lavoro, oltre ad una conoscenza generale sui rischi, prevedono la conoscenza specifica dell'ambiente in cui si opera (formazione – informazione)

