



C) Collegamenti

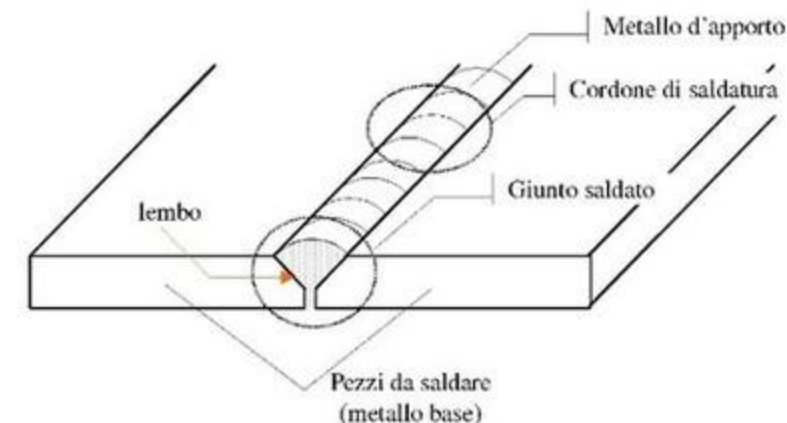
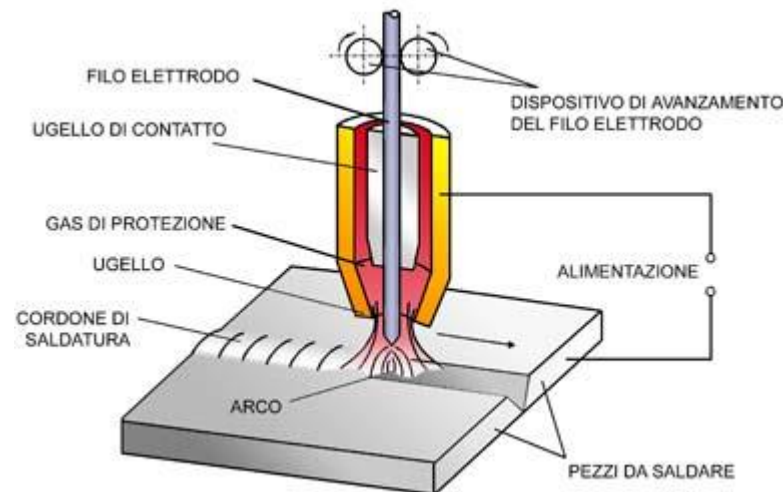
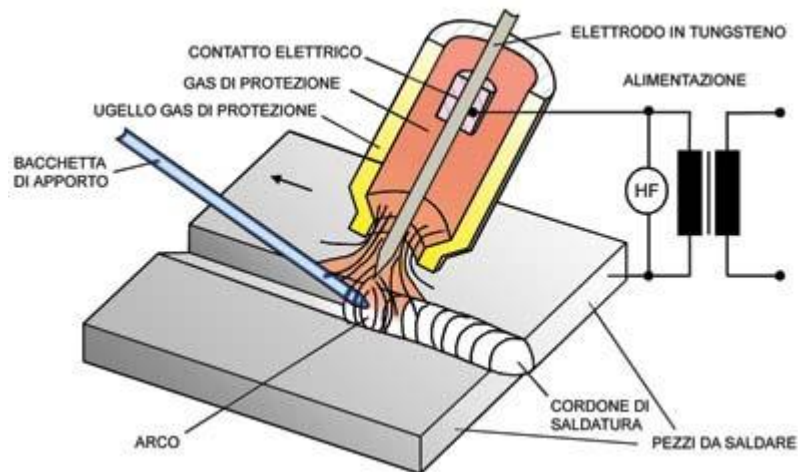
C2) Collegamenti fissi



C2.1 Collegamenti saldati

- Saldatura:

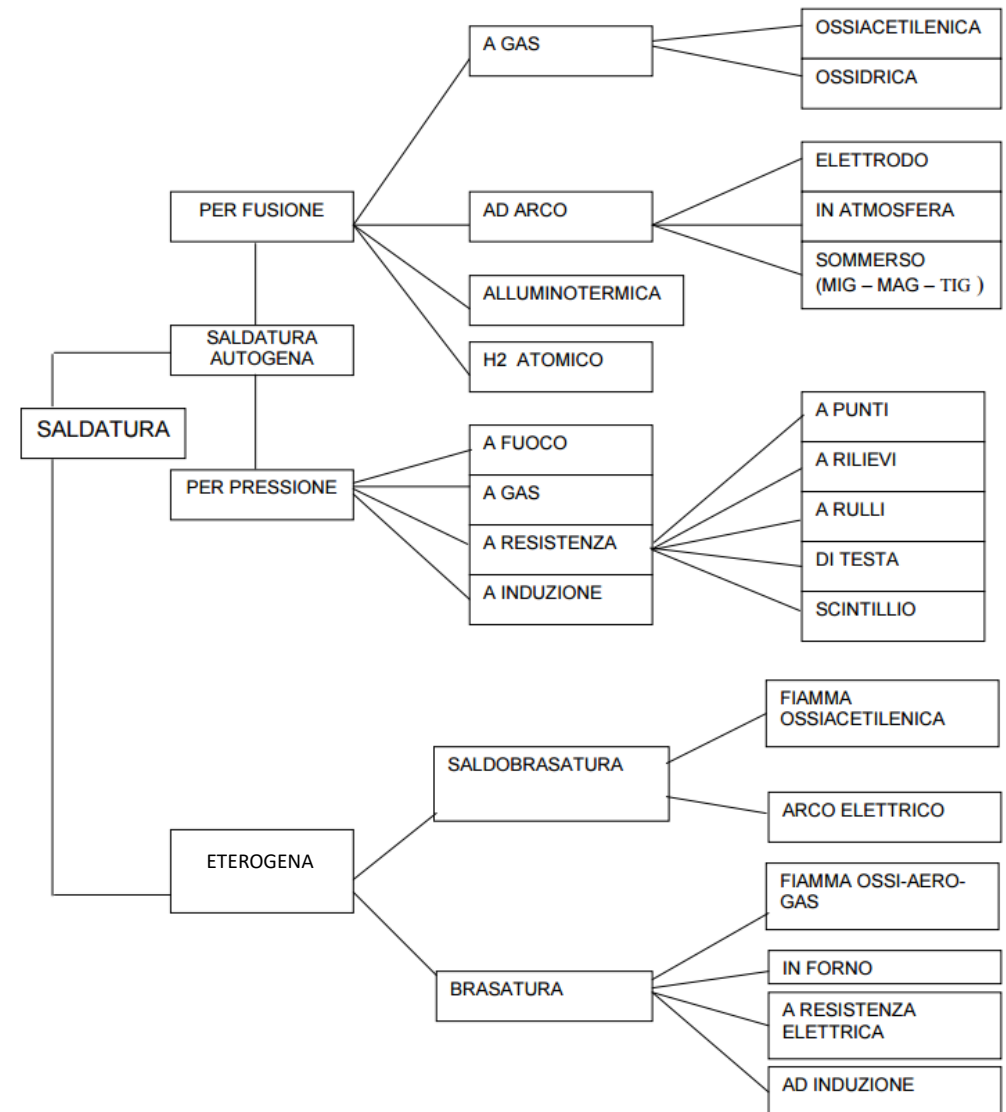
procedimento che consente di **collegare due pezzi metallici** mediante l'azione del **calore**, realizzandone la **continuità**



Classificazione saldature

- **Autogena:** il metallo base dei lembi fonde e contribuisce alla formazione del giunto
- **Eterogena (saldobrasatura ($T > 450^\circ$) o brasatura):** - il metallo base non fonde e non partecipa alla costituzione del giunto
 - l'unione dei lembi è realizzata grazie alla fusione del metallo d'apporto che bagna il giunto
- **Omogenea:** se metallo base ha le medesime caratteristiche fisiche e meccaniche del materiale d'apporto
- **Eterogenea:** materiale d'apporto ha caratteristiche fisiche e chimiche diverse dal materiale base

CLASSIFICAZIONE DEI PROCEDIMENTI DI SALDATURA



Simboli numerici

- 1. saldature ad arco
- 2. saldature a resistenza
- 3. saldatura a gas
- 4. saldatura allo stato solido (a pressione)
- 7. altri procedimenti di saldatura
- 9. brasatura forte, dolce, saldobrasatura

Complessità tipologia saldatura

- Materiali da saldare
- Forma e preparazione dei lembi (**cianfrinatura**)
- Posizione reciproca dei pezzi da saldare
- Posizione dei pezzi rispetto all'operatore

Saldabilità dei materiali

- Saldabilità: attitudine di un pezzo di un determinato materiale ad unirsi con un altro pezzo di uguale o di diverso materiale, mediante fusione

Saldabilità dei metalli [\[modifica \]](#) [modifica wikitesto \]](#)

Nelle tabelle seguenti sono presentati i metalli più usati con un *rating* di saldabilità: da 0 (saldatura impossibile) a 5 (buona saldabilità).

Saldabilità degli acciai [\[modifica \]](#) [modifica wikitesto \]](#)

Tipo di acciaio	Saldabilità	Note
Acciai al C	5	
Acciai basso legati al Mn	4	
Acciai ad alto carbonio (>0,45%)	1	Usata solo per riparazione o per ricarica
Acciai bonificati	3	Possono essere saldati con molte precauzioni
Acciai al Cr Mo	3	Richiedono un preriscaldamento, e, a volte, un trattamento termico dopo saldatura.
Acciai inossidabili austenitici	5	
Acciai inossidabili martensitici	2	Richiedono un forte preriscaldamento, e il trattamento termico di rinvenimento dopo saldatura è praticamente obbligatorio.
Ghise	0	È sconsigliabile la saldatura di ghise, può essere saldata solo ghisa sferoidale, con notevoli precauzioni, ma volendo è possibile, utilizzando prodotti con apporto di materiale ad alto allungamento meccanico con sistema a polvere metallica a base di nichel con cannello ossiacetilenico particolare, che ospita una cartuccia con all'interno il materiale da depositare, oppure elettrodi a base di nichel.

Saldabilità dei materiali non ferrosi [\[modifica \]](#) [modifica wikitesto \]](#)

Metallo o lega	Saldabilità	Note
Rame	4	
Leghe di Cu	2	In genere le leghe di rame sono saldabili solo con difficoltà, fanno eccezione i bronzi al Si, le leghe Cu Ni generalmente presentano la saldabilità delle leghe di Ni
Leghe di Nickel	5	
Alluminio	4	In genere è saldabile, se non ha caratteristiche meccaniche ottenute tramite lavorazione a freddo
Leghe di Al	3	
Piombo	4	Saldabile senza grosse difficoltà, ma solo OFW ed in piano
Titanio e leghe	4	
Metalli refrattari (Nb, Ta)	1	
Metalli refrattari (W e Mo)	0	

Forma e preparazione lembi

tura, in base alla loro forma geometrica. Si notino le differenze (puramente indicative) del tipo di preparazione a seconda dello spessore dei pezzi da saldare:

- a) a orli rilevati per spessori inferiori a 1 mm;
- b) a lembi retti per spessori fino a 3–4 mm;
- c) a V per spessori inferiori a 12 mm;
- d) a K per spessori inferiori a 20 mm;

- e) a Y per spessori inferiori a 12 mm;
- f) a U per spessori tra 20 e 40 mm;
- g) a X per spessori inferiori a 20 mm;
- h) a doppio J per spessori maggiori di 40 mm;
- i) a doppio U per spessori maggiori di 40 mm;
- l) a doppio Y per spessori maggiori di 40 mm;
- m) a V con sostegno per spessori minori di 15 mm.

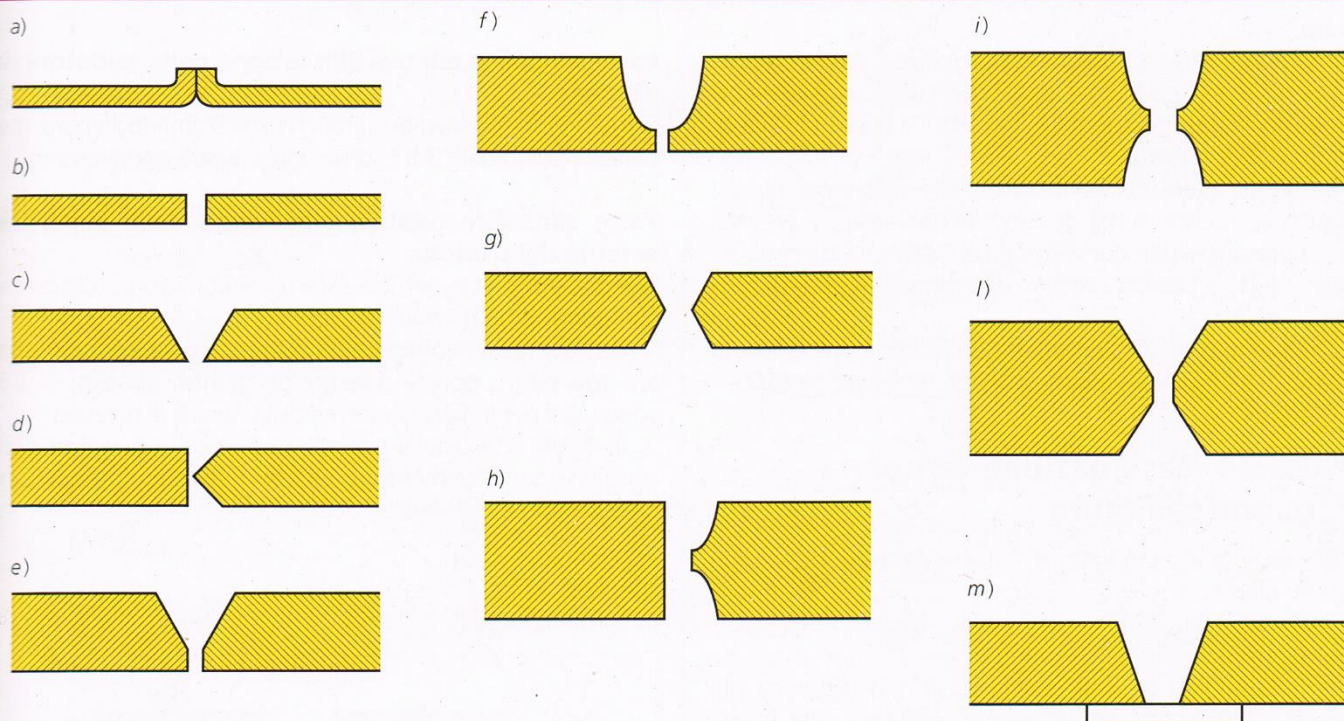


Figura 3.51 Preparazione dei lembi.

3.14.1 Ripresa al rovescio

La *ripresa al rovescio* è una operazione che spesso viene eseguita quando è possibile operare dalla parte opposta a quella nella quale è stata eseguita la saldatura.

La ripresa al rovescio aumenta la tenuta del giunto saldato perché assicura una completa compenetrazione tra

metallo d'apporto e metallo base, lungo tutto lo spessore dei pezzi da saldare (figura 3.52):

- a) preparazione dei lembi a V;
- b) esecuzione del giunto;
- c) solcatura al vertice della saldatura che può essere eseguita mediante scalpellatura o molatura (**scriccatura**);
- d) esecuzione di una passata di ripresa.



Figura 3.52 Ripresa al rovescio nella saldatura dei lembi.

Posizione reciproca dei pezzi da saldare

- a) giunto di testa
- b) giunto di spigolo o d'angolo esterno
- c) giunto d'orlo
- d) giunto a L o d'angolo interno
- e) giunto a sovrapposizione
- f) giunto a T
- g) giunto su tre lamiere

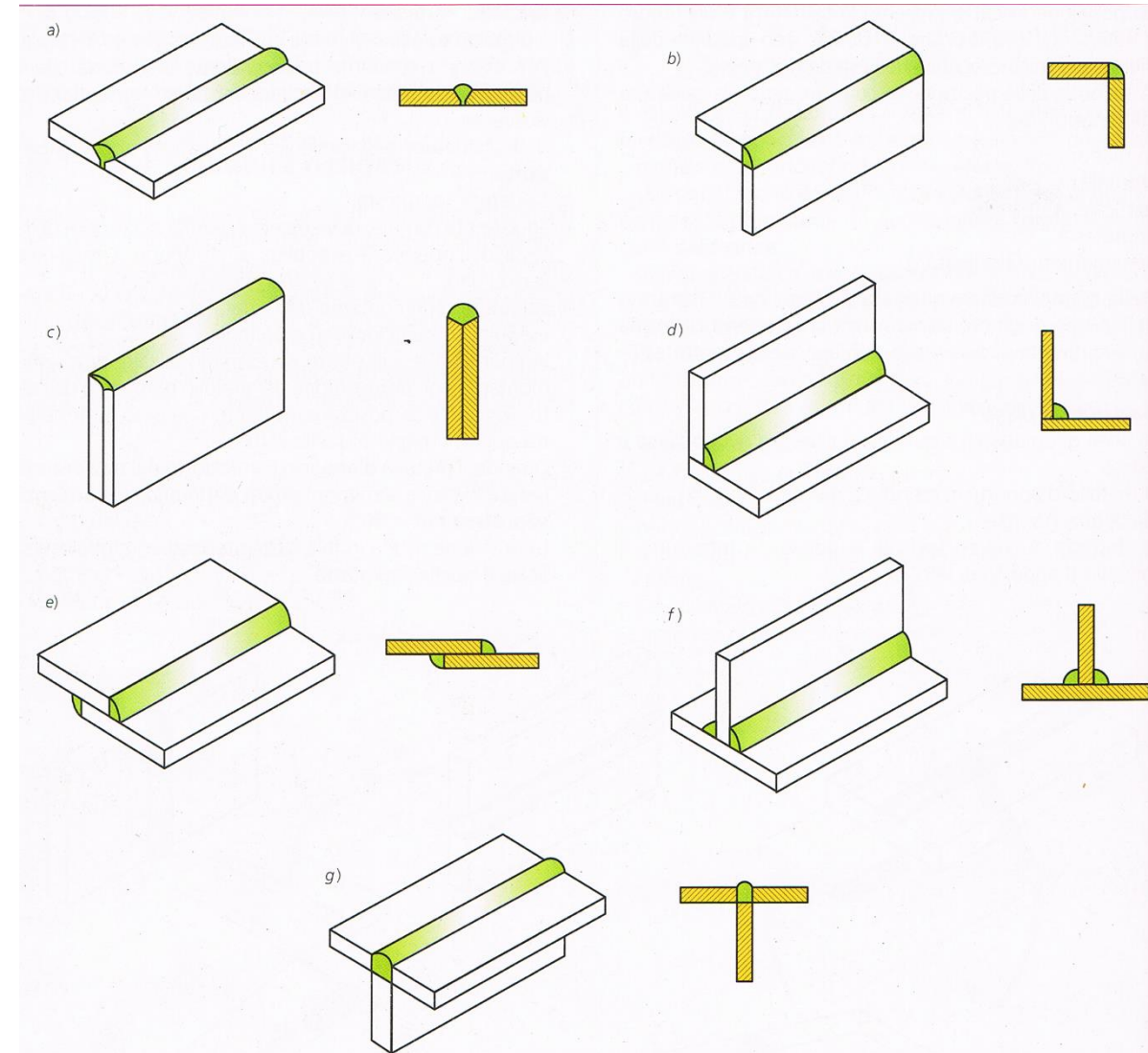


Figura 3.50 Esempi di posizione dei pezzi da saldare.

Posizione del giunto rispetto all'operatore

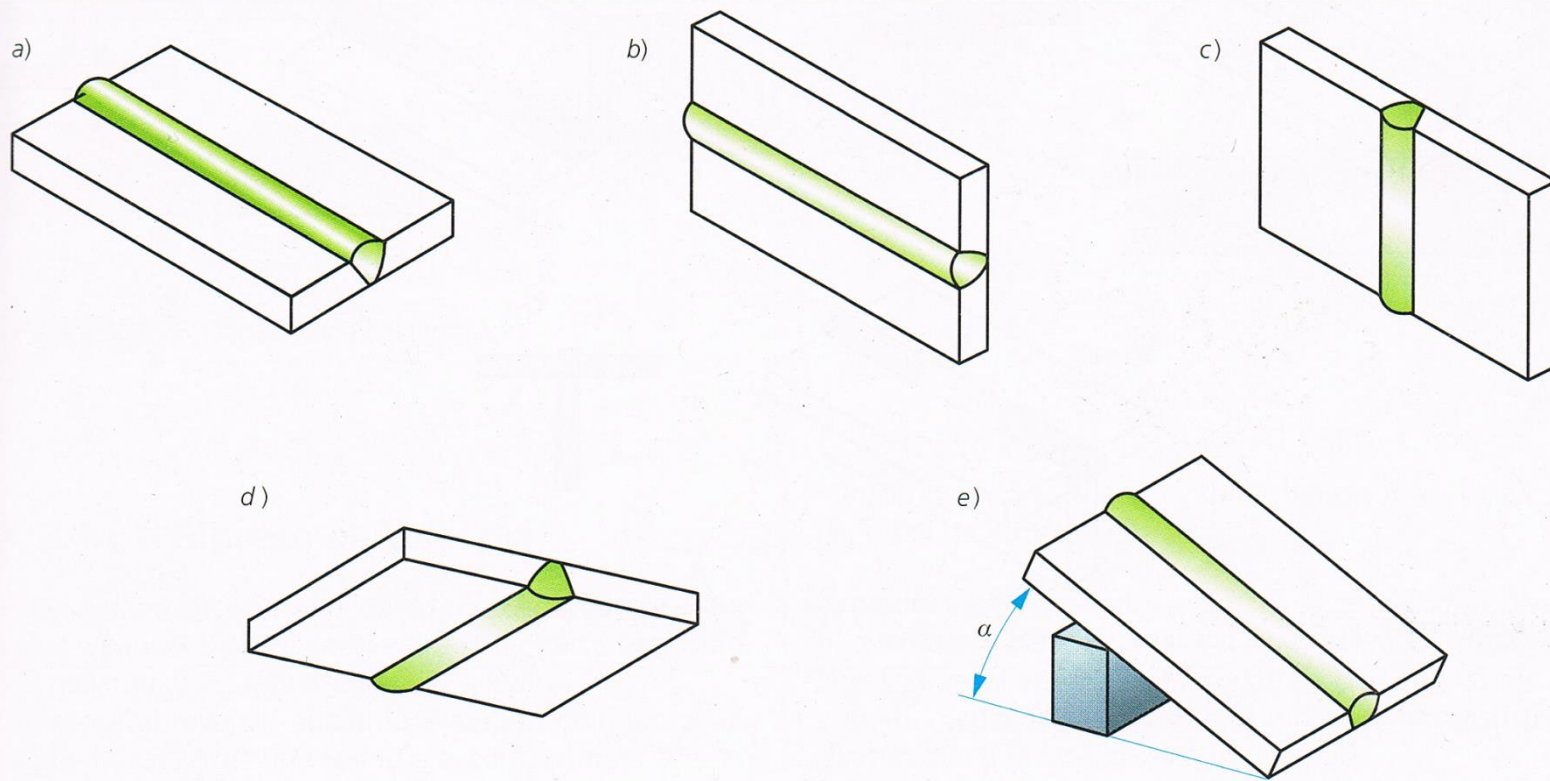


Figura 3.49 Esempi di giunti saldati.

a) Saldatura in piano:

la linea di unione è orizzontale e il vertice rivolto verso il basso.

Il metallo d'apporto si introduce dall'alto.

b) Saldatura frontale:

è disposta su pareti verticali e obbliga a introdurre il metallo d'apporto di lato.

c) Saldatura verticale:

è disposta su piano verticale con asse del giunto verticale. Può essere ascendente o discendente a seconda che il riempimento venga effettuato dal basso verso l'alto o viceversa.

Nella saldatura ossiacetilenica è chiamata anche **montante**.

d) Saldatura sopratesta:

ad asse orizzontale, deve essere eseguita al di sopra della testa dell'operatore e obbliga a introdurre il materiale verso l'alto.

e) Saldatura semimontante o inclinata:

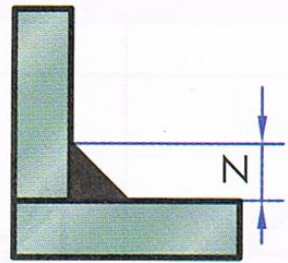
eseguita su piani inclinati o obliqui.

In figura 3.49e è illustrato un esempio di saldatura semimontante con introduzione del metallo d'apporto dall'alto ($\alpha < 90^\circ$). La posizione risulta in tale caso intermedia tra quella in piano e quella verticale.

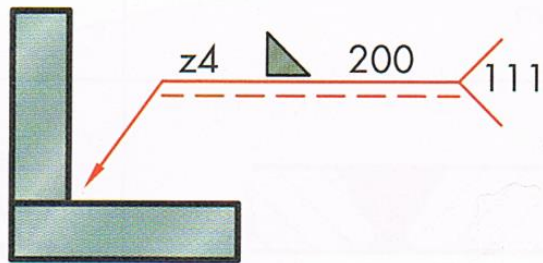
Quando il metallo d'apporto è introdotto dal basso la saldatura elettrica semimontante è detta anche **montante sopratesta** ($\alpha < 90^\circ$).

La posizione risulta in tale caso intermedia tra quella verticale e quella sopratesta.

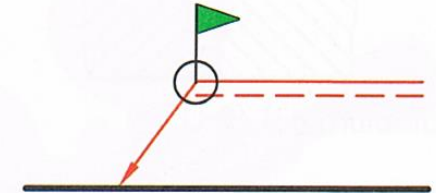
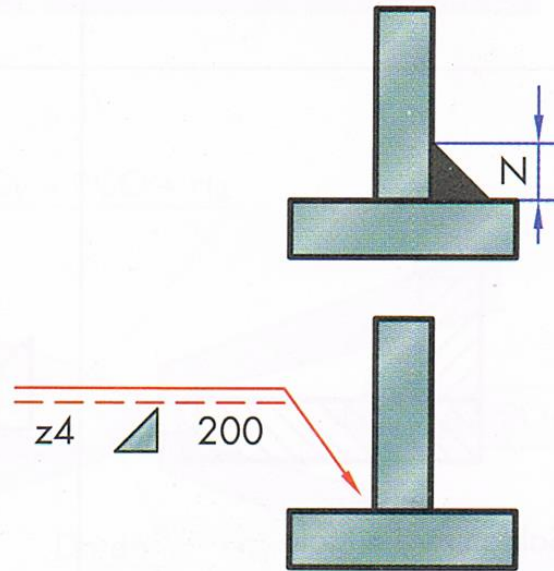
Rappresentazione convenzionale saldature



C2.4 Indicazione della saldatura sulla linea di freccia.



























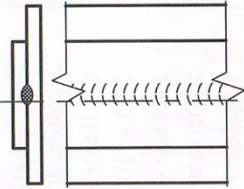



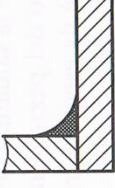








C2.5 Indicazione sul lato opposto alla linea di freccia.



C2.6 Indicazioni complementari.

- 111: saldatura ad arco con elettrodo rivestito
- La forma del cordone è definita da un simbolo grafico che è funzione del tipo di giunto
- Cerchietto: la saldatura deve essere eseguita su tutto il perimetro del pezzo
- Bandierina indica che la saldatura è da eseguire in opera o in cantiere

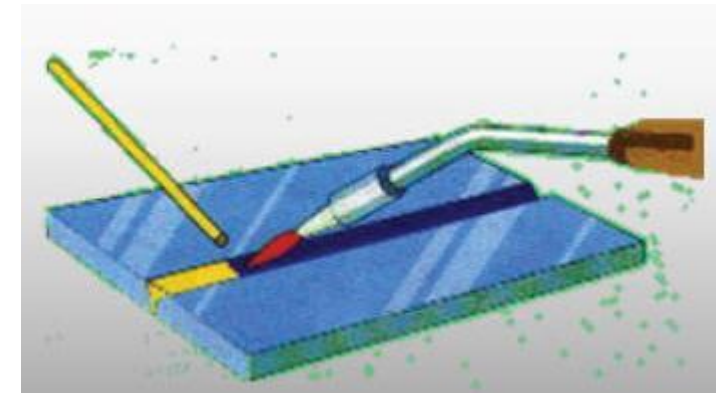
TABELLA C2.2 – Principali segni grafici elementari e supplementari

DENOMINAZIONE GIUNTO	SEGNO GRAFICO	DENOMINAZIONE GIUNTO	SEGNO GRAFICO	DENOMINAZIONE GIUNTO	SEGNO GRAFICO
 Saldatura a bordi rilevati		 Saldatura a lembi retti		 Saldatura a V	
 Saldatura a 1/2 V		 Saldatura a Y		 Saldatura a 1/2 Y	
 Saldatura a U					
 Saldatura a 1/2 U		 Saldatura d'angolo		 Saldatura ripresa a rovescio	
 Saldatura con cordone piano					
 Saldatura con cordone convesso		 Saldatura in linea continua (a resistenza o no)		 Saldatura a V con cordone piano	
 Saldatura con cordone concavo					
 Saldatura a X con cordone convesso		 Saldatura d'angolo con cordone concavo		 Saldatura a V con cordone piano e ripresa a rovescio	
 Saldatura con cordone piano					

Saldatura per fusione a gas

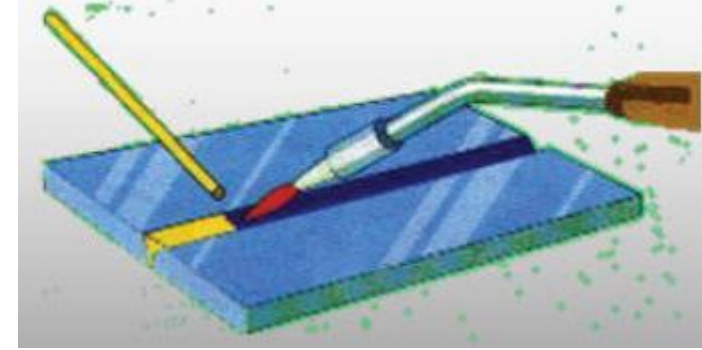
- Calore generato da combustione di gas
- Le saldature a gas sono dette «Ossigas»
- Il combustibile reagisce con l'ossigeno puro
- Per evitare la formazione di fragilità da ossidazione si usano polveri o paste (disossidanti) che impediscono all'ossigeno atmosferico di reagire con il metallo fuso
- Le bacchette di metallo d'apporto si immergono nelle polveri
- Le paste disossidanti vengono applicate sui lembi prima della saldatura

Gas	Temperatura [°C]
Idrogeno	2500
Metano	2750
Propano	2750
Butano	2850
Acetilene	3200



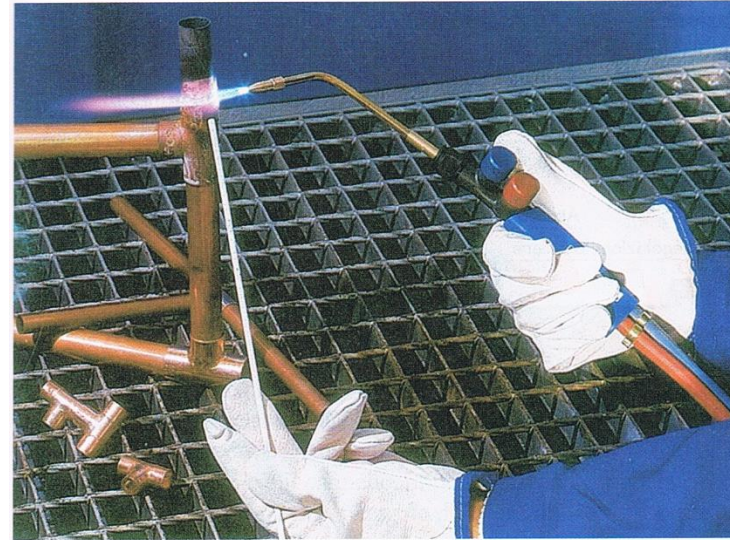
Metallo d'apporto

- In forma di bacchetta o fili
- La bacchetta ha una lunghezza tra 500 e 1000 mm
- Il diametro del filo è al massimo pari allo spessore delle lamiere da saldare
- Il materiale d'apporto è determinato dal tipo di metallo di base da saldare
- Il metallo d'apporto non deve variare le proprietà in funzione della temperatura

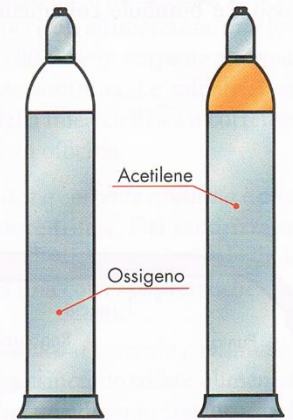


Saldatura ossiacetilenica al cannello

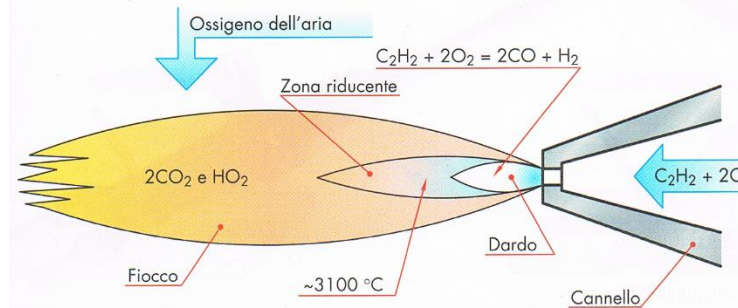
- $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO} + \text{H}_2 + \text{calore} (\approx 444 \text{ kJ})$
- $2\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + \text{calore} (\approx 574 \text{ kJ})$
- $\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{calore} (\approx 574 \text{ kJ})$
- Acetilene nei grandi impianti viene prodotto con opportuni generatori e distribuito nelle utenze delle officine
- Per piccoli impianti si usano bombole con capacità di 35,40,45 litri e $p = 1,5 \text{ bar}$
- L'ogiva ha colore arancione
- L'erogazione del gas deve avvenire attraverso valvola NR (non ritorno) per evitare ritorni di fiamma o esplosioni



C2.7 Composizione della fiamma ossiacetilenica.



C2.8 Bombole di ossigeno e acetilene.



C2.9 Riduttore di pressione.

Ossigeno

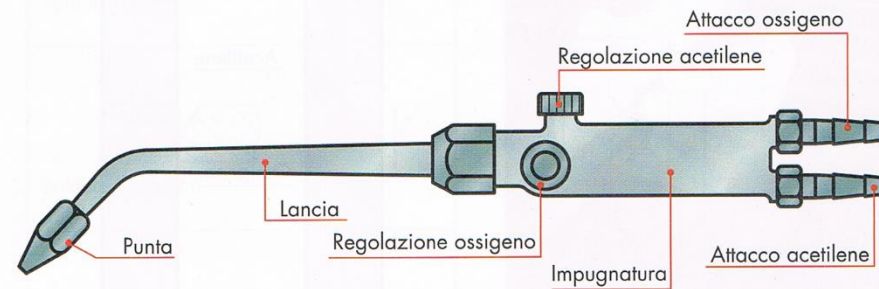
- L'Ossigeno è immagazzinato in bombole di 40 – 50 litri
- Pressione di 150 bar
- La bombola ha ogiva di colore bianco
- La bombola ha riduttore di pressione all'altezza della valvola di erogazione del flusso

TABELLA C2.3 – Caratteristiche del cannello

Spessore delle lamiere [mm]	Potenza del cannello [l/h]	Diametro materiale d'apporto
0,2 ÷ 1	25 ÷ 100	1
1 ÷ 2	100 ÷ 200	1 ÷ 2
2 ÷ 4	200 ÷ 400	2 ÷ 3
4 ÷ 6	400 ÷ 600	3 ÷ 4
6 ÷ 9	600 ÷ 900	5 ÷ 6
9 ÷ 12	900 ÷ 1100	7 ÷ 8

Cannello

- Miscela acetilene e ossigeno nelle proporzioni richieste
- Cannelli ad alta pressione (0,6 bar per C₂H₂)
- Cannelli a bassa pressione + usati (0,01 – 0,03 bar per C₂H₂)



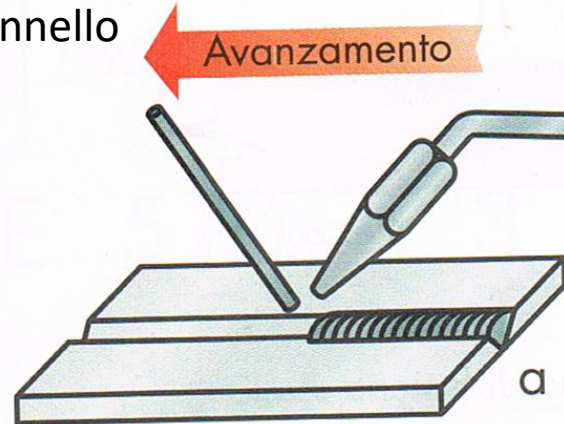
C2.10 Schema di cannello per saldatura ossiacetilenica.



Procedimento di saldatura

- Prima della saldatura occorre procedere all'operazione di «puntatura» o «imbastitura»: si collegano le parti da saldare con pochi punti di saldatura per impedire la deformazione dei pezzi
- Angolo bacchetta pezzo = 45°
- Angolo cannello pezzo = $45 - 70^\circ$

Lamiere fino a 5 mm di spessore: cordone dalla parte del cannello



Lamiere oltre 5 mm di spessore. Cordone dalla parte del metallo d'apporto



C2.12 Schema di saldatura: a) con il metodo a sinistra; b) con il metodo a destra.

Saldatura ad arco elettrico

- Sfrutta il calore dell'arco voltaico che scocca tra i pezzi da saldare e l'elettrodo
 - fusibile (serve da materiale d'apporto)
 - non fusibile
- La temperatura sviluppata è di 3200 °C sul giunto (con buona penetrazione del materiale d'apporto)
- L'emissione di raggi infrarossi e di raggi UV rendono indispensabili l'uso di occhiali e maschere con vetri oscurati

Saldatrici manuali ad arco

Possono essere:

- a corrente alternata max 80 V

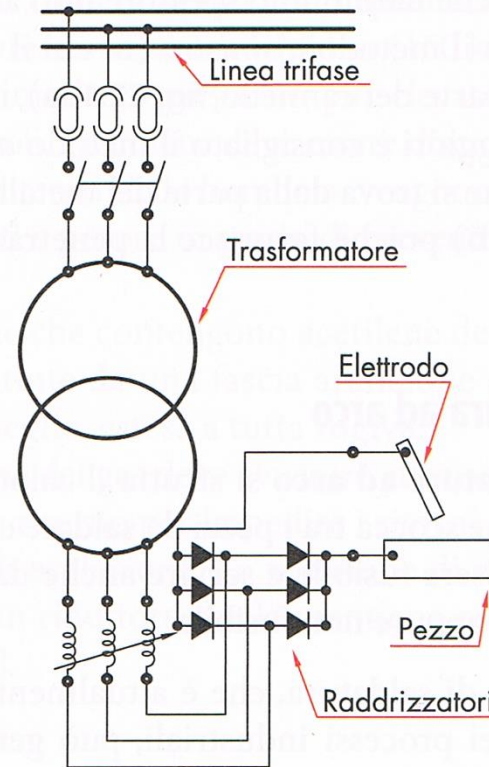
(per piccoli impianti, di costo limitato e basso consumo e per elettrodi al rutilio - TiO_2)

- a corrente continua max 100 V

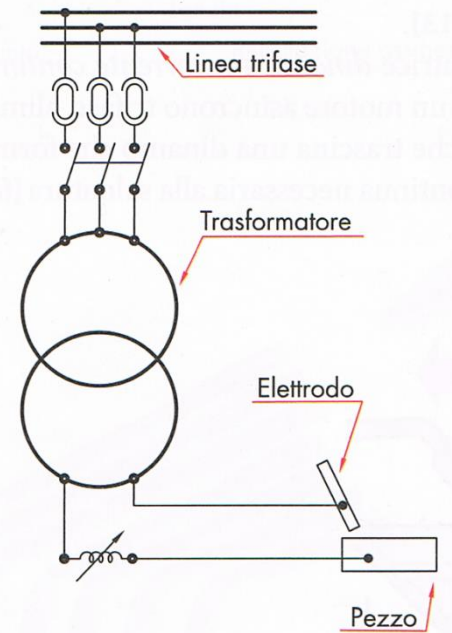
- Statica

- Dinamica

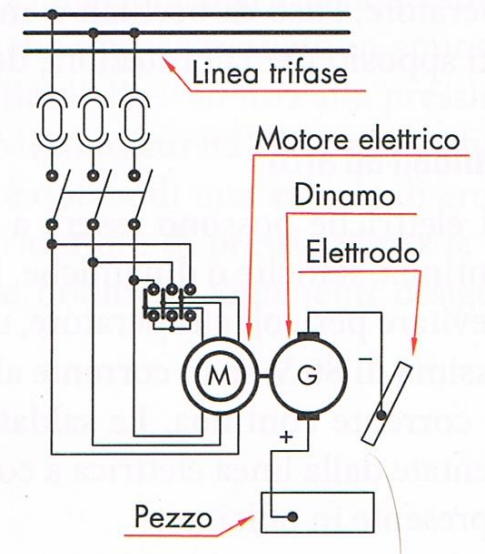
(motore asincrono trifase + generatore)



C2.13 Schema elettrico di saldatrice statica a corrente continua.



C2.15 Schema elettrico di saldatrice statica a corrente alternata.



C2.14 Schema elettrico di saldatrice dinamica a corrente continua.

Elettrodi rivestiti

- Elettrodi: filo metallico + rivestimento costituito da miscela di sostanze che fondendo proteggono il bagno di fusione
- Il rivestimento può:
 - isolare il bagno fuso dalle ossidazioni superficiali. La scoria superficiale può essere successivamente rimossa
 - fornire al bagno fuso elementi di lega (Si, Mn, Fe, ...)che influiscono sulla composizione chimica

Tipi di elettrodi:

- - ossidanti: contengono grandi quantità di ossidi di ferro e Mn; sono utilizzati con D.C.; collegati al polo -; per giunti in piano e ad angolo di acciai non legati
- - basici: Carbonati di Calcio e Mg, usati con DC polo +, per giunti di notevole spessore di acciai con tenore di carbonio fino allo 0,4%
- Al rutilio TiO_2 usati con AC assicurano scorrevolezza e fusione dolce e lenta
- Alla cellulosa: al 30% nel rivestimento, bruciando produce un'atmosfera ricca di CO_2 che protegge il bagno fuso dall'ossidazione

Saldatura ad arco sommerso

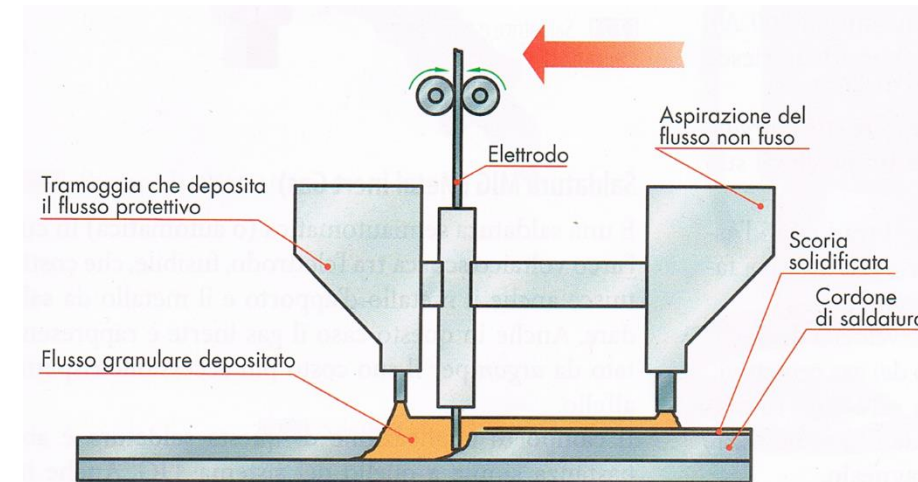
- Procedimento automatico applicato in costruzioni

- navali
- grandi serbatoi

Arco voltaico scocca tra:

- elettrodo fusibile non rivestito
- lembi da saldare

Sotto la protezione di un flusso granulare alimentato da una tramoggia



Flusso protettivo

- Flusso granulare genera una scoria che galleggia sul bagno fuso.
- La scoria viene asportata facilmente dopo il raffreddamento
- La parte non fusa viene recuperata da un aspiratore
- 2 tipi di flusso protettivo:
 - - Flusso neutro: CaF_2 , Mn CO_3 , Mn SiO_4 + elettrodo al Mn (per disossidazione bagno fuso)
 - - Flusso agglomerato attivo: Silicati e Ferroleghie di Manganese (già molto disossidanti) con elettrodi di qualunque tipo

Caratteristiche saldatura arco sommerso

- Eseguita in DC o in AC con correnti molto elevate (1500 A)
- Grandi profondità di penetrazione (giunti di spessore maggiore di 30 mm)
- Applicabile solo per cordoni in piano
- Automatizzabile (a destra automa di saldatura)

