



# **Industrial Design Manufacturing&Plants**

**Le Tecnologie**

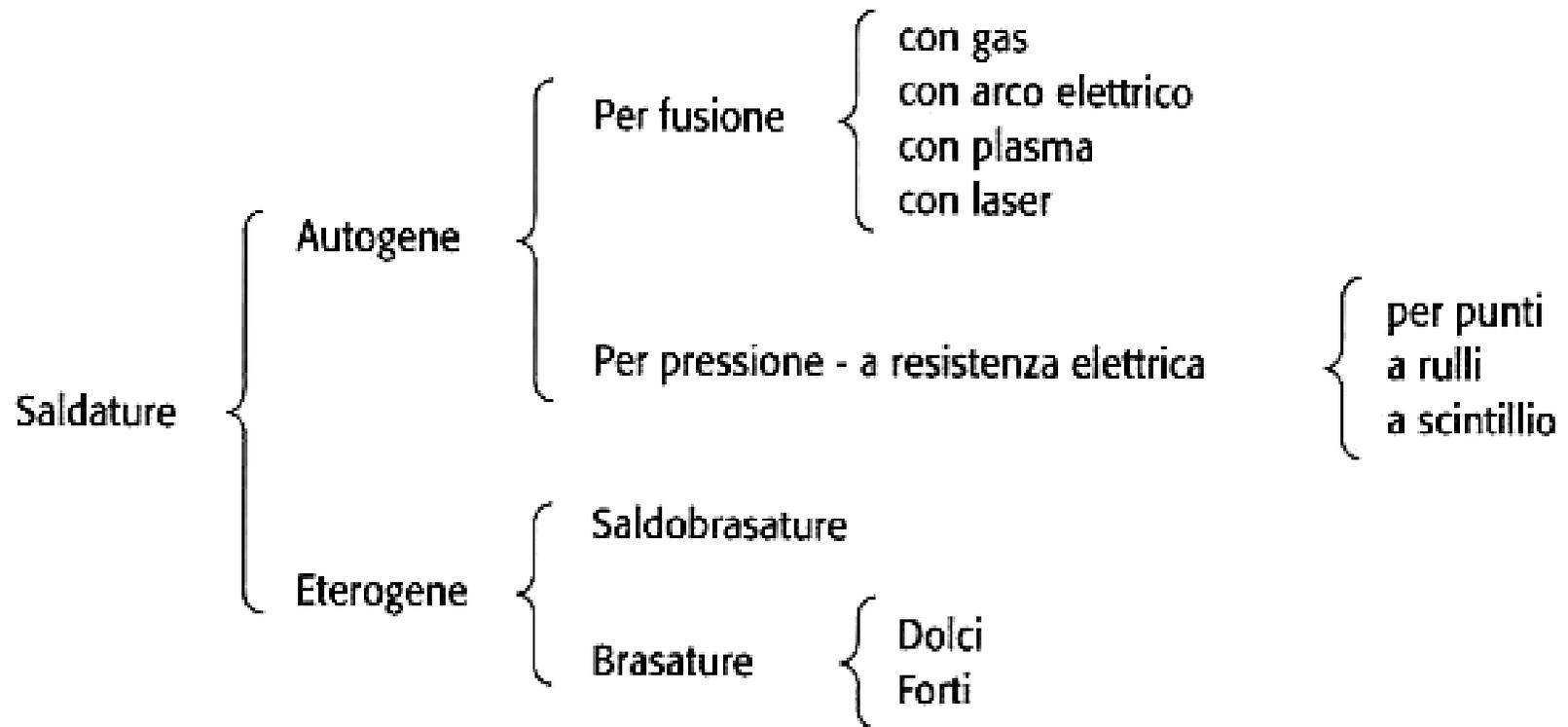
**Marco Raimondi  
([mraimondi@liuc.it](mailto:mraimondi@liuc.it))**

## **La saldatura**

## La saldatura

- **È un processo di unione permanente di due componenti meccanici effettuabile con diversi procedimenti da scegliersi sulla base di:**
  - **Tipo di materiale da saldare**
  - **Spessore delle parti**
  - **Posizione di saldatura**
  - **Tipo di produzione**
  - **.....**
- **Il risultato prende il nome di giunto saldato formato dal metallo base costituenti le due parti ed il metallo d'apporto utilizzato per procedere con l'operazione**

# Classificazione



# Classificazione

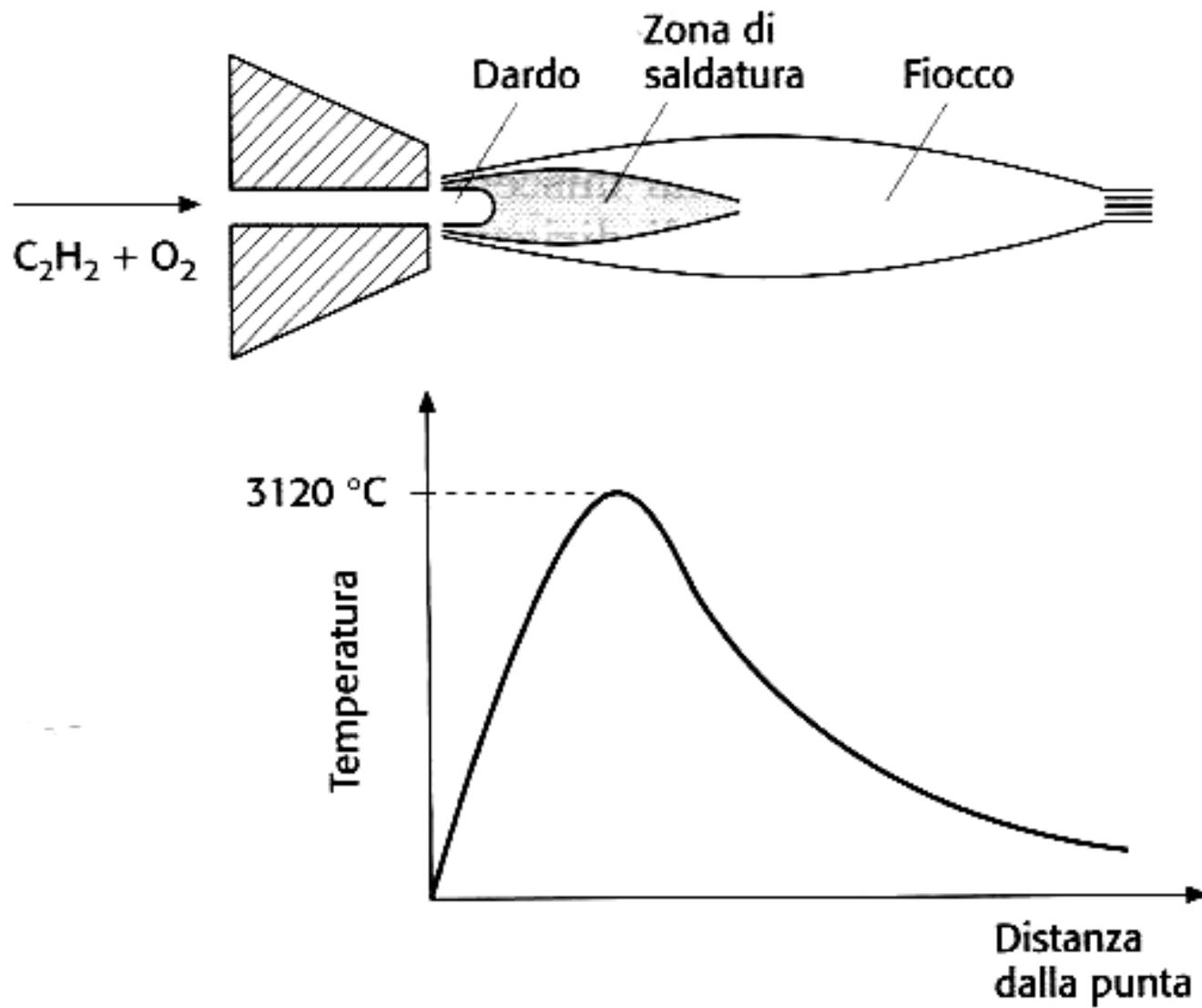
- **Si definiscono:**
  - **Saldature autogene** quelle in cui il metallo base prende parte, fondendo, alla formazione del giunto con presenza o meno del metallo di apporto
  - **Saldature eterogene** quelle in cui il metallo base non prende parte alla formazione del giunto che viene realizzato esclusivamente dal metallo di apporto che è quindi sempre diverso dal metallo di base

## Saldatura con gas

- **Utilizza, quale sorgente di calore, la fiamma ottenuta dalla combustione, all'estremità di un cannello, di un gas con l'ossigeno**
- **Caratteristiche del gas utilizzato:**
  - **Alta temperatura di fiamma**
  - **Elevato contenuto termico**
  - **Bassa reattività con il metallo base e di apporto**
  - **Stabilità e facilità di regolazione della fiamma**
- **Il gas più comunemente utilizzato è l'acetilene  $C_2H_2$**

## Saldatura con gas

- **La fiamma viene detta dardo e deve essere di colore bianco, in caso contrario possono presentarsi diversi inconvenienti**
  - **Eccesso di acetilene (stoccata nella bombola arancione) provoca la fiamma “carburante” (riconoscibile dal colore giallo) con emissione di prodotti carboniosi che possono inquinare il giunto**
  - **Eccesso di ossigeno (stoccato nella bombola bianca) provoca la fiamma “ossidante” (riconoscibile dal colore azzurro) con sviluppo di alta temperatura e rischio di perdere il controllo del processo**
- **Il cannello deve prevedere un efflusso di gas a velocità superiore alla propagazione della fiamma al fine di evitare pericolosi ritorni di fiamma**

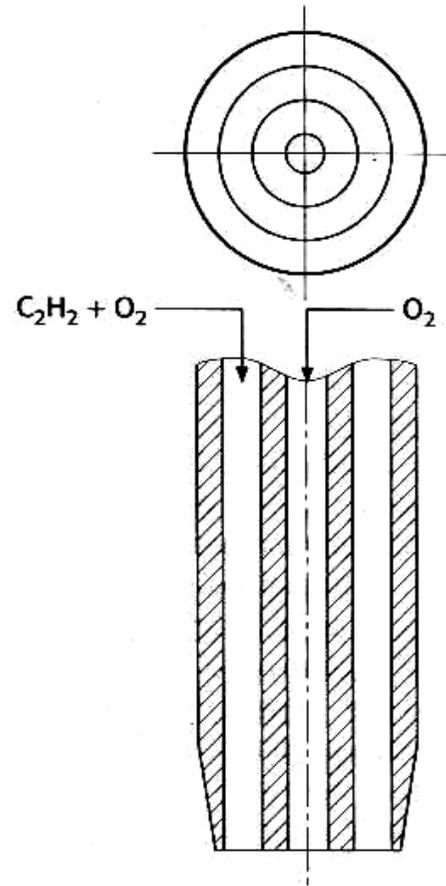


## Saldatura con gas

- **Tale saldatura può essere autogena ma sempre più spesso è eterogena: vengono utilizzati allo scopo delle bacchette di materiale simile ai lembi da saldare**
- **Le superfici da saldare devono essere pulite per eliminare ossidi, oli e grassi che potrebbero inquinare il giunto. A tale scopo è possibile utilizzare anche polveri disossidanti**
- **È un processo facilmente controllabile ed adatto per spessori sottili, i grossi spessori sono più facilmente saldabili con altri procedimenti**
- **L'attrezzatura consta di un carrello con le due bombole ed un cannello: risulta dunque economico e facilmente trasportabile**

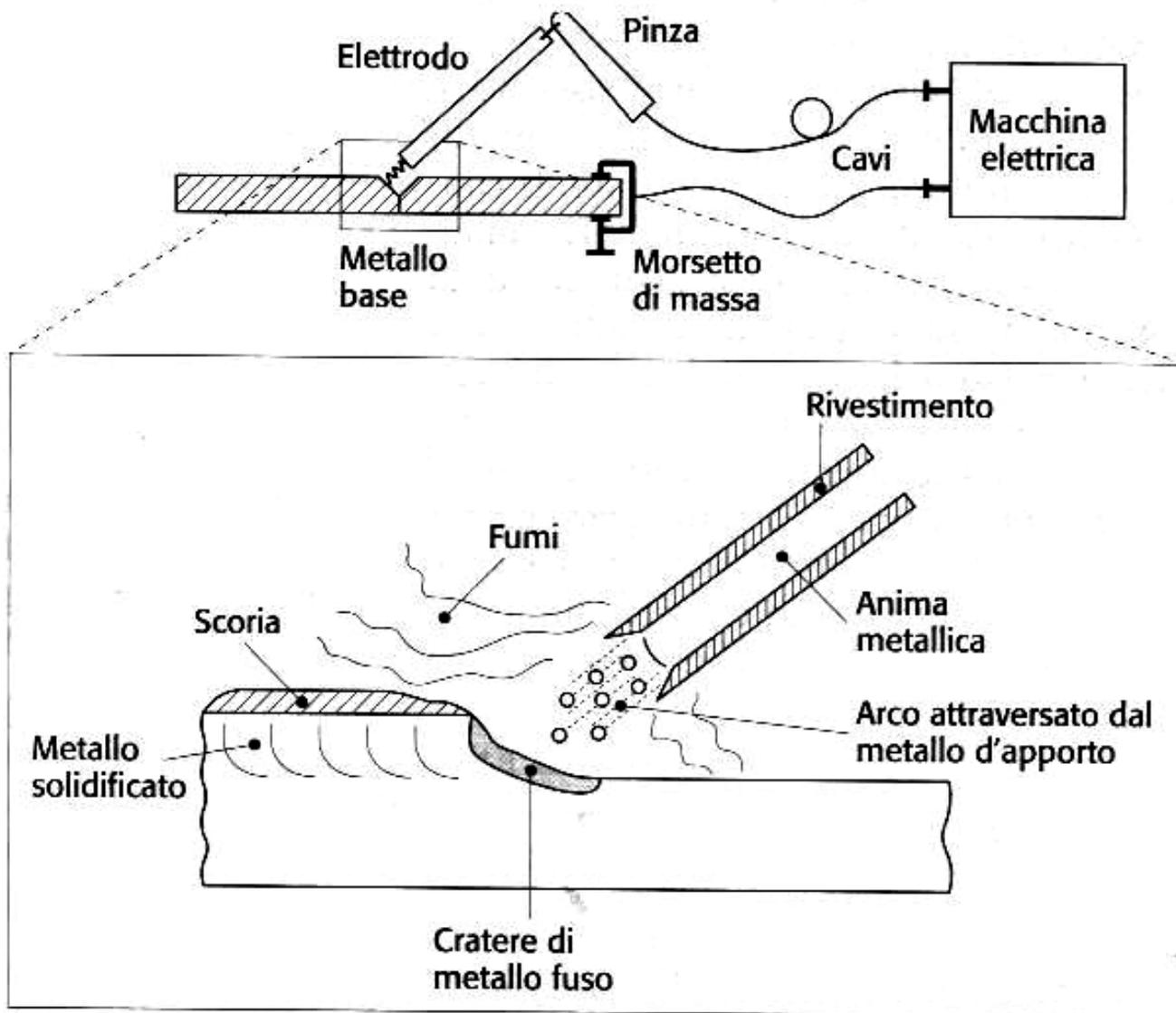
## Taglio con cannello ossiacetilenico

- Mediante un cannello diverso è possibile effettuare anche operazioni di taglio.
- L'ossigeno in pressione fuoriuscente dalla parte centrale del cannello provvede ad evacuare il materiale fuso lasciando un taglio in luogo della saldatura



# Saldatura ad arco elettrico

- Il calore necessario per la saldatura è ricavato da un arco elettrico tra un elettrodo metallico fusibile (coperto da un particolare materiale) ed il metallo base
- L'elettrodo è infatti montato su una pinza collegata ad uno dei due poli di un generatore di corrente elettrica. L'altro polo è costituito da un morsetto fissato sul materiale di base
- L'arco si innesca toccando il metallo base con l'elettrodo che deve poi essere mantenuto a pochi millimetri di distanza:
  - Distanze troppo  $>8\text{mm}$  danno luogo ad archi difficilmente controllabili e scarsa qualità del giunto
  - Distanze  $<3\text{mm}$  provocano rischio di incollaggio della bacchetta sul giunto e spegnimento dell'arco



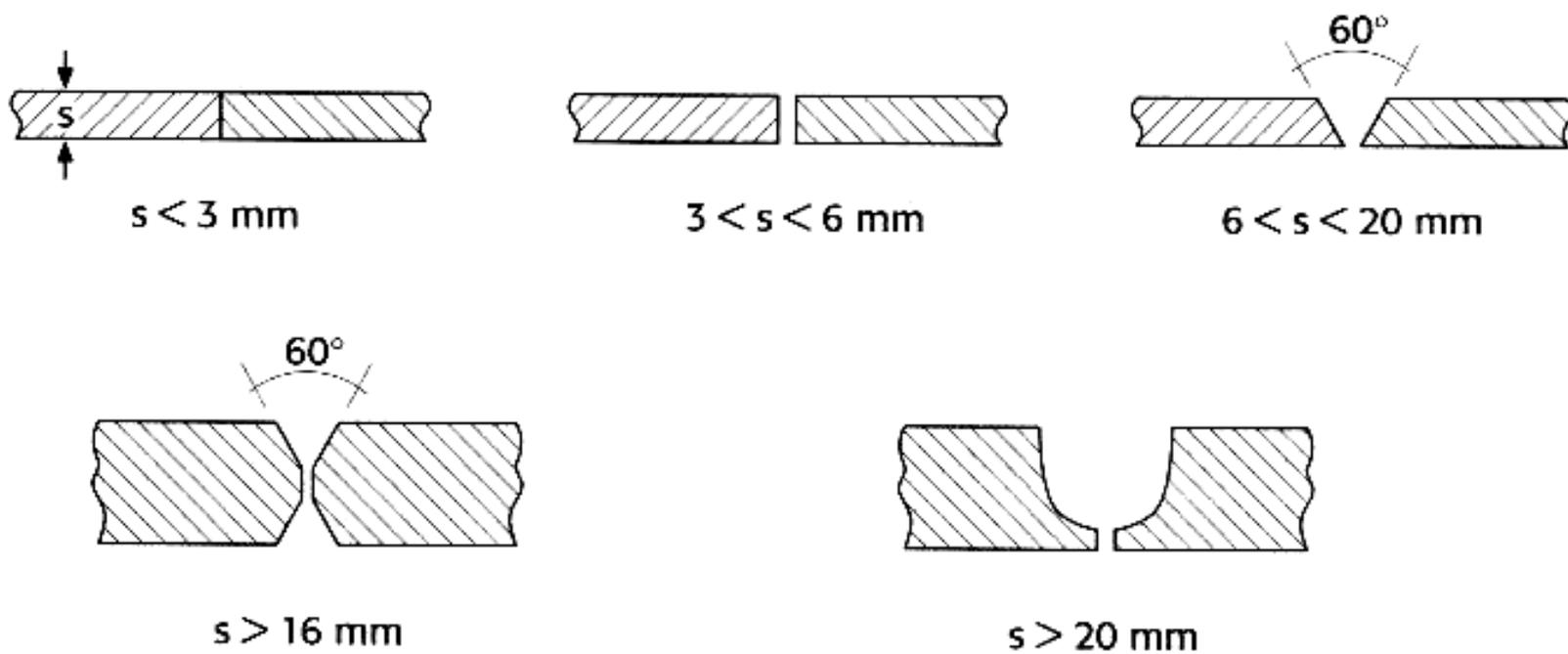
# Saldatura ad arco elettrico

- **L'alta temperatura (6000-7000 °C) che si sprigiona ionizza l'aria circostante e dunque genera passaggio di elettroni dal polo negativo al positivo**
- **Il rivestimento della bacchetta contiene materiali che gassificano in idrogeno ed anidride carbonica che proteggono il cratere di fusione da possibilità di ossidazione a contatto con l'atmosfera. Eventuali impurità presenti nel metallo base inoltre reagiscono con i gas fluendo nella scoria fluida che ricopre il giunto proteggendolo**
- **Il rivestimento può avere altre funzioni:**
  - **Sviluppo di gas ionizzanti che stabilizzano l'arco**
  - **Immissione di sostanze desolforanti nel cratere di fusione**
  - **Influenza sulla forma del giunto (piano, concavo, convesso, ...)**

# Saldatura ad arco elettrico

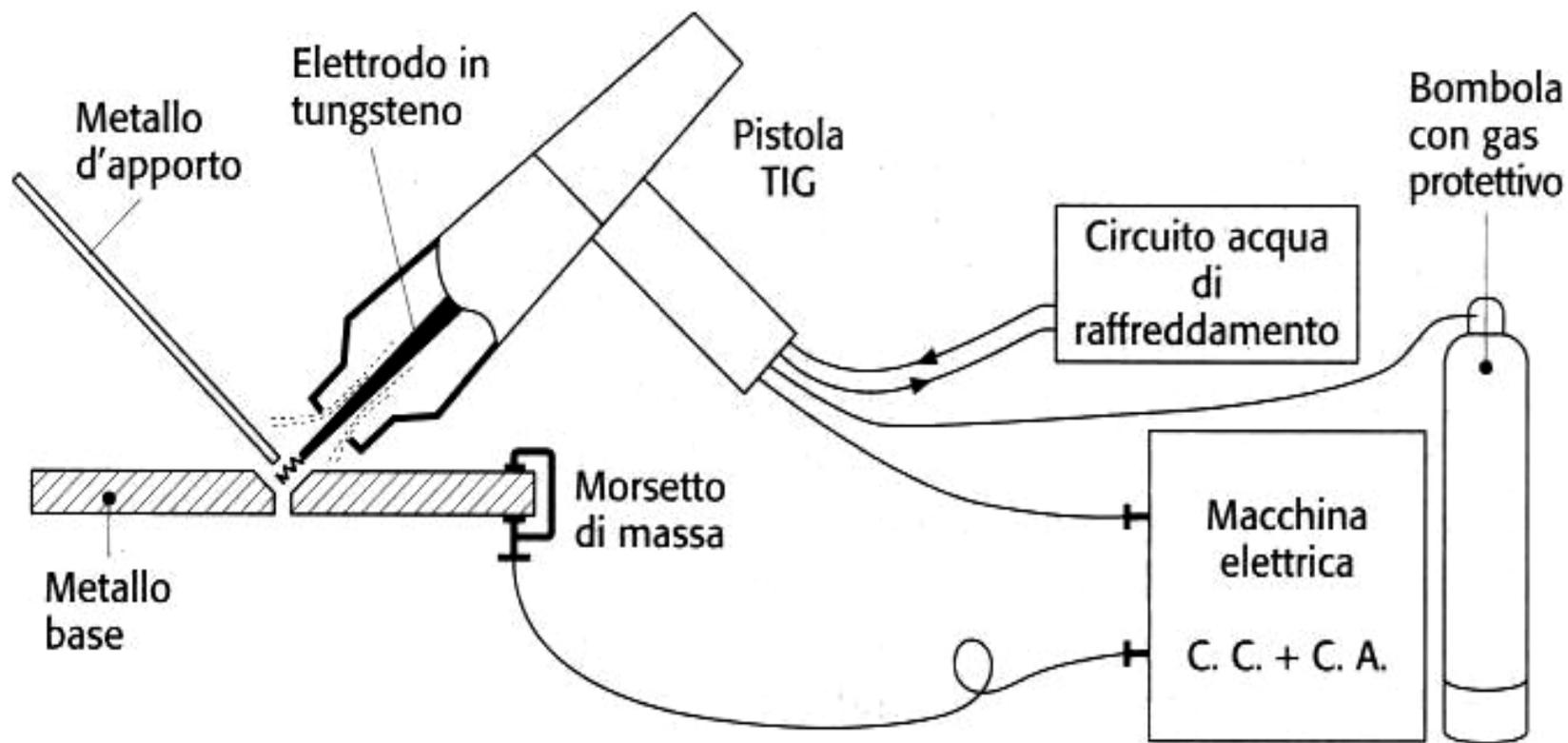
- **Il calore generato fa passare il materiale della bacchetta sul giunto mediante:**
  - Il proprio peso
  - Le forze elettromagnetiche
  - L'azione del gas del rivestimento
  - Le forze magnetodinamiche
- **In particolare le forze elettromagnetiche che si sprigionano tendono a deviare continuamente la bacchetta e tale fenomeno è chiamato soffio magnetico**
- **Preparazione del metallo base:**
  - I lembi vengono preparati al fine di
    - **Ottenere un giunto sano**
    - **Semplificare le operazioni di saldatura**
- **È un'operazione adatta per spessori abbastanza elevati, il costo dell'attrezzatura è limitato ed è la classica saldatura per le attività di manutenzione**

# Cianfrinatura delle superfici



## **Saldatura ad arco TIG – Tungsten Inert Gas**

- **È un tipo particolare di saldatura ad arco ove l'arco si sviluppa tra una bacchetta di tungsteno ed il metallo di base.**
- **Il tungsteno non prende parte al processo in quanto ha un'altissima temperatura di fusione**
- **Il metallo di apporto viene fornito a parte sotto forma di bacchette o filo**
- **Tutto il processo avviene in atmosfera controllata a base di argon o elio per evitare fenomeni di ossidazione**
- **Una scintilla pilota serve per innescare l'arco che può avvenire in corrente alternata o continua a seconda dei materiali**

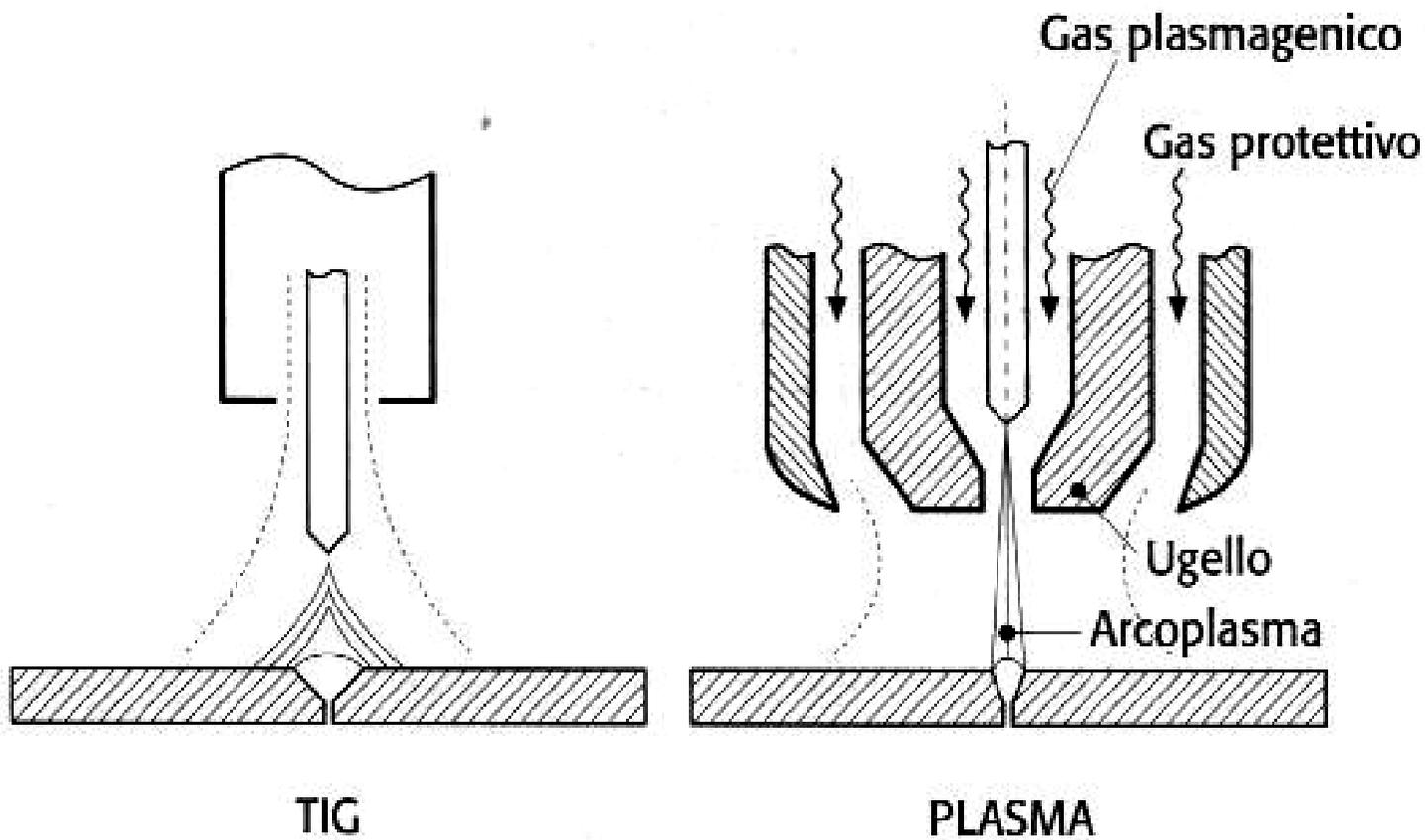


## Saldatura TIG

- **Consente di ottenere saldatura di elevata qualità su tutti materiali metallici tranne quelli con temperatura di fusione troppo bassa**
- **E' adatta nel caso di spessori sottili date le caratteristiche di stabilità dell'arco**
- **E' un metodo costoso riservato per materiali pregiati**
- **Non è esclusa la contaminazione del metallo base con inclusioni dure e fragili di tungsteno**

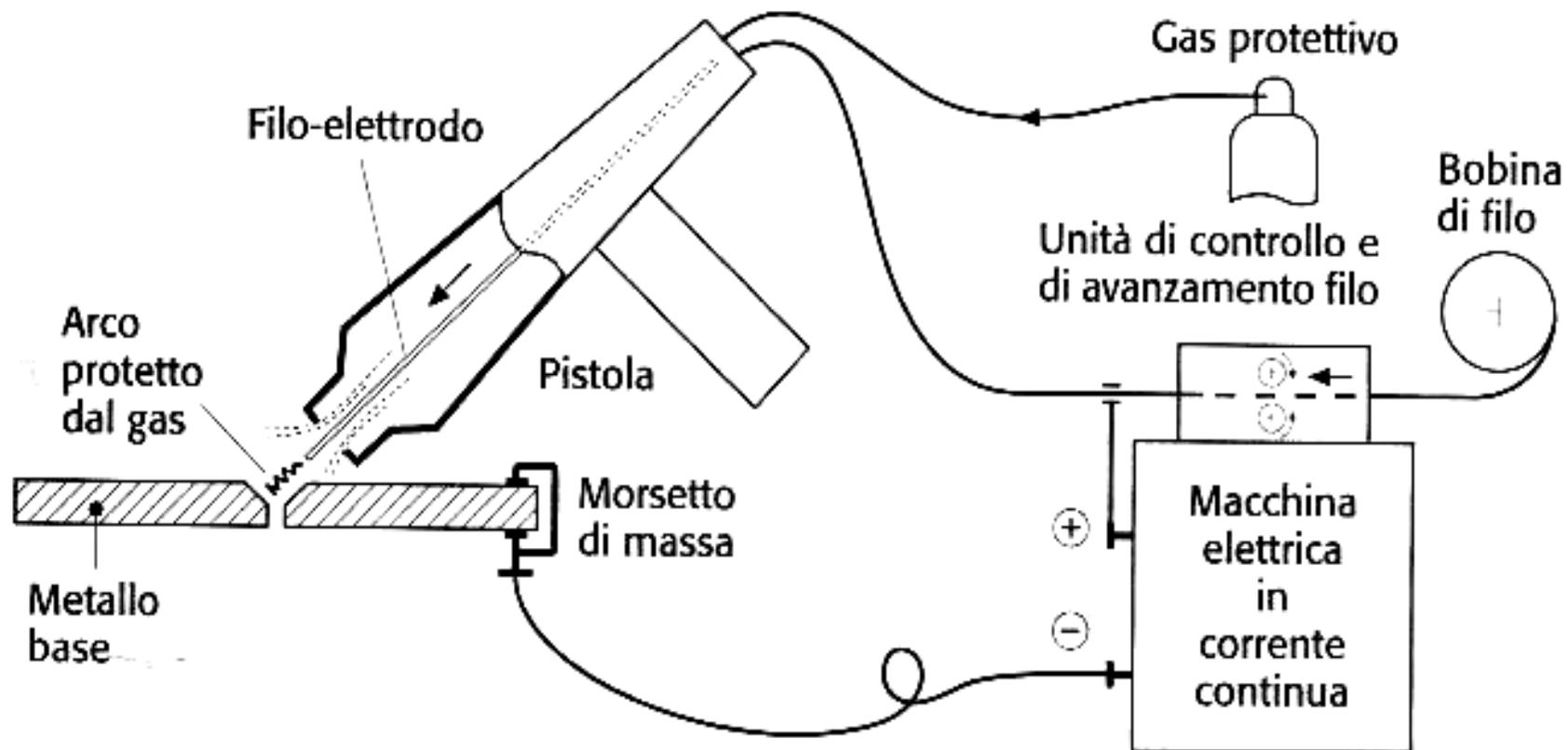
# Saldatura al plasma

- **La macchina elettrica utilizzata è simile a quella del processo TIG dove però l'elettrodo è interno all'ugello ed è avvolto da una corrente di argon ed elio che ionizzando creano una miscela allo stato di plasma a temperatura elevatissima (20.000 °C)**
- **Si possono avere due tipi di arco elettrico:**
  - **Diretto: che avviene tra elettrodo e materiale di base**
  - **Trasferito: che avviene tra elettrodo ed anodo interno alla pistola**
- **La saldatura può avvenire secondo due tecniche:**
  - **Per fusione simile alla saldatura TIG**
  - **Per key hole per valori di corrente elevate ove si crea un foro attorno al quale si crea la successiva solidificazione. Se non ben controllato provoca taglio anziché saldatura**



## **Saldatura MIG – Metal Inert gas e MAG –Metal Active Gas**

- **È detto anche processo a filo continuo ed è simile al processo TIG**
- **L'elettrodo è fusibile sotto forma di materiale di apporto che è contenuto in un filo che si alimenta all'interno della pistola.**
- **L'elettrodo è avvolto da un gas che consente di operare in atmosfera controllata**
- **Esistono diversi modi di transizione del materiale di apporto:**
  - **Short-arc (tensione <20V) mediante grosse gocce che interrompono l'arco. Adatto per piccoli spessori, di veloce solidificazione e saldatura in qualunque posizione**
  - **Spray-arc (tensione >25V) mediante piccole gocce che si susseguono velocemente. Adatto per grossi spessori ma solo per saldature in piano**
  - **Pulsed-arc (tensione fluttuante) al fine di sfruttare tutti i vantaggi dei metodi precedenti**



## **Saldatura**

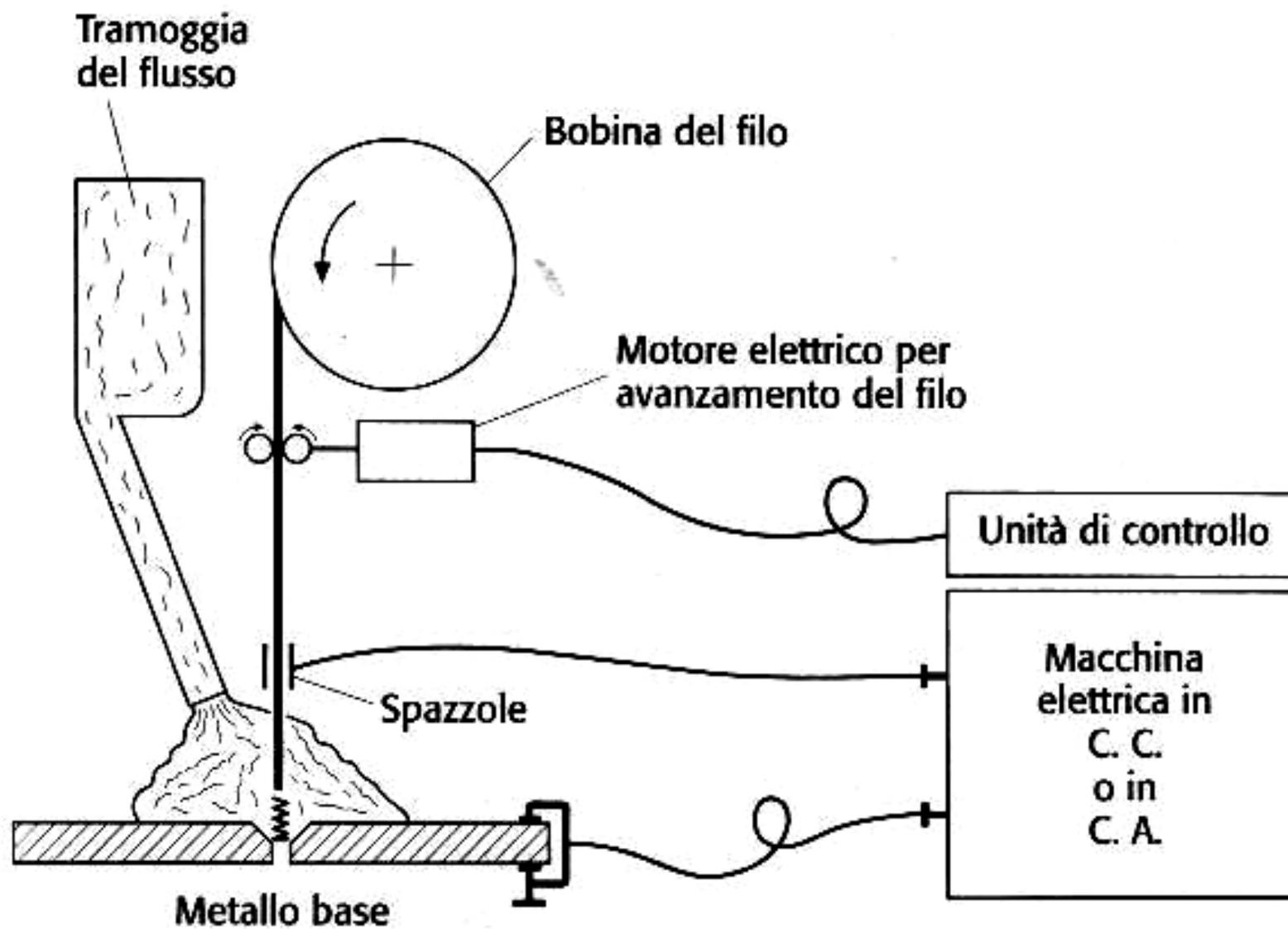
**MIG– Metal Inert gas**

**MAG –Metal Active Gas**

- **La differenza tra i due metodi consiste nel gas utilizzato e nel campo di applicazione**
  - **MIG**
    - **Utilizza argon ed elio che garantiscono ottimi risultati ma a costi piuttosto elevati**
  - **MAG**
    - **Utilizza anidride carbonica a bassi costi che comporta però trasferimento di gocce grosse e spruzzi e richiede uso di fili con presenza di disossidanti quali silicio e manganese**
- **Sono tecnologie adatte a tutti gli impieghi industriali:**
  - **Non richiedono alta specializzazione degli operatori**
  - **Consentono alte velocità di esecuzione**
  - **Per contro le macchine sono costose**

## Saldatura in arco sommerso

- È un procedimento diffuso in quanto consente di operare automaticamente su saldature di elevata lunghezza
- Nella testa saldante fluisce un elettrodo costituito da un filo svolto in continuo da una bobina costituente il metallo di apporto
- Un flusso di materiale granulare fluisce da una tramoggia e ricopre l'area di saldatura così da nascondere completamente l'arco che avviene in atmosfera controllata
- Il flusso in parte fonde reagendo con le scorie che vengono evacuate oppure con il metallo di apporto prendendo parte alla saldatura. La quota non fusa è aspirata e riutilizzata



## Saldatura in arco sommerso

- **La macchina elettrica utilizzata tiene sotto controllo i seguenti parametri che sono tra loro correlati:**
  - **L'intensità di corrente che influenza la velocità di fusione del filo e dunque la penetrazione della saldatura e la portata di flusso.**
  - **L'intensità può arrivare a 2000A e può essere continua od alternata**
  - **La tensione d'arco che influenza la lunghezza dell'arco e dunque comunque la portata di flusso ed inversamente la penetrazione della saldatura**
  - **La velocità del filo che influenza la velocità di saldatura e dunque la probabilità di inclusioni di scoria ed inversamente la penetrazione**

## Saldatura in arco sommerso

- **Il metallo di apporto si presenta in filo da 2-8 mm contenente rame e manganese**
- **Il flusso è costituito da una miscela di ossidi, carbonati, silicati, ferroleghhe e ne esistono due tipi base:**
  - **Prefusi, ovvero ottenuti per fusione dei componenti e successiva macinazione, consentono reazioni solo fisiche durante il processo, basse lunghezze d'arco e dunque basse tensioni e limitata presenza di scoria nei pressi del giunto**
  - **Agglomerati, ottenuti per macinazione e successiva miscelazione, reagiscono chimicamente nella saldatura anche con azione disossidante. Consentono di risparmiare rinunciando all'impiego di acciai legati per i fili**

# Saldatura in arco sommerso

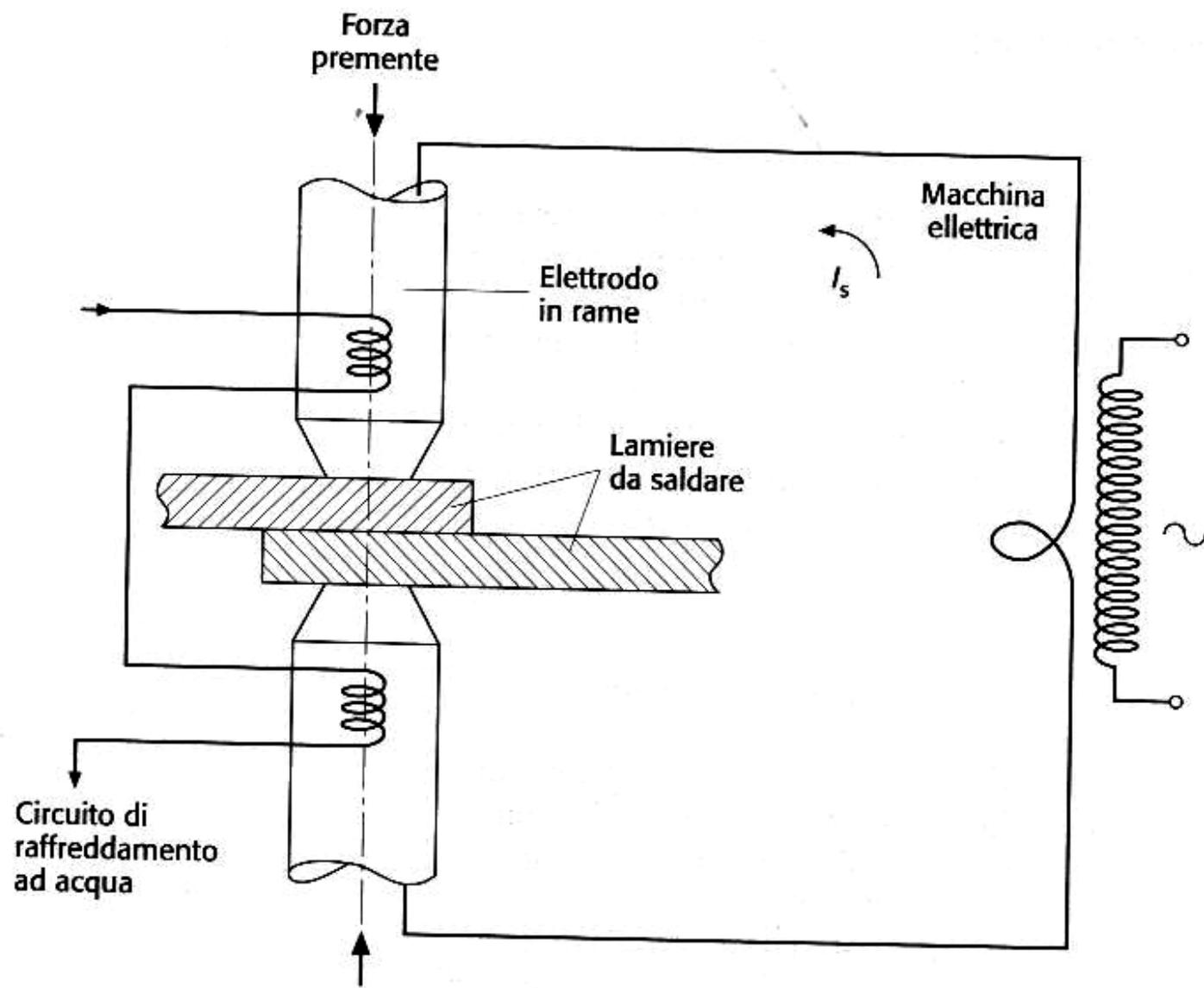
- **Campo di applicazione:**
  - Tutte le leghe di acciaio
  - Escluse le leghe di alluminio data la scarsa protezione all'ossidazione data dal flusso
- **Caratteristiche**
  - Il collegamento elettrico con il filo è dato da spazzole poste in prossimità dell'arco consentendo, grazie alle elevate intensità di corrente:
    - Elevate penetrazioni
    - Elevate velocità di deposizione
    - Giunti uniformi e lisci di elevata qualità
    - Lavorazioni di spessori da 1,5 mm a salire
    - Completa automazione del ciclo
    - Minima deformazione dei pezzi grazie alla concentrazione dell'intervento
    - Posizioni piane o ad angolo

## **Saldatura per resistenza elettrica**

- **È una saldatura autogena per pressione infatti consiste nel fondere i due lembi da saldare per effetto Joule e comprimerli l'uno contro l'altro saldandoli senza materiali di apporto**
- **È un processo utilizzato per produzione in serie dato che è caratterizzata da:**
  - **Tempi rapidi di esecuzione**
  - **Investimenti elevatissimi per le macchine necessarie**

## Saldatura per punti

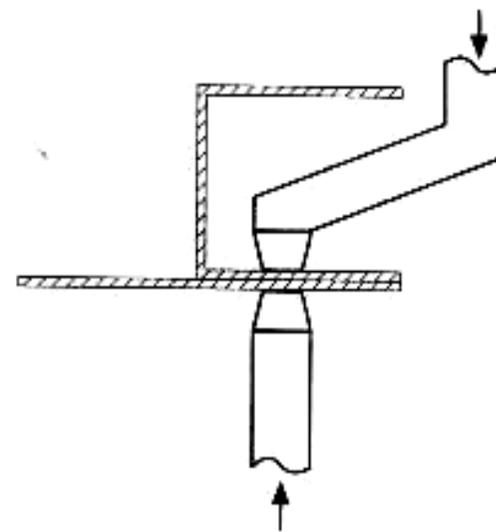
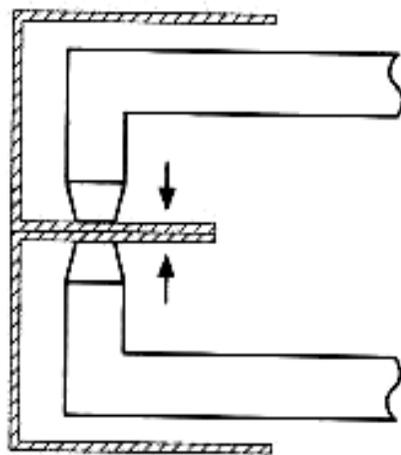
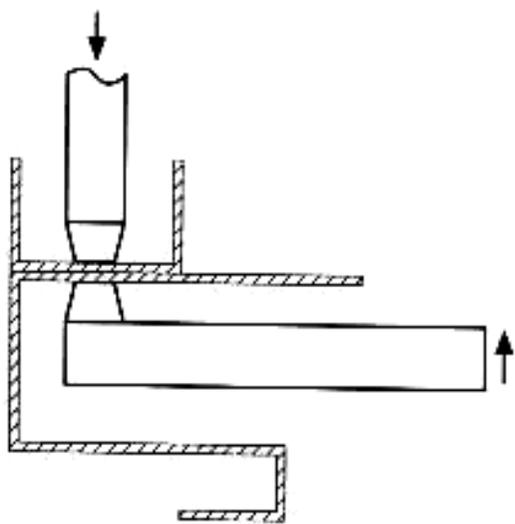
- È un processo adatto per saldare lamiere di basso spessore in processi di serie
- Due elettrodi di rame premono uno contro l'altro i due lembi di lamiera da saldare
- Una macchina elettrica fa scorrere per un intervallo di tempo brevissimo una corrente di elevata intensità
- L'elevata resistenza elettrica tra le lamiere provoca per effetto Joule lo sviluppo di un'intensa quantità di calore che porta il materiale a fondere in un punto e quindi a solidificare creando il "punto" di saldatura
- Non è adatto per situazione in cui serve impermeabilità ai liquidi
- Non offre le stesse caratteristiche di resistenza meccanica offerte da altri processi



# Saldatura per punti

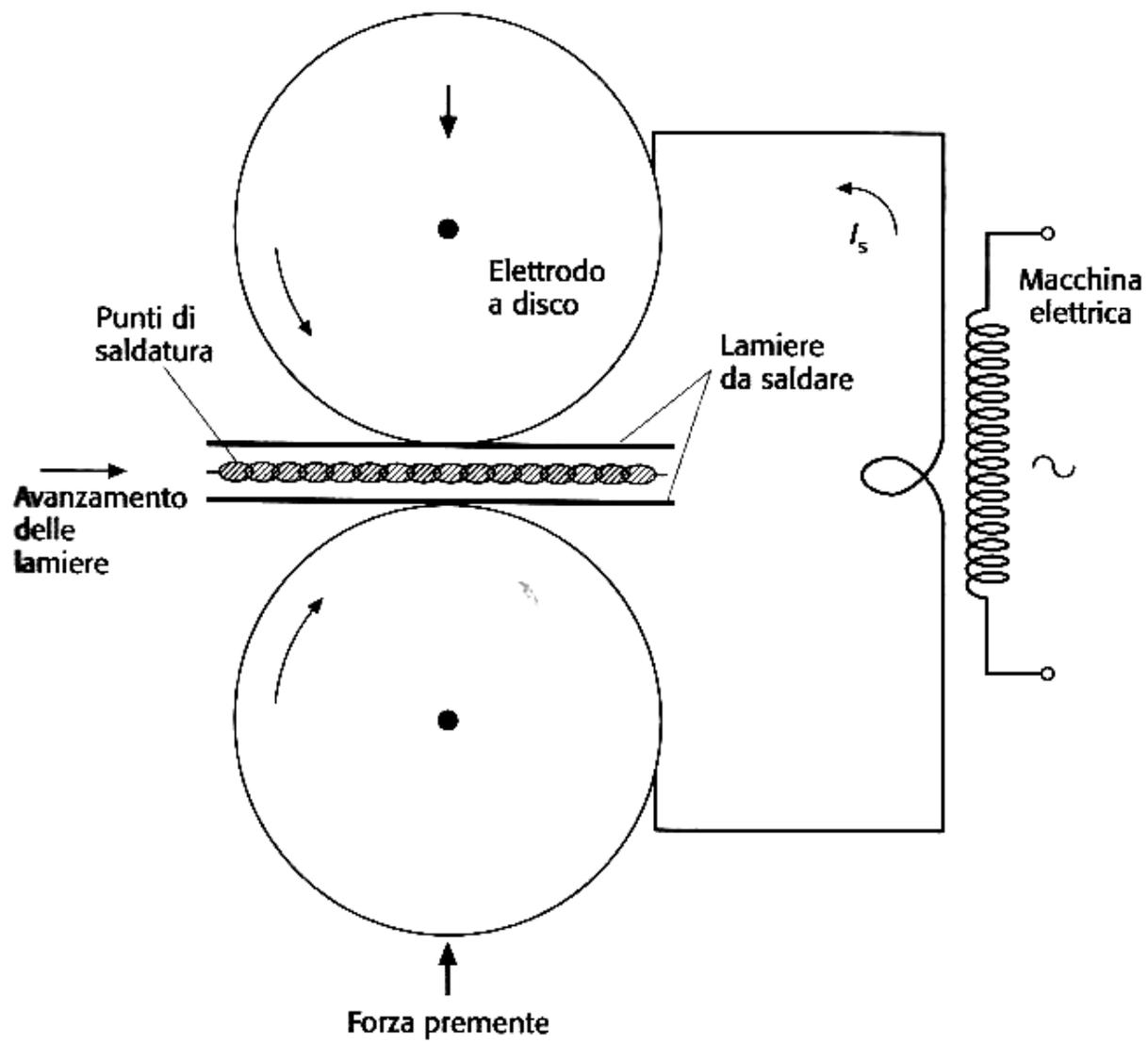
- **La saldatura non avviene tra elettrodi e lamiera in quanto:**
  - La resistenza lamiera-lamiera è maggiore di quella lamiera-rame
  - Gli elettrodi sono raffreddati con acqua
- **Parametri fondamentali del processo sono:**
  - Pressione esercitata da un dispositivo idraulico che deve essere un compromesso tra false saldature e rischio di eccessiva penetrazione degli elettrodi
  - Tempo di scarica che deve essere breve anche per evitare il pericolo di fusione su larga scala e penetrazione dell'elettrodo stesso
  - Intensità di corrente che deve essere elevata per consentire la saldatura in tempi brevissimi (da 1.000 a 100.000A)

## Saldatura per punti



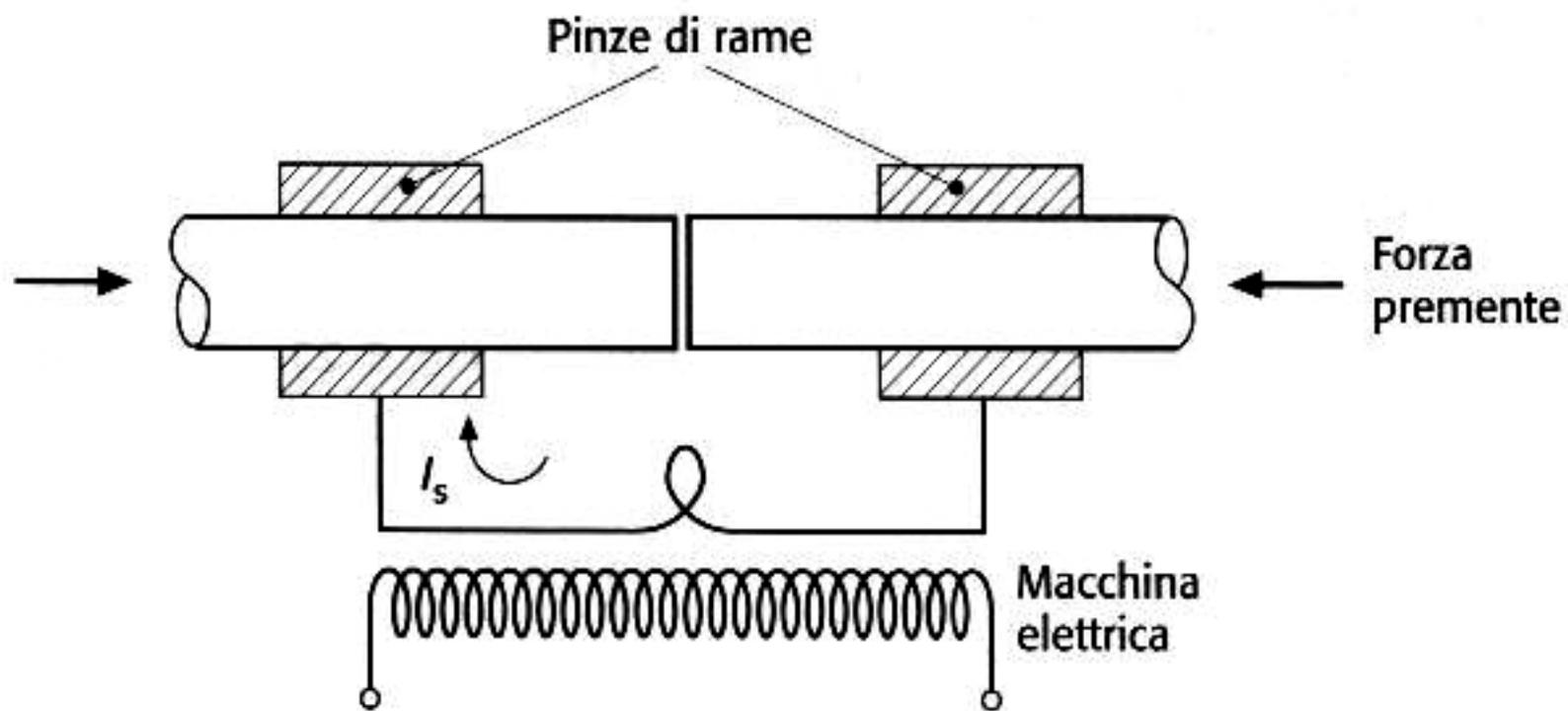
## **Saldatura a rulli**

- **È la versione di saldatura a punti utilizzata per saldare lamiere soggette a problemi di tenuta per la presenza di liquidi.**
- **Gli elettrodi sono due rulli che premono i due lembi e sono sottoposti a scariche di corrente con frequenza scelta in funzione della velocità di avanzamento dei rulli stessi**



## Saldatura di testa per scintillio

- È il processo utilizzato per saldare in testa due barre mediante l'applicazione di pinze in rame fungenti da elettrodi come nel caso della saldatura a punti
- L'operazione si realizza in tre fasi:
  - Preriscaldamento delle barre con passaggio di corrente a bassa intensità
  - Scintillio mediante l'applicazione di corrente ad alta intensità tesa a creare archi elettrici tra le due teste, microfusioni ed espulsione di scorie
  - Compressione delle barre per consentire la fusione del giunto
- È un'operazione semplice e veloce presentante l'unico rischio di ricalcatura delle superfici a creare un "collare"

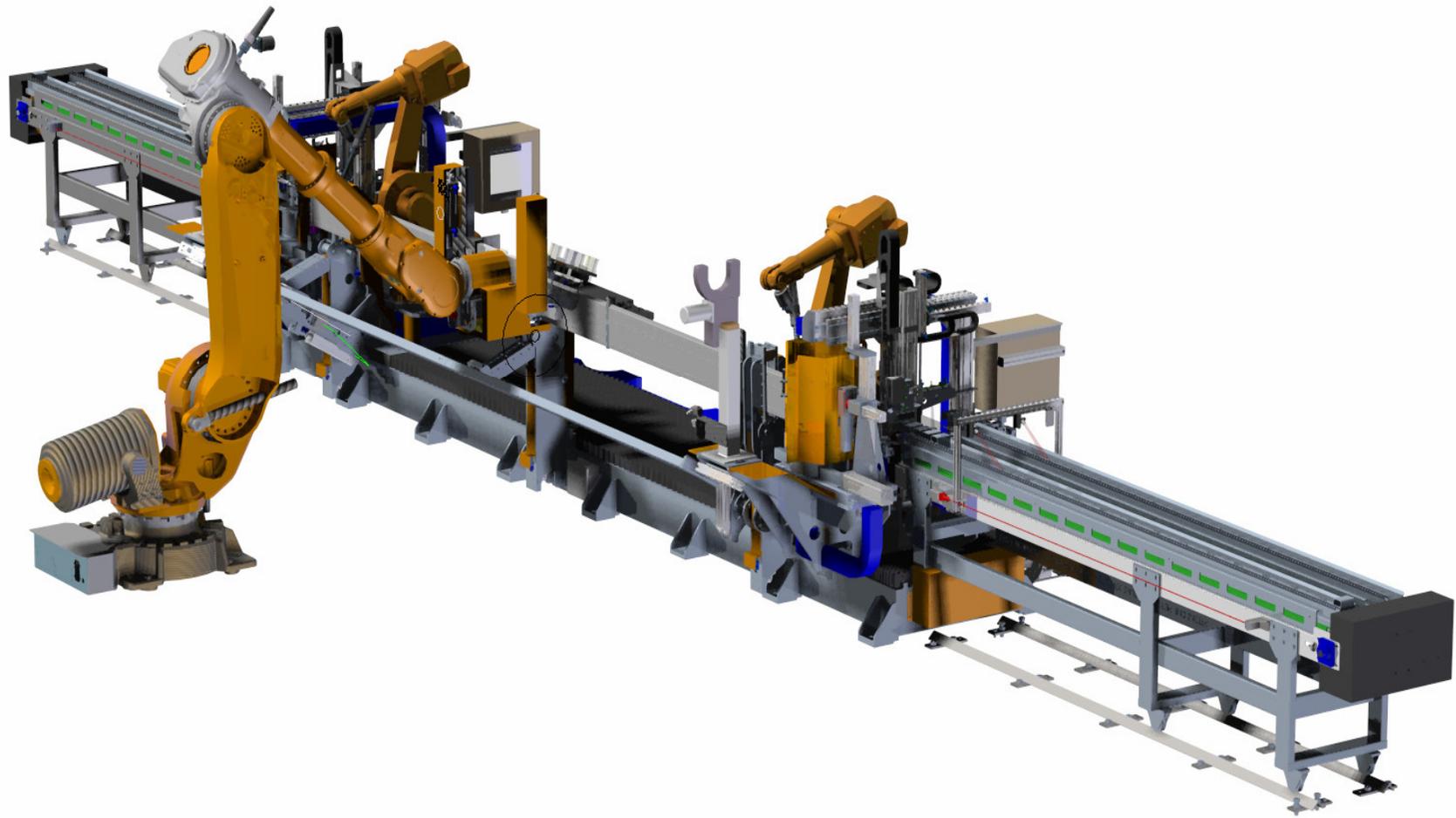


## Trattamenti termici dopo la saldatura

- **Per evitare i difetti visti è possibile intervenire in taluni casi con interventi di distensione**
- **Ciò è importante in taluni casi:**
  - **Acciai legati o a medio tenore di carbonio**
  - **Saldature complesse con cordoni intrecciati**
  - **Saldature di parti soggette ad operazioni successive di asportazione di truciolo**
  - **Saldature sottoposte a basse temperature o ambienti corrosivi**
- **La distensione consiste in:**
  - **Riscaldamento lento a 600 °C**
  - **Permanenza a tale temperatura per un tempo pari a 2 minuti per ogni millimetro di spessore**
  - **Raffreddamento lento in forno fino a 200 °C**







## **La verniciatura**











