



Corso di metallurgia e saldatura – Parte 4 “Procedimenti di saldatura”



Move Forward with Confidence

**BUREAU
VERITAS**

- Elettrodo rivestito
- Filo continuo (MIG / MAG)
- TIG

La saldatura con elettrodo rivestito è il procedimento di saldatura più utilizzato tanto nelle costruzioni meccaniche quanto in carpenteria metallica, è indicato per la saldatura di quasi tutte le leghe metalliche ferrose e non ferrose ad eccezione delle leghe di alluminio.

Si tratta di un procedimento molto versatile nel quale viene prodotto un arco elettrico tra un elettrodo "consumabile", opportunamente rivestito, ed il pezzo da saldare. Le gocce di metallo fuso provenienti dall'elettrodo vengono trasferite, mediante l'arco, nel bagno di fusione mentre i gas prodotti dal rivestimento le proteggono dall'atmosfera. La scoria fusa che galleggia sopra il bagno di fusione lo protegge dall'atmosfera durante la solidificazione.

Il procedimento di saldatura con elettrodo ben si presta alla saldatura in tutte le posizioni e, grazie alla semplicità dell'apparecchiatura, all'impiego in molte situazioni, anche in cantiere o in spazi limitati.

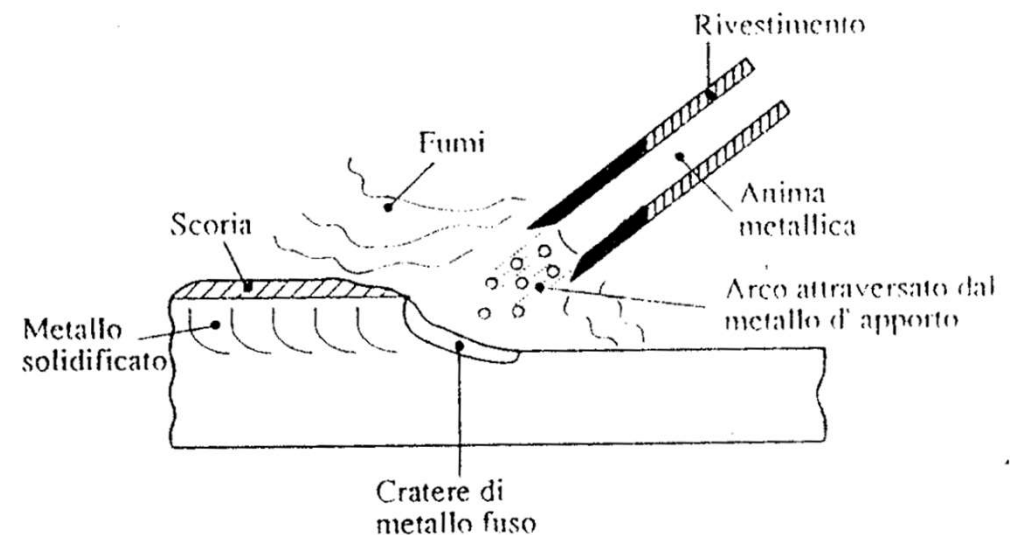
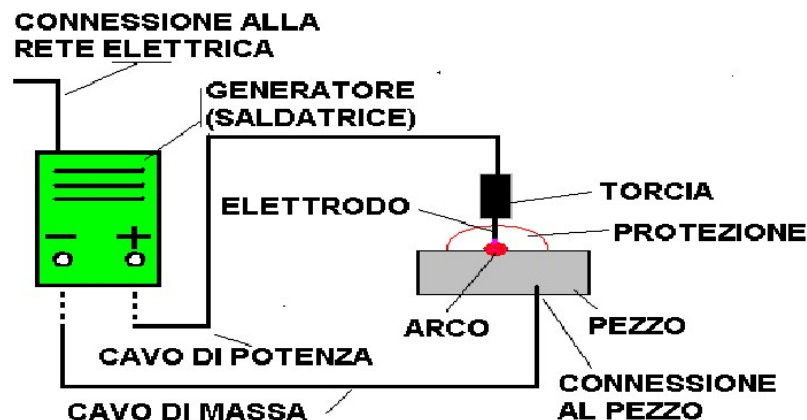
A fronte di indubbi vantaggi operativi dobbiamo tuttavia registrare una scarsa produttività, infatti, l'elettrodo ha una lunghezza ridotta e deve quindi essere frequentemente sostituito

ELETTRODO RIVESTITO – PRINCIPI GENERALI

La saldatura ad elettrodo rivestito consiste nel mettere in fusione i metalli dei pezzi da saldare ed assemblarli grazie a un metallo d'apporto sotto forma di elettrodo.

Per ottenere questa fusione è necessaria una temperatura molto elevata, che si ottiene per corto circuito tra il pezzo e l'elettrodo che porta alla creazione di un arco elettrico che genera calore intenso.

La temperatura raggiunge nell'arco valori attorno ai $5000-6000^{\circ}\text{C}$; ne consegue la progressiva fusione dell'elettrodo e la creazione sul metallo base di un "bagno di fusione".



- L'elettrodo rivestito è composto da due parti ovvero da un'anima metallica che funge da materiale d'apporto e da un rivestimento che ne fornisce la protezione



- Nel corso della saldatura l'anima dell'elettrodo fonde, il rivestimento contribuisce alla protezione dell'estremità dell'elettrodo dove il materiale è fuso ed inoltre crea una sovrappressione locale dei gas nel suo interno, capaci di provocare il distacco ed il trasferimento della goccia
- Una parte del materiale d'apporto si volatilizza creando dei gas che creano una zona di protezione dell'arco riducendo il pericolo di ossidazione del bagno
- Raggiunto il bagno liquido il rivestimento reagisce chimicamente sviluppando proprietà disossidanti, defosforanti e desolforanti grazie alla presenza di CaCO_3 dando origine ad una scoria solida che protegge la superficie del bagno di fusione durante la solidificazione

Funzione elettrica – pronta accensione dell'arco e buona stabilità grazie ai sali fortemente emissivi (silicati di Na e K) in esso contenuti

Funzione protettiva – fondendo, libera fumi inerti che proteggono l'arco dall'ossidazione. Inoltre, la scoria liquida prodotta dal rivestimento galleggia sul bagno di fusione separandolo dal contatto con l'aria anche durante la solidificazione ed il raffreddamento

Funzione fisica – il peso della scoria plasma il bagno di fusione favorendo il conseguimento di cordoni lisci ed estetici

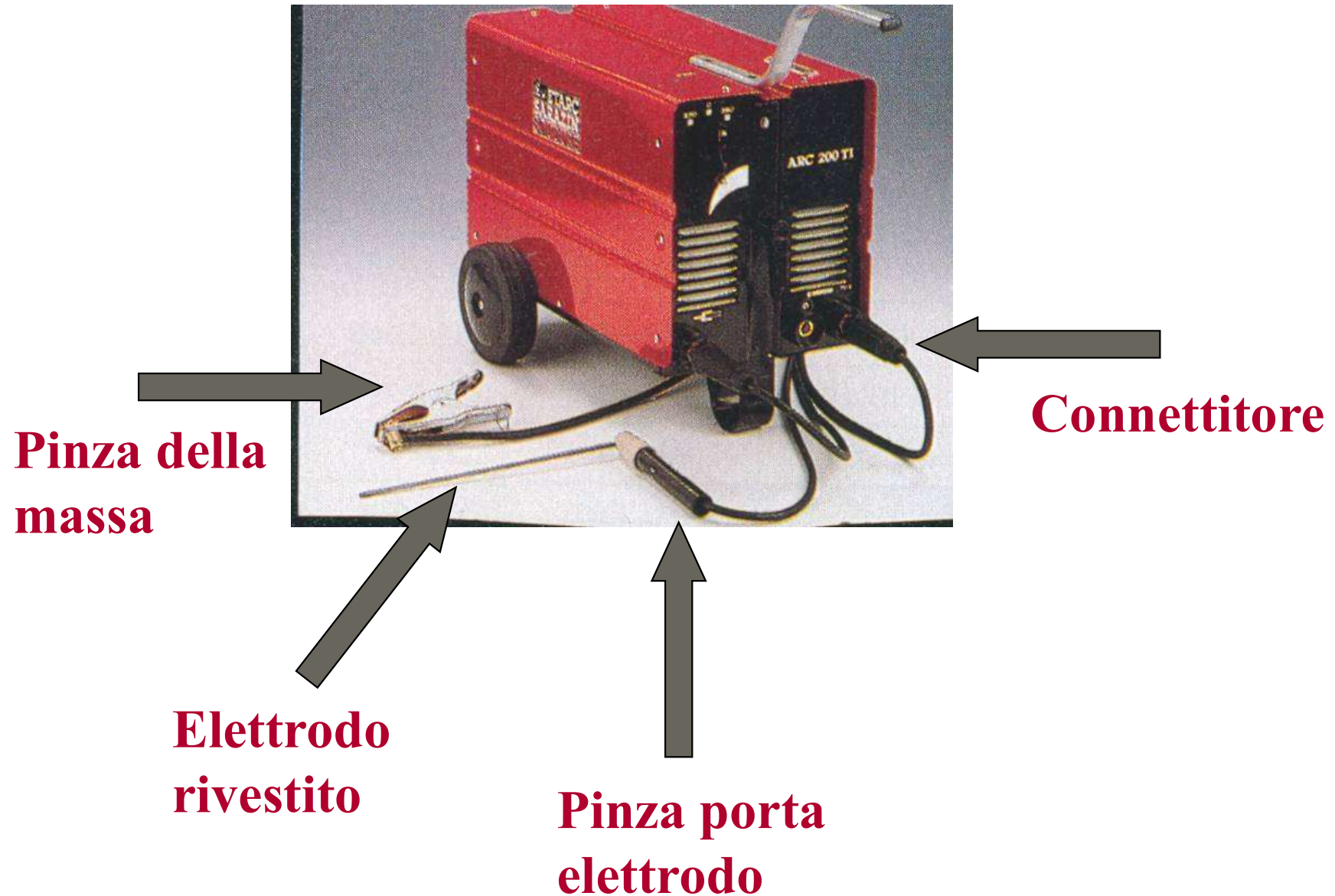
Funzione chimica – è possibile trasferire elementi di lega dal rivestimento alla scoria e quindi al bagno di fusione per correggere, ove necessario, l'analisi del metallo depositato

Funzione depurante – la scoria liquida può reagire ad alta temperatura con le impurezze (S e P) presenti nel bagno di fusione

- ▶ E' un trasformatore che riduce il voltaggio di corrente elettrica abbassandola da 220 volts a circa 50 volts ma aumentando l'intensità di corrente

- ▶ Due regole sono utili per scegliere una saldatrice adatta :
 - più l'intensità ottenuta è elevata, più è possibile saldare pezzi di spessore maggiore. Un'intensità troppo bassa non permette una buona fusione del metallo d'apporto e la saldatura sarà meno resistente;
 - più la tensione d'innescò è elevata (50 V o più), più è facile avviare la saldatura senza "incollare" l'elettrodo

ELETTRODO – LA SALDATRICE



Pregi:

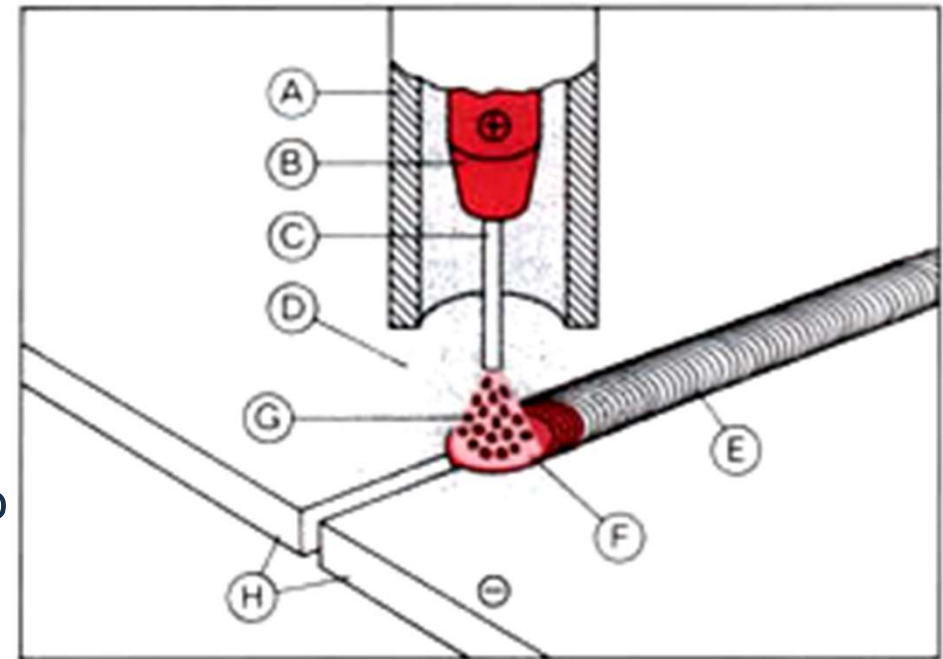
- effettuare cordoni di limitate dimensioni, nelle operazioni di manutenzione e riparazione, e per costruzioni “sul campo”;
- l’attrezzatura è semplice, economica e portatile;
- è possibile saldare in punti difficilmente accessibili;
- è adatto per acciai al carbonio e basso legati, inossidabili, leghe leggere, ghisa, rame, nickel e loro leghe.

Difetti:

- non è adatto per spessori troppo sottili ($<$ di circa 2-3 mm) in quanto la corrente di saldatura non può essere abbassata oltre il limite di stabilità dell’arco;
- valori di deposizione e di penetrazione inferiori ad altri processi all’arco;
- non economicamente conveniente per grossi spessori e cordoni lunghi;
- l’elettrodo ha una lunghezza limitata che provoca l’interruzione del processo.

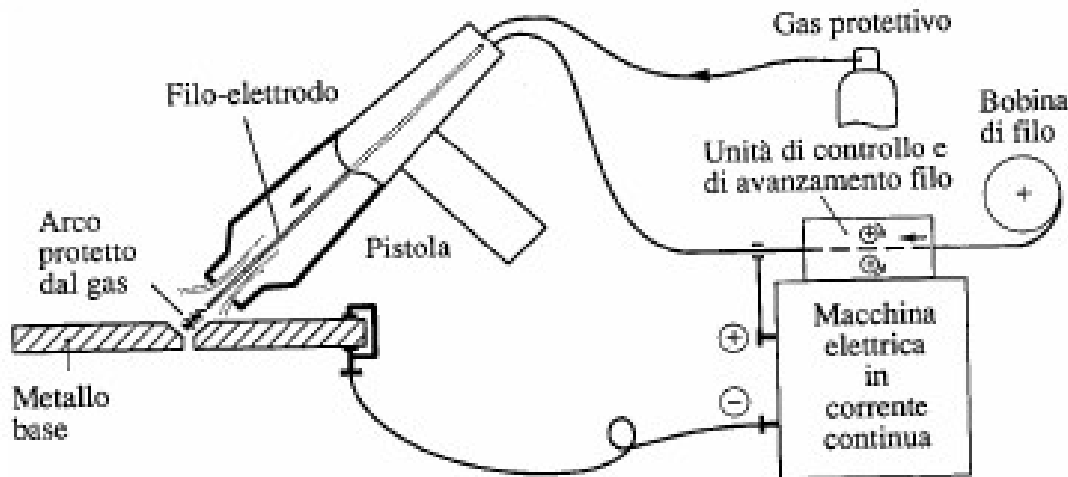
MIG / MAG – INTRODUZIONE

- ▶ Processo di saldatura autogena in cui l'arco elettrico scocca tra pezzo e filo fusibile
- ▶ Il dispositivo di avanzamento del filo provvede ad alimentare il bagno con continuità
- ▶ La protezione del bagno è ottenuta attraverso il flusso di gas che impedisce la contaminazione atmosferica del bagno fuso



Schematic representation of GMA-welding

A Gas cup
B Electrode holder
C Filler wire
D Shielding gas
E Finished weld
F Weld pool
G Arc
H Parent metal



MIG / MAG – VANTAGGI

- ▶ Si saldano quasi tutti i materiali ferrosi e anche metalli non ferrosi
- ▶ Elevata qualità delle saldature
- ▶ Utilizzabile in tutte le posizioni (solo in alcuni casi)
- ▶ Non produce scoria (filo pieno)
- ▶ Elevata produttività
- ▶ Tecnica di facile apprendimento



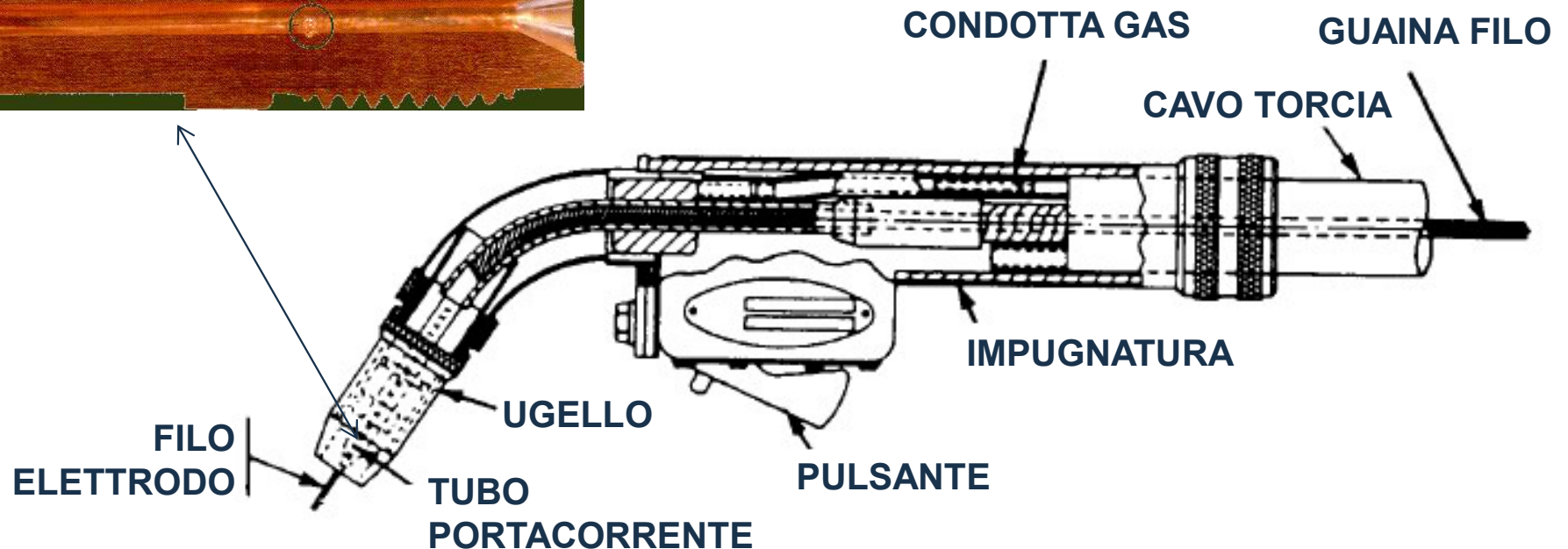
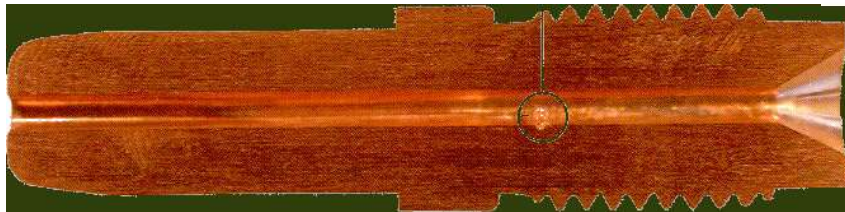
- ▶ Apparecchiatura più ingombrante
- ▶ Ridotta protezione del bagno rispetto a procedimenti sotto protezione di flusso / rivestimento
- ▶ Sensibilità all'azione del vento
- ▶ Elevati costi dei gas di protezione



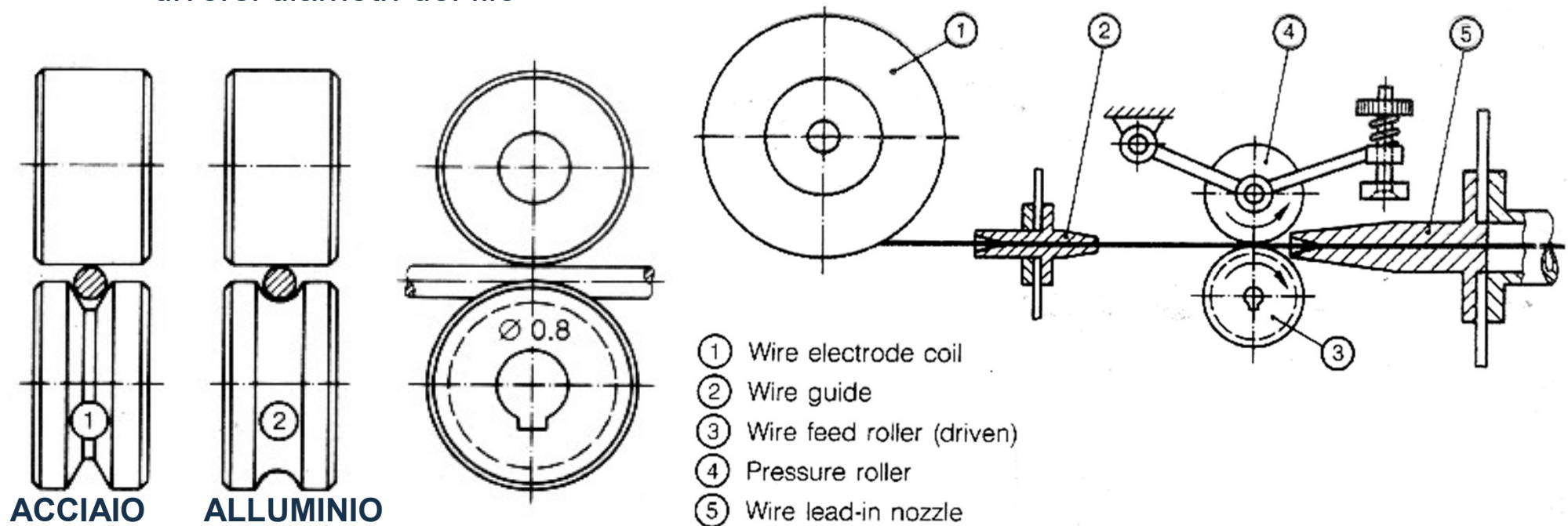
MIG / MAG – TORCE DI SALDATURA

► Tipologie di torcia

- Raffreddate ad acqua
- Autoraffreddate
- Aspiranti
- A pistola o a collo d'oca



- ▶ Per garantire un funzionamento regolare del sistema, è necessario avere dispositivi a velocità costante e regolabile.
- ▶ Solitamente si tratta di motori alimentati a corrente continua.
- ▶ Le caratteristiche dei rulli devono essere adattabili a:
 - deformabilità del materiale d'apporto
 - diversi diametri del filo



La scelta del gas dipende da considerazioni tecniche ed economiche

FUNZIONI:

- Evita contaminazione del bagno di saldatura dall'ambiente circostante
- Stabilizza l'arco elettrico

Le atmosfere più utilizzate sono le seguenti:

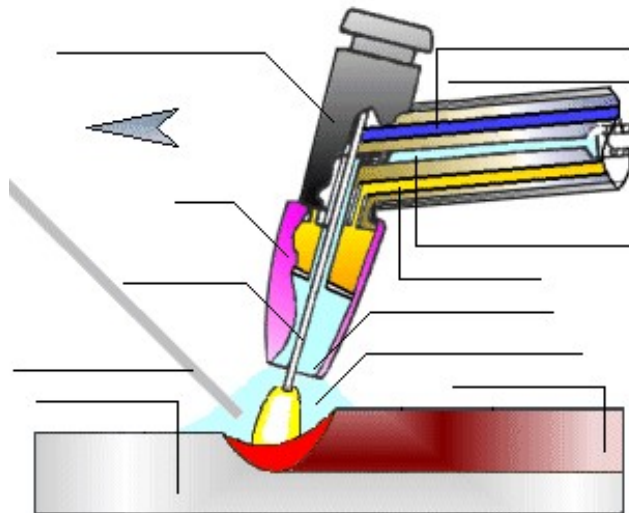
- gas inerti: argon, elio, miscele argon-elio
- gas attivi: anidride carbonica, ossigeno, miscele gas inerti con ossigeno o anidride carbonica
- riducenti: idrogeno

*La saldatura **MIG** usa normalmente argon o elio e permette di saldare efficacemente tutte le leghe di interesse pratico compresi i materiali facilmente ossidabili*

*Tuttavia il costo di tali gas è notevole ed il loro uso non è giustificato nella saldatura degli acciai a basso tenore di carbonio: in tal caso si usa allora la saldatura **MAG**, che impiega un gas meno costoso cioè il CO_2*

La Saldatura TIG (Tungsten Inert Gas) o GTAW (Gas Tungsten Arc Welding), è un procedimento di saldatura ad arco con elettrodo infusibile (di tungsteno), sotto protezione di gas inerte, che può essere eseguito con o senza metallo di apporto. La saldatura TIG è uno dei metodi più diffusi, fornisce giunti di elevata qualità, ma richiede operatori altamente specializzati.

Il procedimento si basa su una torcia in cui è inserito l'elettrodo in tungsteno, attorno a cui fluisce il gas di protezione che, attraverso un bocchello di materiale ceramico, è portato sul bagno di fusione. L'operatore muove la torcia lungo il giunto per spostare il bagno di fusione, mentre, nel caso che sia richiesto materiale d'apporto, contemporaneamente sposta la bacchetta del materiale in modo tale da tenerla costantemente con l'estremità entro l'arco e comunque sotto la protezione del gas.



Uno dei principali vantaggi di questa tecnologia è che l'apporto di materiale nel bagno di saldatura è indipendente dall'apporto termico nella saldatura, a differenza di quanto accade nelle saldature a filo o a elettrodo consumabile.

Il procedimento TIG è particolarmente indicato quando devono essere saldati piccoli spessori di materiale, a partire da pochi decimi di mm, tuttavia non è possibile saldare spessori superiori a qualche mm (2-3 mm per gli acciai) con una singola passata (perciò, in generale, non si usa per saldare spessori superiori a 5-6 mm), quindi, considerando la bassa produttività, spesso viene usato per effettuare la prima passata di un giunto, mentre il riempimento viene effettuato successivamente con procedimenti a produttività più elevata.

Non è consigliabile l'uso di questo procedimento in luoghi aperti, dato che anche un vento leggero può disperdere il gas di protezione.



La torcia utilizzata per saldare a TIG è formata dai seguenti componenti:

- cappetta di ceramica
- penna porta bacchetta
- manopola
- tubicino di collegamento alla bombola



TIG – LA SALDATRICE



Il generatore può essere a corrente continua o a corrente alternata con sovrapposizione di alta frequenza. L'alta frequenza favorisce l'innesco e si disinserisce automaticamente a processo avviato. La scelta della corrente è legata alla natura del materiale da saldare.

A) c.c.p.d.

- Acciai comuni e legati
- Rame e sue leghe
- Nickel e sue leghe
- Titanio

B) c.a. con sovrapposizione in alta freq.

- Alluminio e sue leghe
- Magnesio e sue leghe
- Bronzi di Al (leghe Cu/Al)

C) Con la c.c. l'arco è più stabile e in p.d. il flusso di elettroni dall'elettrodo al bagno di fusione favorisce la penetrazione e sveltisce l'esecuzione. In p.i. si avrebbe bombardamento di elettroni sull'elettrodo con riscaldamento e fusione di quest'ultimo nonostante la sua refrattarietà.

- C.C.P.I. non si utilizza mai

Gas necessariamente inerte (il tungsteno si consumerebbe per ossidazione)

Il più utilizzato è l'**Argon** (molto costoso)

Caratteristiche:

- è un gas inerte (non suscettibile di formare composti)
- è insolubile nei bagni di fusione
- si ionizza facilmente (arco stabile anche con tensioni modeste)

In alternativa all'Argon si possono usare:

- miscele argon-idrogeno con 6% di H_2 (Nickel e sue leghe)
- miscele argon-idrogeno con 15% di H_2 (acciaio inossidabile)
- azoto (rame)

- La saldatura TIG è un metodo molto efficace che permette di ottenere saldature di elevata qualità su quasi tutti i materiali.
- Molto adatta per le leghe di alluminio e di magnesio e dei materiali reattivi come titanio e zirconio.
- E' particolarmente adatta per gli spessori sottili dato che l'elettrodo di tungsteno ha la caratteristica di emettere con facilità elettroni, ciò comporta una elevata stabilità dell'arco elettrico anche con correnti basse (fino a 15-20 A).
- L'impiego del metodo TIG per gli spessori medi e grossi non è economicamente conveniente rispetto ad altri metodi (MIG ed arco sommerso) caratterizzati da costi minori e penetrazioni e deposizioni orarie maggiori.
- Il processo TIG è costoso sia per il costo delle macchine ed attrezzature sia per quello dell'elettrodo di tungsteno sia soprattutto per quello dei gas utilizzati (argon o elio). E' ovvio quindi che esso sia riservato ai materiali più pregiati ed agli spessori più sottili.