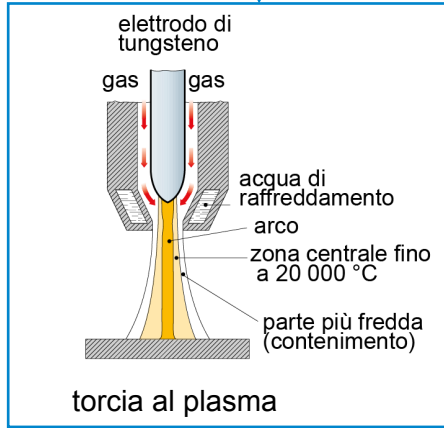


Saldatura e taglio al plasma

Il plasma è un gas costituito da un insieme di elettroni e ioni (*ionizzato*), separati grazie all'applicazione di un arco elettrico, ma globalmente neutro (la carica elettrica totale è nulla).



Saldatura al plasma

- **formazione del plasma:** la zona di contenimento mantiene concentrata la parte calda dell'arco;
- **tipi di arco al plasma:** – *diretto* o *trasferito*, tra l'elettrodo e il materiale da tagliare; – *indiretto* o *non trasferito*, tra l'elettrodo e la parte esterna dell'ugello;
- **gas usati per formare il plasma:** non ossidanti, come argon, elio, azoto e idrogeno;
- **vantaggi della saldatura al plasma:** velocità, spessori più elevati, zona a temperatura elevata più circoscritta

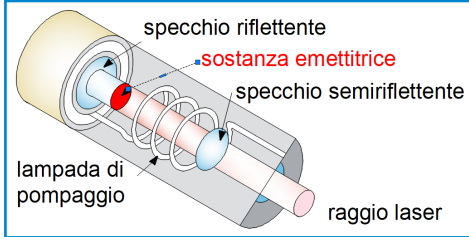
Saldatura al microplasma

è utilizzata, con la tecnica ad arco trasferito, per lamiere sottilissime (da 0,01 mm). Richiede due gas: uno per formare il plasma, l'altro per focalizzare l'arco trasferito e proteggere il bagno dall'ossidazione

Taglio al plasma

le caratteristiche del plasma (temperature altissime e fusione istantanea), lo rendono adatto al taglio di qualunque materiale e in particolare dei metalli ad alto punto di fusione

Saldatura laser



LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*): nome dei dispositivi che emettono una radiazione elettromagnetica monocromatica (cioè con una sola frequenza) coerente e concentrata in un'area ridotta.

L'emissione laser si ottiene grazie al fatto che atomi di alcune sostanze (*emettitrici*), quando sono eccitati a un *livello energetico superiore* (mediante un sistema di *pompaggio*, che può essere la luce di una lampada o un led), tendono a riportarsi spontaneamente a un *livello energetico inferiore* più stabile, cedendo l'energia pari al salto energetico ΔE sotto forma di un'onda elettromagnetica.

Sostanze emettitrici

per applicazioni industriali:

- **allo stato solido:** YAG (*Yttrium Aluminium Garnet*);
- **a gas:** CO₂;
- **a eccimeri:** gas nobile (argon, kripton o xenon) e gas reattivo (fluoro o cloro)

laser YAG

- radiazione prossima all'infrarosso, con $\lambda = 10,6 \mu\text{m}$;
- mezzo attivo: cristalli di granato d'ittrio e alluminio, arricchiti con ioni Nd³⁺ (neodimio);
- eccitazione che avviene con lampade;
- rendimento: $\approx 3\%$;
- potenze: inferiori a 2 kW

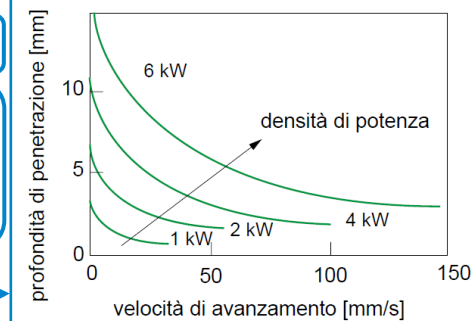
laser CO₂

- radiazione prossima all'infrarosso, con lunghezza d'onda $\lambda = 10,6 \mu\text{m}$;
- mezzo attivo: molecole di CO₂;
- eccitazione con scariche elettriche in gas;
- rendimento: $\approx 15\%$;
- potenza per lavorazione dei metalli: 500 W ÷ 5 kW

parametri della saldatura laser

densità di potenza (kW);
velocità di avanzamento (mm/s);
profondità di penetrazione (mm)

relazioni tra i parametri →

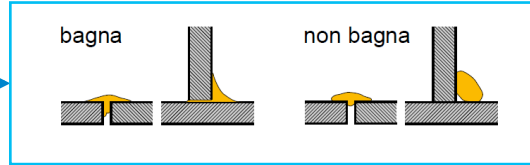


Saldobrasatura e brasatura

Sono saldature eterogenee in cui l'unione tra le parti è ottenuta con il solo metallo di apporto fuso tra i lembi dei pezzi da unire. I lembi dei pezzi da unire non vengono portati a fusione ma soltanto riscaldati.

Bagnatura

capacità del metallo di apporto fuso di aderire al metallo base e di infiltrarsi tra i lembi da unire



Temperatura di bagnatura

caratteristica propria dei materiali:
se non viene raggiunta, il materiale di apporto non bagna;
se si supera, il materiale base rifiuta quello di apporto

- acciaio: 800-950 °C;
- ghisa: 650-800 °C;
- rame: 850-950 °C

Saldobrasatura

procedimento simile a quello della saldatura autogena:
• stessa preparazione dei lembi;
• materiale di apporto: depositato per passate successive;
• fonte di calore: fiamma ossiacetilenica fornita da un cannello

si utilizza per

- ghisa;
- pezzi zincati

Brasatura

detta **brasatura capillare**, è diversa dalla saldobrasatura perché:
• lo spazio tra i lembi è di pochi centesimi di mm;
• la bagnatura dei lembi avviene per infiltrazione capillare

Brasatura dolce: metalli di apporto in leghe di piombo e stagno che fondono a temperature inferiori ai 400 °C

Brasatura forte: il metallo di apporto è costituito da leghe di diversa composizione e punto di fusione da 600 a 1100 °C

il calore è ottenuto da

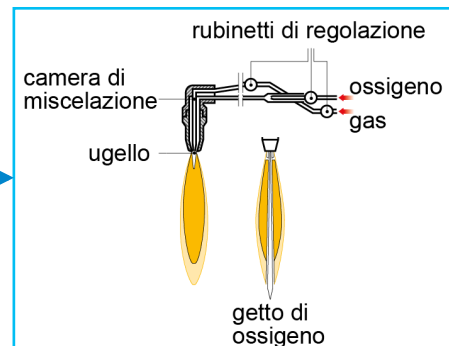
- cannello;
- forno

Ossitaglio

Processo di ossidazione utilizzato per separare parti metalliche. Si ottiene scaldando il metallo (≈ 1300 °C) e separandolo con un getto di ossigeno o con sabbie speciali in pressione.

L'ossitaglio è:

- agevole per lamiere di acciaio non legato con bassa percentuale di carbonio;
- difficile per ghise, cromo e acciai inossidabili;
- impossibile per alluminio, rame e le loro leghe, a causa della pellicola superficiale di ossido.



Prove e controlli nelle saldature

prima della saldatura

- verifica del rispetto delle indicazioni del disegno;
- preparazione ottimale dei lembi;
- controllo di attrezzature e macchine da utilizzare;
- disponibilità dei materiali necessari;
- funzionalità dispositivi di controllo e sicurezza

durante la saldatura

- intensità di corrente e tensione;
- velocità di avanzamento;
- posizione, tecnica esecutiva ecc.

dopo la saldatura

- prove e controlli del conseguimento delle caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche richieste;
- verifica della tenuta nelle condizioni di esercizio

distruttivi e semidistruttivi

- prove di frattura;
 - prove di durezza;
 - esami metallografici;
 - analisi chimica del giunto;
 - prove meccaniche;
 - prove di corrosione.
- Controlli semidistruttivi: su una parte del giunto*

Controlli non distruttivi

evidenziano i difetti di saldatura interni o affioranti in superficie, senza alterare le caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche della saldatura

Esame con liquidi penetranti



spargimento liquido colorato



lavaggio e asciugatura



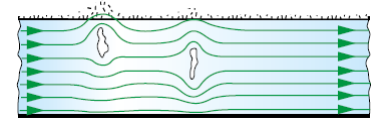
assorbimento polveri x discontinuità



macchie sulla polvere assorbente bianca

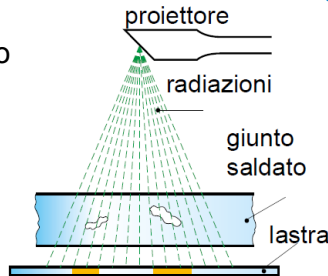
Esame magnetoscopico

utilizzabile per sostanze ferromagnetiche: le linee di forza del campo magnetico applicato vengono deviate nelle zone a diversa permeabilità



Esami radiografici

I raggi X o γ attraversano il giunto e vengono registrati dalla lastra fotografica. Le discontinuità modificano l'intensità dei raggi, che impressionano la lastra in zone più chiare o più scure.



Controllo con ultrasuoni

Si basa sul tempo impiegato dagli ultrasuoni (onde di pressione a frequenza $> 16\,000$ Hz) ad attraversare e venir riflessi in un giunto saldato. Lo schermo presenta un picco alla partenza dell'impulso e uno all'arrivo dell'eco. Una discontinuità modifica il tempo di percorso, producendo un terzo picco. La distanza dal picco iniziale è proporzionale alla profondità alla quale si trova la discontinuità.

