

## 1 Saldatura a caldo

L'espressione saldature a caldo definisce quelle tecniche di saldatura che richiedono temperature nella gamma usate per le lavorazioni a caldo dei metalli. Abbiamo visto che queste temperature sono di solito usate anche per le saldature per diffusione, per le quali però sarebbero sufficienti temperature oltre  $0,5 T_m$ .

2 In generale, il termine saldatura a caldo può essere usato per descrivere la saldatura tramite deformazione plastica nell'intervallo delle lavorazioni a caldo.

1. La saldoforgiatura si riferisce al più antico processo di saldatura industriale. Il legame è creato dalla sostanziale deformazione locale del giunto.

I pezzi caldi e preformati, di solito di ferro o acciaio, vengono forgiati insieme per provocare la fuoriuscita di ossidi, scorie e contaminanti e assicurare un legame interatomico.

La tecnica è stata utilizzata non solo per la giunzione (ad esempio, chiusura di maglie di catena) ma anche per la saldatura di tubi e per la realizzazione a strati di spade medievali e anche di oggetti molto grandi, quali ancore.

3 Un esempio di saldoforgiatura è mostrato nella figura a. La saldoforgiatura in cui le estremità dei pezzi sono pressate assialmente, cioè una saldatura di testa, è possibile, ma la qualità del giunto tende ad essere scadente.

2. In varianti più recenti del processo, il calore è fornito dal riscaldamento ad induzione per minimizzare l'ossidazione (figura b). E' sufficiente una deformazione molto minore, quindi la saldatura di testa è possibile.

3. Il calore può anche essere generato facendo passare una corrente attraverso le facce compresse (figura c).

La saldatura elettrica di testa è stata ampiamente sostituita dall'elettrocalatura.

4 La sequenza mostra una modalità alternativa di riscaldamento per eseguire saldature di testa a caldo. In questo caso il riscaldamento delle 2 teste avviene tramite combustione di acetilene.

5 4. La saldatura a rulli a caldo (la versione ad alta temperatura della saldatura a rulli a freddo) è stata ampiamente utilizzata per creare compositi a basso costo o ad alte prestazioni.

Si può combinare la resistenza alla corrosione di un rivestimento in alluminio puro con l'alta resistenza di un nucleo in alluminio indurito per precipitazione.

L'acciaio inossidabile riveste ferro dolce per la protezione da corrosione e leghe con diversa espansione termica sono legate per realizzare nastri bimetallici per termostati.

Il sandwich costituito da una piastra di base e da lamiere di copertura è chiuso e evacuato se si deve evitare l'ossidazione.

**6** Ora passiamo alle saldature ad attrito. Sono accomunate dal modo usato per riscaldare gli elementi da saldare.

**7** Il lavoro di attrito generato quando due corpi strisciano l'uno sull'altro viene trasformato in calore; quando la velocità di strisciamento è alta e il calore è contenuto in una zona stretta, si verifica una saldatura.

Nella saldatura ad attrito a movimento continuo, una parte è tenuta saldamente ferma mentre l'altra (solitamente di simmetria rotazionale) viene ruotata con l'applicazione simultanea della pressione assiale.

**8** La temperatura aumenta, i punti parzialmente saldati sono sottoposti ad azione di taglio, le pellicole superficiali si frantumano (fase 2 della figura a); la rotazione viene improvvisamente arrestata e viene applicata un'ulteriore forza di ricalcatura che provoca la saldatura su tutta l'interfaccia (fase 3).

Parte del metallo tenero viene spremuto per costituire bava, ma non è del tutto chiaro se effettivamente avvenga la fusion (fase 4).

La zona riscaldata è molto sottile, pertanto metalli dissimili vengono giuntati facilmente.

La figura b confronta la forma del colletto di bava nelle situazioni in cui la velocità di rotazione e/o la pressione siano scelte in modo errato e la situazione ottimale.

**9** Nella friction stir welding la rotazione viene impartita da un volano, la cui energia viene calcolata in modo che la saldatura sia completata quando la rotazione si ferma.

La friction stir welding è adatta per unire lamiere e piatti.

Un utensile in rotazione penetra nell'area di giunzione e, durante il suo percorso lungo il cordone, genera abbastanza calore per permettere al metallo di fluire per riempire il giunto. Credo che il grande interesse che anni fa ha suscitato questa tecnica di saldatura sia legata al fatto che l'utensile sembra una fresa e, in linea di principio, una fresatrice CNC potrebbe essere usata per saldare.