

## La brasatura dei carburi sinterizzati

I carburi sinterizzati, o leghe dure come più comunemente chiamati, sono entrati in tutti i rami dell'industria negli impieghi in cui è richiesta una forte resistenza all'usura ed una elevata rigidità.

Raramente però le parti di macchina, gli utensili, gli stampi, le matrici, le lame di guida, i nuclei per trafilatura ecc. vengono costruiti integralmente in lega dura, in primo luogo perché il costo di questo materiale è elevato, e poi perché la lega dura è poco lavorabile e quindi le forme sinterizzate devono avvicinarsi il più possibile alle forme finite.

La lavorazione della lega dura avviene quasi esclusivamente con mole in carburo di silicio e con mole diamantate e quindi di costo piuttosto elevato. Per questo motivo, nella quasi totalità dei casi si preferisce avere solo la parte attiva costituita da lega dura mentre la parte che serve da supporto sarà di altro materiale meno pregiato.

Fanno eccezione a questa regola gli utensili, o comunque le parti meccaniche, di piccole dimensioni, come per esempio le punte ad elica di piccolo diametro, oppure molti tipi di frese di piccole dimensioni.

I metodi di unione delle parti in lega dura con i supporti sono essenzialmente quattro, da scegliersi secondo le varie esigenze che si riscontrano in pratica.

- *Bloccaggio meccanico*
- *Brasatura*
- *Colata di metallo saldante*
- *Unione mediante calettamento con pressatura.*

Bisogna precisare subito che negli ultimi due decenni si è avuto uno straordinario sviluppo della tecnica del bloccaggio meccanico dell'inserto sui vari tipi di supporto.

Un tempo questo metodo era impiegato esclusivamente sugli utensili a punta singola per tornitura e sulle frese di un certo diametro.

Oggi si può dire che in ogni tipo di lavorazione si incontrano sofisticati sistemi di bloccaggio meccanico, compresi utensili per forare, filettare, troncatura e frese di piccolo diametro.

Ciò è stato possibile grazie sia al perfezionamento delle tecniche di sinterizzazione, che ora possono dare inserti molto precisi, sia all'avvento dei piccoli centri di lavoro a controllo numerico che sono in grado di generare le sedi degli inserti sul corpo con estrema precisione in tempi molto ridotti.

Detto questo si può capire quindi che l'utilizzazione degli altri metodi di fissaggio dell'inserto sul supporto hanno perso molta della sua primitiva importanza, e questo è tanto più vero nel caso della brasatura, di cui ci occuperemo in questo articolo.

Tuttavia esistono ancora molti settori in cui questa tecnica deve essere necessariamente usata e come esempio si possono citare i casi di punte ad elica di diametro superiore a 10 mm, dove la parte attiva è brasata su un codolo di acciaio; sempre nel campo della foratura esiste l'enorme settore delle punte per forare il cemento, in cui due piccoli inserti sono brasati sullo stelo; e poi le lame di guida usate nei vari settori e utensili a profilo costante con profili di una certa complessità.

In conclusione il metodo di brasatura è ancora usato anche se ci sono pochi che lo mettono in pratica in proprio, esso è demandato ai costruttori di utensili che conoscono bene la questa tecnica.

Le analisi che seguono quindi non hanno lo scopo di divulgare questa pratica, ma di informare gli utilizzatori di materiale brasato delle difficoltà che sono presenti in questo processo e di mettere in grado gli utilizzatori stessi di capire perché una placchetta si è rotta o si è staccata dal supporto a causa di un difetto della brasatura.

### La brasatura

Per brasatura in generale si intende un processo di saldatura forte avente lo scopo di unire due pezzi metallici con l'interposizione di un materiale saldante tra le due superfici da unire, materiale che fonde con il riscaldamento delle superfici stesse.

Per ottenere un'unione perfetta tra la lega dura e lo stelo è necessario conoscere a fondo i fenomeni che si verificano durante la brasatura in modo da poter porre rimedio agli elementi negativi fin dalla fase di progetto dell'utensile stesso.

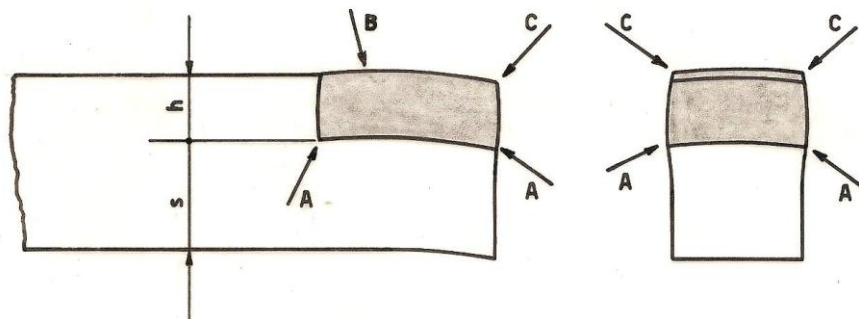
Gli inconvenienti maggiori sono provocati senza dubbio dalla differenza tra i coefficienti di dilatazione termica della lega dura e dell'acciaio costituente il supporto.

Questa differenza fa sì che i ritiri dei due materiali siano molto diversi nella fase di raffreddamento.

Per fare un esempio si considerino due barrette, una di acciaio e una di lega dura, della lunghezza di 100 mm alla temperatura di 1000 °C. Dopo il raffreddamento alla temperatura ambiente la barretta di acciaio risulterà di circa 0,8 mm più corta della barretta in lega dura.

Si pensi ora a quali sollecitazioni sarebbero sottoposte le due barrette se esse fossero saldate rigidamente lungo le superfici lunghe. Certamente esse si deformerebbero secondo le rispettive possibilità nello stesso modo in cui si deformano le lamine bimetalliche sottoposte ad un aumento di temperatura.

Le sollecitazioni cui è sottoposta la placchetta in lega dura unita allo stelo e sottoposta a forte raffreddamento sono essenzialmente a trazione e a compressione, così come indicato schematicamente in figura N°1.



**Figura N°1-** *Schema delle sollecitazioni su una placchetta brasata*  
A)- *Zone di massima sollecitazione a compressione*  
B)- *Zone di massima sollecitazione a trazione*  
C)- *Zone praticamente non sollecitate.*

Poichè nelle zone A e B le sollecitazioni sono massime, qui inizieranno eventuali fessurazioni o rotture, come poi in pratica talvolta succede.

E' intuibile che la distribuzione ed il valore delle sollecitazioni dipendono dalla forma degli elementi brasati, dalla temperatura di solidificazione e di irrigidimento della lega saldante, dalla differenza di coefficiente di dilatazione termica tra lega dura ed acciaio e delle caratteristiche elastiche e di resistenza dei due elementi uniti.

Sulla faccia superiore della placchetta la tensione specifica ( $N/mm^2$ ) sarà massima quando il rapporto tra lo spessore dello stelo sottostante alla placchetta  $s$  e lo spessore della placchetta  $h$  è compreso tra i valori di 0,5 e 1.

All'aumentare di questo rapporto la tensione specifica si riduce rapidamente fino ad annullarsi quando il rapporto è prossimo a 3. Questo è quindi il rapporto ideale per il dimensionamento delle parti.

Ad un ulteriore aumento del rapporto  $s/h$ , la sollecitazione nella superficie superiore della placchetta si trasforma in compressione.

Le sollecitazioni a compressione nelle zone A aumentano con l'aumentare dello spessore totale ( $s + h$ ) perché aumentando la resistenza alla flessione viene ostacolato l'equilibrio delle forze attraverso una deformazione. Sono inoltre maggiori per spessori della placchetta minori e viceversa..

Lo strato di lega saldante è soggetto ad un sistema di forze che possono essere riportate ad una sollecitazione a taglio. Tali forze sono concentrate nei punti in cui la placchetta preme maggiormente, cioè nelle zone A. La lega saldante però non può assorbire sollecitazioni superiori al valore della sua resistenza al taglio e se le forze sono superiori a

quelle assorbibili dalla lega si deformerà offrendo una maggiore superficie per l'assorbimento delle forze.

Ne consegue che la zona di placchetta sollecitata a compressione sarà più estesa con una minore pressione. In questo caso si ridurrà anche la forza di trazione sulla superficie superiore della placchetta.

Da tutto ciò si può facilmente dedurre che tutte le tensioni di brasatura possono essere ridotte impiegando leghe saldanti con bassa temperatura di consolidamento e bassa resistenza al taglio nonché proporzionando opportunamente la placchetta ed il supporto.

Il altre parole si può riassumere dicendo che la placchetta in lega dura viene fortemente sollecitata solo quando durante il raffreddamento lo strato di lega saldante raggiunge una resistenza capace di ostacolare le differenze di contrazione della lega dura e dell'acciaio.

La scelta della lega saldante è quindi un elemento essenziale ai fini di una corretta brasatura.

### Scelta della lega per brasatura

Nella tabella N°1 sono indicate le composizioni chimiche e le principali caratteristiche di alcune leghe di saldatura.

Tipo di lega saldante		Rame Nichel	Rame Nichel Manganese	Rame elettrolitico	LMS63	LAg27	LAg45	Saldatura dolce
Composizione chimica (%)	Cu	75	80	100	63	39	16	--
	Ni	25	10	--	--	6	2	--
	Ag	--	--	--	--	27	45	10
	Mn	--	10	--	--	8	--	--
	Cd	--	--	--	--	--	20	60
	Zn	--	--	--	35	20	17	30
	Si	--	--	--	0,2-0,4	--	--	--
Temperatura di lavoro °C		1250	1200	1120	1000	820	620	400
Resistenza al Taglio N/mm <sup>2</sup>		230 - 280	200 - 250	200 - 220	160-200	250-300	170-220	50 - 100
Resistenza a Trazione N/mm <sup>2</sup>		480	390	200	400	580	500	190

Da quanto si è detto risulta che agli effetti delle tensioni sulla placchetta il punto di fusione della lega saldante ha importanza minore della resistenza al taglio della lega stessa.

Infatti le leghe a base di argento hanno una temperatura di fusione bassa ma una resistenza al taglio superiore alle leghe a base di rame, per cui queste ultime, nonostante l'alta temperatura di fusione si ottengono delle sollecitazioni minori sulla placchetta. Questo è tanto vero che con le saldature effettuate con rame elettrolitico si hanno poche fessurazioni sulla placchetta.

Il compito di contenere le sollecitazioni, cioè di ridurre la resistenza al taglio dello strato saldante, può essere assunto da una sottile lamina o reticella di rame interposta tra due strati di lega saldante a base di argento.

La temperatura di lavoro sarà quella di fusione della lega saldante, cioè molto bassa, con il vantaggio però di avere un efficace cuscinetto che allevia le pressioni e le tensioni. Da notare che lo strato intermedio di rame non deve fondere. Sono in commercio lamine di lega saldante a più strati appositamente preparate per questo tipo di saldatura.

Lo spessore delle lamine non deve essere né troppo piccolo né troppo grande, infatti nel primo caso la poca lega presente tra placchetta e stelo non può deformarsi tanto da compensare le tensioni e può inoltre lacerarsi dando luogo a zone non saldate. Se lo strato invece ha uno spessore troppo grande viene impedita quasi sempre una perfetta distribuzione della lega tra placchetta e supporto provocando inconvenienti in sede di impiego per effetto del non omogeneo assorbimento delle forze di taglio.

Lo spessore della lamina deve essere compreso tra 0,3 e 0,5 mm.

Oltre all'influenza sulle tensioni della placchetta è necessario considerare, nella scelta della lega saldante, anche il campo di impiego a cui gli utensili sono destinati.

La capacità di unire saldamente due superfici cresce in genere con l'aumentare della temperatura di fusione. Cresce anche la resistenza alle alte temperature d'impiego e la resistenza alla compressione.

Le leghe a base di rame, con temperatura di fusione superiori a 1000 °C sono perciò indicate quando l'utensile deve lavorare a temperature elevate, cioè con forti avanzamenti ed alte velocità di taglio. Non sarebbe conveniente in questi casi usare leghe con punto di fusione intorno ai 600 °C perché esisterebbe il pericolo che il calore renda pastosa la lega, anche solo in qualche zona, con conseguente rottura della placchetta.

Se si vuole adoperare una lega a basso punto di fusione è necessario adottare altri accorgimenti per limitare l'effetto della grande quantità di calore generato.

Si ottengono buoni risultati adottando placchette in lega dura più spesse con la base maggiore saldata in posizione verticale, aumentando la sezione dello stelo, provvedendo ad una refrigerazione interna allo stelo in prossimità del giunto.

La saldatura con leghe a base di argento ad alto punto di fusione offrono un ancoraggio più intimo della placchetta grazie al loro contenuto di Nichel e Manganese, hanno però una resistenza al taglio più elevata che genera frequenti fessurazioni sulla placchetta.

Le leghe a base di argento con basso punto di fusione sono indicate per leghe dure molto sensibili alle tensioni. Usate in unione a lamine di rame vengono impiegate anche per la saldatura di placchette di grandi dimensioni su supporti suscettibili di deformazioni, come ad esempio le lame guida per rettifiche senza centri.

Le leghe a basso punto di fusione sono preferite quando si debba saldare con il cannello o con impianti ad induzione. Si ottengono saldature più veloci con minor dispendio di energia.

#### Elementi vari da considerare nella brasatura

Si sono analizzati finora due elementi che influenzano le caratteristiche della brasatura: la lega saldante e il rapporto tra lo spessore dello stelo e lo spessore della placchetta. Le considerazioni però non si fermano a questi due elementi; altri fattori importanti da tener presenti sono:

- *Forma del supporto*
- *Tipo di acciaio del supporto*
- *Forma della sede in cui si inserisce la placchetta*
- *Tipo di lega dura da saldare*
- *Profilo e dimensioni della placchetta.*

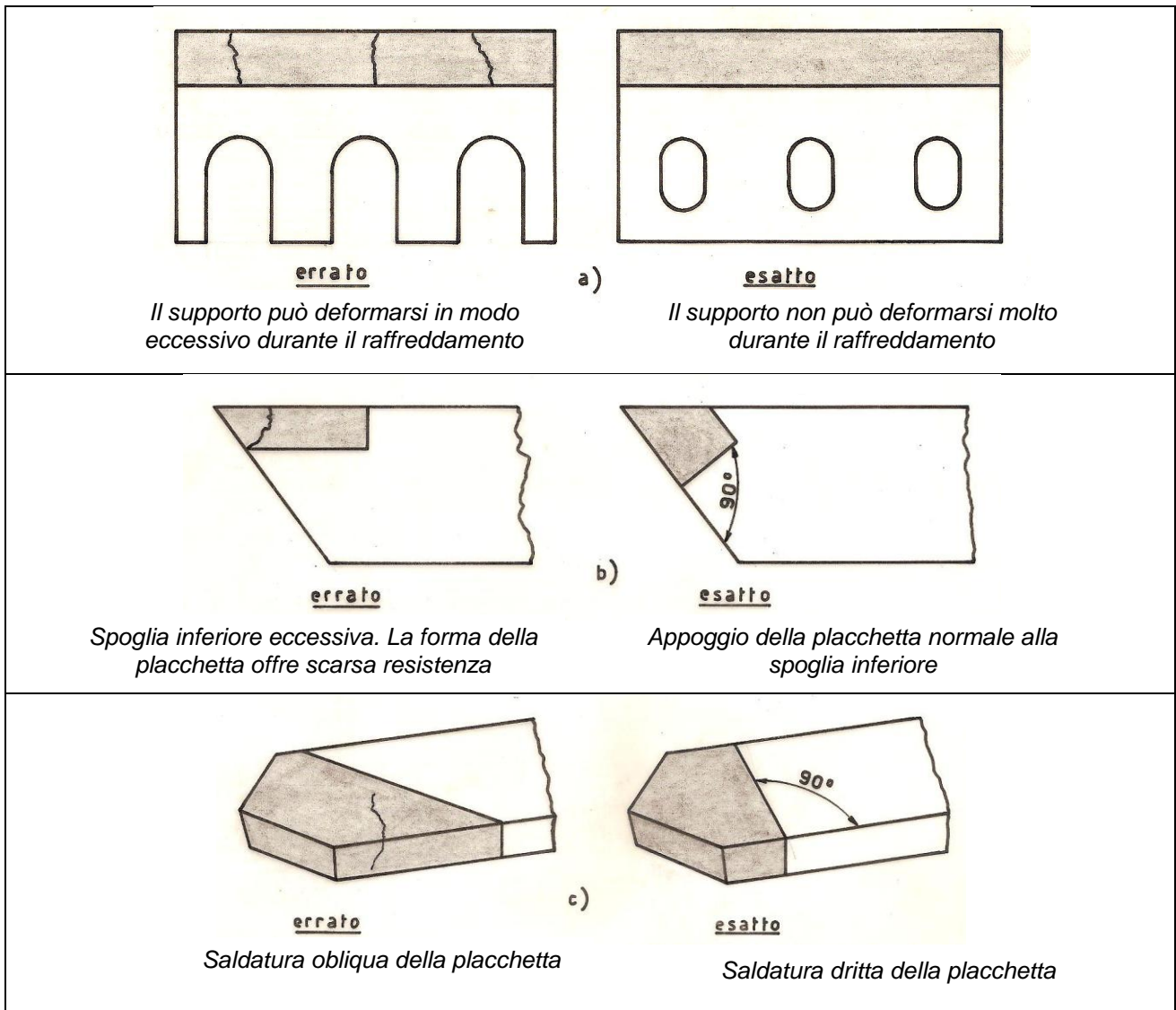
La forma del supporto è importante per quanto riguarda la sua possibilità di deformazione in relazione alla lega dura.

Nella figura N°2 sono schematizzati alcuni esempi in cui si vede con quale criterio deve essere progettato correttamente l'elemento per non aumentare la possibilità di fessurazioni.

Se si devono saldare lunghe placchette in supporti facilmente deformabili e la deformabilità non può essere evitata in altro modo, si possono scegliere, quando la resistenza del supporto ha poca importanza, acciai che hanno un coefficiente di dilatazione termica quasi uguale a quello della lega dura.

Questi acciai, denominati "invar" e "convar" hanno un tenore di nichel compreso tra il 36 e il 50% e il coefficiente di dilatazione termica è quasi uguale a quello delle leghe dure fino ad una temperatura di circa 450 °C. Si possono così impiegare con pochi inconvenienti le leghe saldanti con punto di fusione fino a 600 °C.

Acciai con alto tenore di cromo e manganese rendono difficoltoso l'ancoraggio della lega saldante sull'acciaio.



**Figura N°2**

E' importante considerare lo spessore dello stelo a utensile finito in modo da essere sicuri che la placchetta abbia un supporto sufficientemente resistente da non ceder sotto gli sforzi di taglio. Se si è vincolati ad uno spessore esiguo, si dovranno scegliere acciai con più elevata resistenza, oppure acciai contenente qualche elemento di lega tale da consentire un automatico processo di bonifica durante la fase di raffreddamento dopo la brasatura.

La brasatura su acciai temprati dà molto spesso risultati negativi. Per gli steli di utensili comuni si impiegano acciai al carbonio con lo 0,50 – 0,70 % di C.

La forma della sede su cui si inserisce la placchetta deve essere studiata con cura perché bisogna giungere ad un compromesso tra due esigenze in un certo senso opposte. La prima è quella di rendere il più possibile rigida la placchetta con lo stelo offrendo più superfici di appoggio che assorbano le forze di taglio, la seconda è quella che deriva dalla corretta norma di brasatura che dice di offrire la minor superficie di appoggio tra placchetta e stelo in modo da ridurre le tensioni.

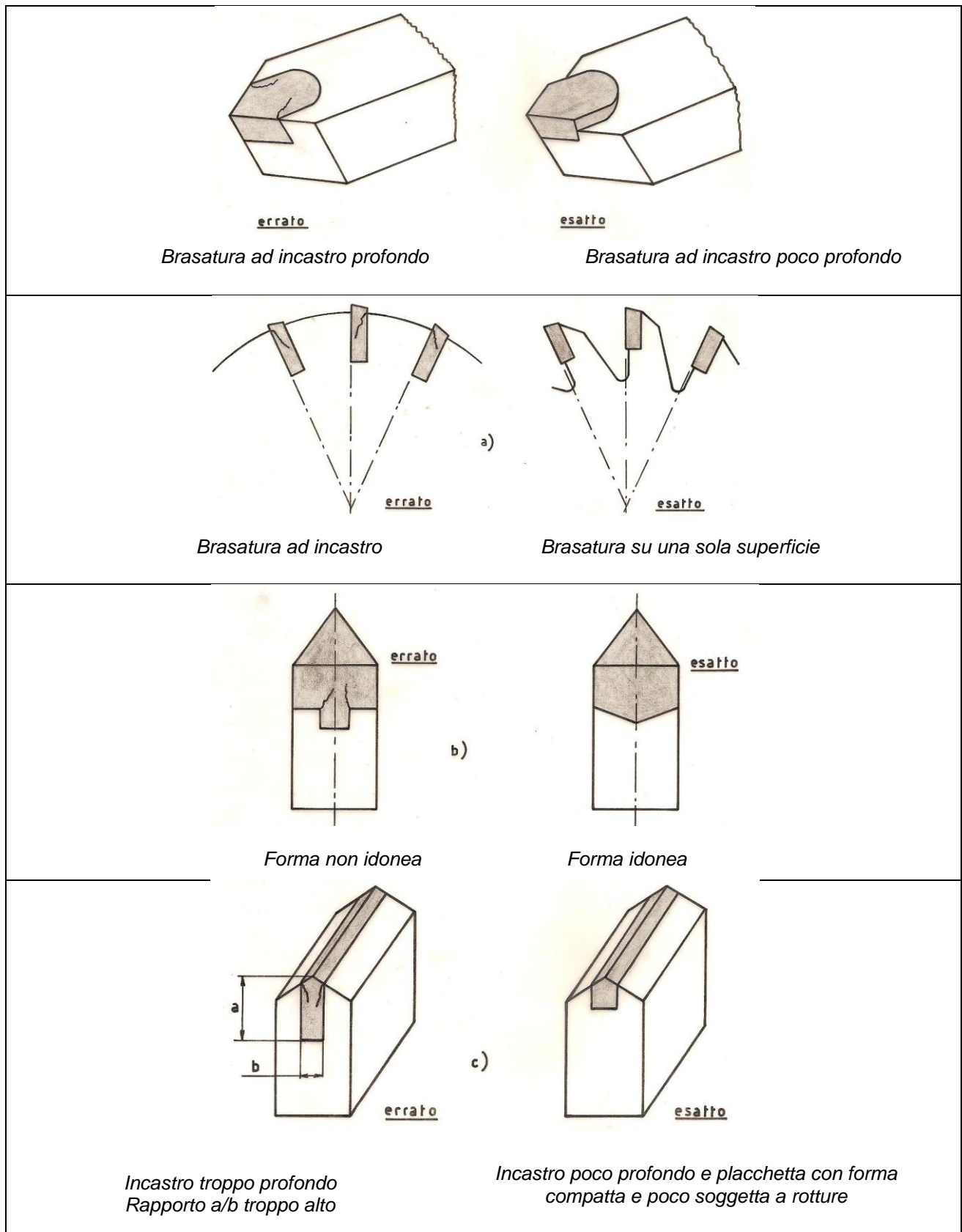
Per quanto possibile la placchetta dovrebbe essere unita allo stelo solamente lungo una superficie. Purtroppo questa condizione non è sempre rispettabile perché in molti casi non verrebbe smaltito velocemente il calore durante la lavorazione e perché le forze di taglio potrebbero staccare la placchetta.

Si tenga però presente che la saldatura della placchetta su più facce, o peggio della placchetta incastrata nella sede, è pericolosa perché le tensioni che si generano su ogni singola superficie di appoggio si sovrappongono dando luogo a punte di tensione che possono provocare delle fessurazioni.

Si consideri inoltre che una placchetta bloccata in più punti non può deformarsi e quindi non esiste la possibilità di scarico delle tensioni.

Tutto ciò ha però un'importanza relativa nel caso di leghe dure molto tenaci, come per esempio quelle di grado P40 e P50.

Nella figura N°3 sono indicati alcuni esempi di brasature di questo tipo.



**Figura N°3**

Il tipo di lega dura della placchetta influisce in modo determinante sulla buona riuscita della brasatura.

La lega dura, secondo le varie gradazioni è più o meno sensibile alle tensioni di brasatura. La sensibilità cresce nell'ordine seguente: K40 – K30 – P50 – P40 – K20 – M20 – P30 – P20 – M10 – P10 – K10 – K05 – K01 – P05 – P01; per cui mentre nelle qualità P01 e K01 si possono verificare delle fessurazioni anche dopo aver preso molte precauzioni, nelle qualità K40 e P50 non si verificheranno fessurazioni nemmeno nelle condizioni più sfavorevoli.

Oltre a ciò è necessario considerare la più o meno grande attitudine della lega dura ad unirsi saldamente alla lega saldante. Si realizza un legame tanto più intimo tra lega dura e lega saldante quanto maggiore è la percentuale di cobalto presente nella lega dura.

Nei gradi P50 – K30 e K40 praticamente non esistono difficoltà di questo genere; se però si vogliono saldare leghe dure contenenti alte percentuali di TiC o altri carburi come nei gradi P01 e P05, è necessario ramare preventivamente la placchetta altrimenti l'ancoraggio risulterebbe precario. Le placchette di questi tipi, destinate alla brasatura vengono già fornite ramate dal costruttore.

Per quanto riguarda il profilo e le dimensioni della placchetta è necessario fare le seguenti considerazioni:

- Maggiore è l'area della placchetta, maggiori sono le possibilità di fessurazioni.
- Maggiore è il rapporto tra larghezza (o lunghezza) e spessore, maggiori sono le possibilità di fessurazioni.
- Lungo il profilo non si devono avere dei punti rientranti che riducono la sezione resistente della placchetta. In questi punti molto facilmente la placchetta cederà. Se non si può modificare la sagoma della placchetta, essa dovrà essere preventivamente tagliata nella zona in cui si prevede la rottura.
- Brasare interponendo una lamina di rame nei casi seguenti:
  - Placchetta in P10 con larghezza superiore a 13 mm
  - Placchette in P20 – P30 – K20 con larghezza superiore a 19 mm.
  - Placchette con spessore superiore a 7 mm
  - Placchette in P01 – K01 – K05 con qualsiasi dimensione e forma
  - Profili complessi della placchetta
  - Limitato spessore dello stelo.

Nella figura N°4 sono schematizzati alcuni esempi di forme facilmente fessurabili se non si attuano le precauzioni sopra elencate.

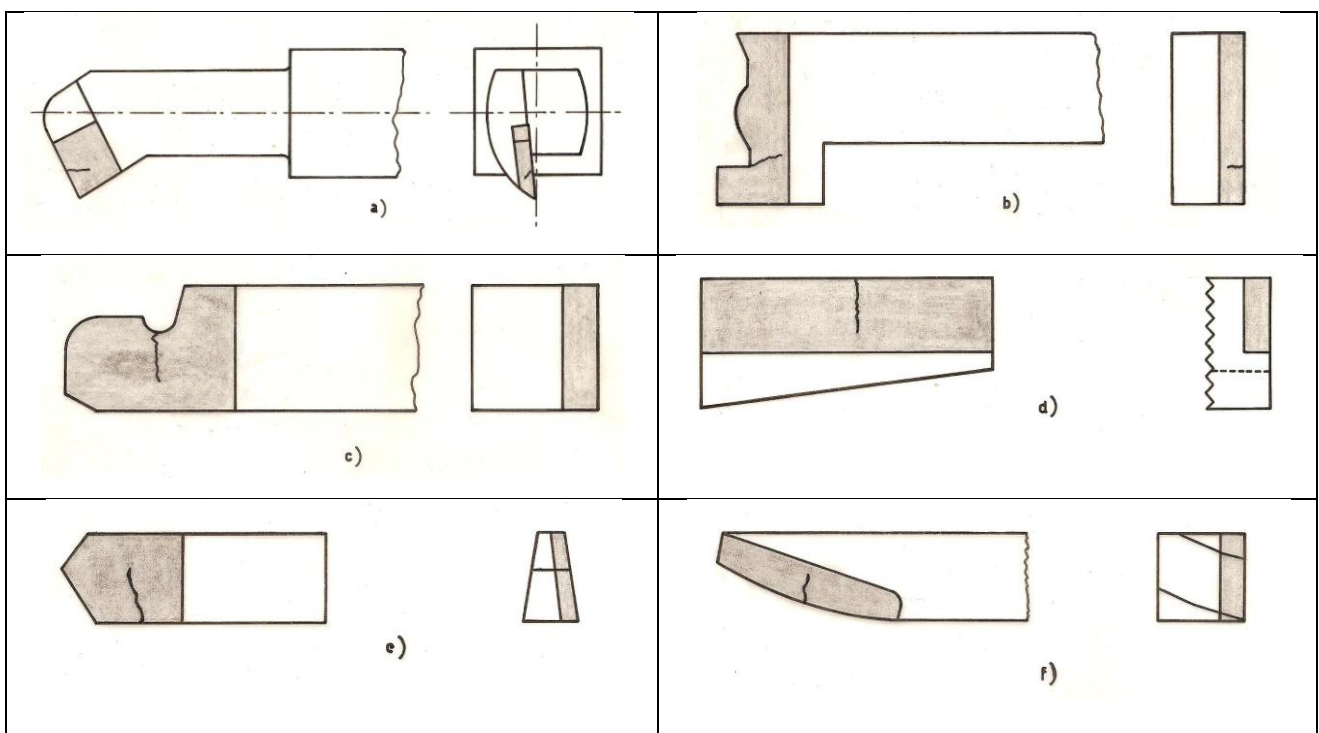


Figura N°4

### Disossidanti e gas protettivi

E' noto che più si aumenta la temperatura più facilmente l'ossigeno dell'aria forma degli ossidi con i metalli.

Questi ossidi si formano anche a temperatura ambiente sulla placchetta e sulla sede; se così avviene è necessario ripulire le parti da saldare da questi piccoli strati di ossidi che potrebbero compromettere il perfetto ancoraggio delle superfici.

L'ossidazione ad alta temperatura della lega saldante durante la saldatura, impedisce la scorrevolezza della lega e quindi i vari punti del giunto non vengono riempiti uniformemente.

La mancanza di scorrevolezza deriva dal fatto che la pellicola di ossido che riveste la lamina, quando questa fonde, si contrae formando delle sferette di lega. Per evitare questo grave inconveniente è necessario proteggere le parti con disossidanti o con gas protettivo.

I disossidanti, detti anche fondenti, sono costituiti da acidi che raggiunta una certa temperatura sviluppano una nube di gas inerte che impedisce all'ossigeno di venire in contatto con le superfici riscaldate. Oltre a questa azione protettiva il fondente scioglie ed assorbe tutti gli ossidi presenti sulle superfici da unire.

Esistono diversi tipi di disossidante per basse temperature che agiscono entro un intervallo preciso di temperatura; per temperature superiori a 750°C si usa il borace.

Lo stesso risultato si ottiene saldando in atmosfera controllata formata di gas inerte quali idrogeno, ammoniaca dissociata, ecc. ed evidentemente questo procedimento è usato solo per produzioni di serie.