

Fusione in cera persa

La microfusione prevede la formatura mediante modelli in materiale facilmente fusibile (cera o resine termoplastiche) che viene liquefatto ed eliminato. Questa tecnica, a causa della perdita del modello per liquefazione, viene anche detto fusione a cera persa.

I calchi possono essere fatti dello stesso modello di cera (metodo diretto) o di una copia in cera di un modello che non deve essere di cera (metodo indiretto).

Mediante microfusione si ottengono industrialmente getti anche complessi, con alto grado di finitura e precisione (tolleranza di qualche centesimo di mm).

In genere i getti hanno dimensioni ridotte, lo svantaggio di questa tecnica consiste nel dover preparare un modello per ogni copia del getto.

I materiali possono essere sia ad alto che a basso punto di fusione; ma questo processo è particolarmente adatto, sia in termini economici che tecnici, per leghe ad alto punto di fusione. È generalmente più costoso per unità di pressocolata o colate in sabbia, ma ha bassi costi di attrezzaggio.

Si parte con la creazione degli stampi in metallo che devono essere estremamente precisi ed avere un'ottima finitura superficiale.

Si inietta poi all'interno dello stampo la cera liquida che, una volta raffreddata, viene estratta dallo stampo sotto forma di modello in cera. Per aumentare la produzione si possono raggruppare più modelli in cera (anche centinaia) in modo da formare dei grappoli: ogni modellino è collegato con asticcioline di cera ai canali di colata e all'esterno per lo sfogo dell'aria.

Si passa poi a ricoprire i modelli in cera con uno stampo ceramico refrattario che viene prodotto in tre fasi: rivestimento, stuccatura e indurimento. Il primo passo prevede l'immersione del modello in un impasto di materiale refrattario fine, il modello viene poi lasciato riposare per eliminare gli eccessi lasciando così una superficie fine. Per il primo rivestimento vengono utilizzati materiali pregiati per dare una finitura superficiale liscia e riprodurre i dettagli. La seconda fase della stuccatura prevede l'uso di particelle ceramica grossolane, possono essere necessari numerosi strati, a seconda delle caratteristiche del pezzo.

Il modello viene quindi messo ad asciugare completamente anche per 16-48 ore.

L'essiccazione può essere migliorata mediante la riduzione al minimo dell'impatto ambientale di umidità.

Il modello viene capovolto e posto in un forno per fondere e/o vaporizzare la cera.

La cera ha un coefficiente di dilatazione termica molto maggiore del rivestimento che la circonda, quindi una volta surriscaldata induce forti sollecitazioni che potrebbero danneggiare il rivestimento.

Per ridurre queste sollecitazioni la cera viene riscaldata il più rapidamente possibile in modo che la cera direttamente a contatto con il rivestimento fonda subito permettendo a quella rimanente di espandersi e poi fondere. La cera che esce dallo stampo viene solitamente recuperata e riutilizzata.

Lo stampo viene riscaldato tra 870°C e 1095°C per rimuovere l'umidità e i residui di cera. A volte questo riscaldamento è utilizzato anche come pre-riscaldamento, ma altre volte lo stampo viene lasciato raffreddare in modo che possa essere testato. Se vengono rilevate crepe possono essere riparate con impasto ceramico o cementi speciali. Lo stampo viene pre-riscaldato per permettere al metallo di rimanere liquido più a lungo in modo riempire tutti i dettagli ed aumentare la precisione dimensionale.

Lo stampo è quindi con la bocca verso l'alto in una vasca riempita di sabbia. Il metallo fuso può essere versato per gravità, ma se ci sono sezioni sottili nello stampo può essere versato per pressione o fusione centrifuga.

Il guscio ceramico viene martellato o sciolto chimicamente per liberare la fusione all'interno. I residui della colata vengono tagliati e riciclati. I pezzi legati insieme dalla fusione a grappolo vengono poi liberati uno ad uno.

Una volta che tutti i pezzi sono stati puliti e liberati si può passare ad eventuali lavorazioni successive e trattamenti superficiali.

I pezzi finiti possono subire un'ulteriore lavorazione da parte delle macchine CNC: macchine di larga diffusione utilizzate un po' in tutti i rami della [meccanica](#). Le macchine a CNC più comuni sono [presse](#) piegatrici, punzonatrici, [torni](#), [fresatrici](#), saldatrici e macchine di taglio lamiera (laser, ossitaglio, plasma, a getto d'acqua, ecc.). Esse rappresentano l'evoluzione delle macchine CN, perché permettono il [controllo numerico](#) diretto da un computer esterno (CNC).

La maggior parte dei centri di lavoro controllati da computer sono dotati di movimento verticale del [mandrino](#) in grado di realizzare incisioni, sculture e lavorazioni di grandissima precisione. Le macchine CNC più avanzate sono dotate di testate orientabili (assi inclinabili) in grado di ruotare giroscopicamente lungo due assi. Questo consente di inclinare l'utensile rispetto a tutti i piani di lavoro rendendo possibile la realizzazione di figure molto complesse anche con forme di tipo organico e difficilmente ottenibili persino con una lavorazione manuale. Caratteristica principale di queste macchine è il numero di [gradi di libertà](#) disponibili, detti assi della macchina.

Dopo le lavorazioni meccaniche si passa ad eventuali trattamenti termici quali:

Normalizzazione: un [trattamento termico](#) che consiste nel riscaldamento del materiale ad una temperatura poco superiore a quella di [austenizzazione](#) ($Ac_3 + 50-70\text{ °C}$), nella permanenza per 15 minuti circa a questa temperatura tale da raggiungere l'equilibrio microstrutturale e nel raffreddamento in aria calma. L'obiettivo principale è affinare la grana cristallina dell'acciaio, uniformare la microstruttura e attenuare l'estensione di bande stratificate di fasi differenti.

Solubilizzazione: il [trattamento termico](#) riservato agli [acciai austenitici](#) ([acciaio inossidabile](#) e duplex). Tale trattamento termico consiste in una fase di riscaldamento e mantenimento a temperatura elevata (tra i 1050 °C e i 1.200 °C , ma più frequentemente tra i 1050 °C e i 1100 °C) seguita da un rapido raffreddamento con [acqua](#) o [gas](#), volto ad impedire la precipitazione di [carburi](#) di [cromo](#), che avrebbero altrimenti il tempo di formarsi in caso di un raffreddamento più lento. I carburi di cromo sono tipicamente responsabili della [corrosione intercristallina](#).

Distensione: un [trattamento termico](#) che consiste nel riscaldamento e nella permanenza a [temperature](#) inferiori ad Ac_1 ed in un raffreddamento lento. Lo scopo della distensione è quello di ridurre le [tensioni](#) interne senza alterare significativamente la [durezza](#).

Tempra: il [trattamento](#) in generale consiste nel brusco raffreddamento di un materiale dopo averlo portato a temperatura di austenizzazione. L'elevata velocità di raffreddamento inibisce l'azione diffusiva atta al ripristino dell'equilibrio e il numero di [vacanze](#) (e quindi di cluster, cioè raggruppamenti di difetti puntuali) che compete alla temperatura di tempra è conservato a temperatura ambiente. Un monocristallo così trattato ha [resistenza meccanica](#) maggiore rispetto al monocristallo raffreddato lentamente.

Rinvenimento: un trattamento termico di un [metallo](#) eseguito al fine di ridurre gli effetti negativi della [tempra](#) sul materiale, nel caso questo presenti eccessiva durezza e quindi fragilità.

Dunque dopo una tempra segue un rinvenimento: questo duplice processo prende il nome di bonifica. Nel rinvenimento si riscalda a temperatura $T < Ac_1$ sufficiente a ripristinare la diffusività di

un elemento presente in minore quantità nel metallo, in modo che tale elemento possa separarsi dalla matrice in forma finemente dispersa.

Bonifica: Con il termine bonifica si intende un insieme di **trattamenti termici** che si effettuano a particolari tipi di acciai e che consiste in una **tempra** seguita da un **rinvenimento**.

Ricottura: un **trattamento termico** che consiste nel riscaldamento ad una temperatura solitamente inferiore a quella di fusione, seguito dalla permanenza di durata opportuna e da un lento raffreddamento solitamente in forno. Deve conseguire uno o più dei seguenti obiettivi:

- equilibrio chimico: riduzione della **segregazione** minore;
- equilibrio strutturale: trasformazione delle fasi metastabili;
- equilibrio meccanico: riduzione delle tensioni residue interne, **incrudimento** compreso.

Dopo i trattamenti termici si passa ad eventuali trattamenti superficiali quali:

Lucidatura a specchio: la superfinitura, o appunto lucidatura a specchio, ha lo scopo di ridurre il grado di rugosità della superficie, permettendo di ottenere la specularità su cilindri calandra.

Elettrolucidatura: o lucidatura elettrochimica è un trattamento che permette di asportare selettivamente il metallo base mediante dissoluzione anodica, sfruttando il passaggio di una corrente indotta all'interno di una sistema elettrochimico.

SIMERTEC