

RIFUSIONE SOTTO ELETTROSCORIA (ESR) e FUSIONE IN VUOTO (VAR)

La rifusione sotto elettroscoria (ESR) rappresenta una tecnica metallurgica sofisticata per raffinare leghe e acciai speciali ad alte prestazioni. Questo metodo è fondamentale in ambiti critici come l'aerospazio, l'energia e il settore medicale, dove serve elevare pulizia, uniformità e caratteristiche meccaniche dei materiali per rispettare norme stringenti.

Descrizione del processo ESR

Nel procedimento ESR, un elettrodo consumabile si fonde e solidifica passando attraverso scorie liquide, all'interno di un contenitore in rame raffreddato ad acqua per una cristallizzazione graduale del lingotto finale. Le principali tappe comprendono:

- **Preparazione** dell'elettrodo, spesso derivato da un lingotto iniziale della stessa lega, inserito nell'impianto.
- **Fusione** tramite corrente elettrica che scalda le scorie per resistenza, liquefacendo la punta dell'elettrodo.
- **Raffinazione**, con gocce metalliche che filtrano nelle scorie, eliminando impurità e particelle non metalliche.
- **Solidificazione** del metallo purificato in fondo allo stampo, ottenendo una struttura cristallina fine e coerente.

Benefici principali

- **Maggiore purezza**, grazie alle scorie che intrappolano contaminanti e inclusioni.
- **Uniformità composizionale e microstrutturale** superiore, minimizzando segregazioni.
- **Miglioramento delle performance** meccaniche, inclusa tenacità, plasticità e resistenza a fatica.
- **Riduzione drastica di anomalie** come vuoti o segregazioni macroscopiche, per affidabilità totale.

Settori di impiego

- **Aerospaziale**: pale turbine, parti motore e strutture che esigono estrema robustezza.
- **Energia**: elementi per turbine a gas, reattori nucleari in ambienti estremi.
- **Medico**: protesi e impianti biocompatibili con eccellenti proprietà.
- **Utensileria**: acciai per stampi, matrici e lame ad alta usura

ESR nelle superleghe

La rifusione sotto elettroscoria è particolarmente indicata per superleghe avanzate come GH4169 (Inconel 718), largamente impiegate in ambienti estremi ad alta temperatura, pressione e sollecitazione meccanica, come motori aeronautici o componenti di turbogas. Queste leghe, caratterizzate da composizioni complesse con elementi come nichel, cromo, molibdeno e niobio, richiedono un controllo preciso della microstruttura per massimizzare resistenza alla creep, alla corrosione e alla fatica termica. L'ESR ottimizza tali materiali riducendo segregazioni dendritiche, inclusioni ossidiche e variazioni composizionali, permettendo una distribuzione uniforme delle fasi precipitate (come gamma doppia e carburi) che potenziano le prestazioni in servizio. Questo processo è spesso integrato in catene produttive multistadio per raggiungere livelli di qualità superiori rispetto alla sola fusione primaria, rendendo le superleghe ideali per applicazioni critiche dove anche minimi difetti possono compromettere sicurezza e durata.

Differenze tra ESR e VAR

ESR e VAR sono due processi di rifusione secondaria complementari: VAR opera in vuoto per minimizzare gas, ideale per purezza chimica estrema; ESR usa scorie liquide in atmosfera inerte per filtrare inclusioni e uniformare la struttura.

Confronto ESR vs VAR

	VAR (rifusione ad arco in vuoto)	ESR (rifusione sotto elettroscoria)
Ambiente	Vuoto per minimizzare gas e ossidi	Inerte o atmosferico con scorie raffinatrici
Fusione	Arco elettrico diretto	Riscaldamento resistivo delle scorie
Applicazioni	Basso tenore gassoso e uniformità chimica	Rimozione inclusioni e microstruttura omogenea