

DIECI DOMANDE SCOTTANTI DI METALLURGIA ORAFA!

Una classifica delle richieste più comuni di metallurgia da parte dei nostri clienti

Andrea Friso, Legor Group S.p.A.

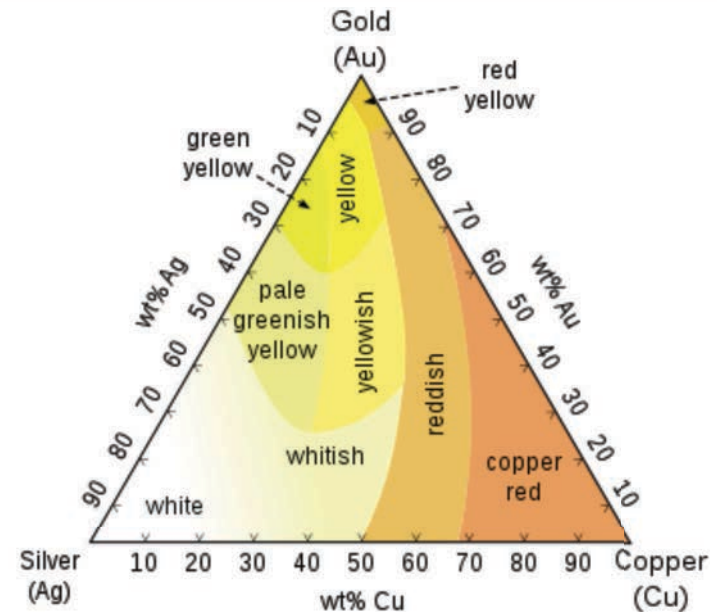
Decima classificata

A cosa serve l'argento nell'oro?

Ovvero: Perché mi fate pagare così tanto la lega?

A cosa serve l'argento nell'oro?

Nell'oro giallo:



Perfettamente miscibile, non cala, altamente deformabile....

Altissima luminosità, intensifica la tonalità del colore

Riferimenti internazionali basati su formule ternarie Au-Ag-Cu

Termoinduribilità nel 585‰

A cosa serve l'argento nell'oro?

Nell'oro bianco:

Miglioramento della fluidità nel bianco a base nichel in tutte le carature

Protezione delle pietre grazie a una diminuzione della contrazione durante il raffreddamento

A cosa serve l'argento nell'oro?

Alternative economiche:

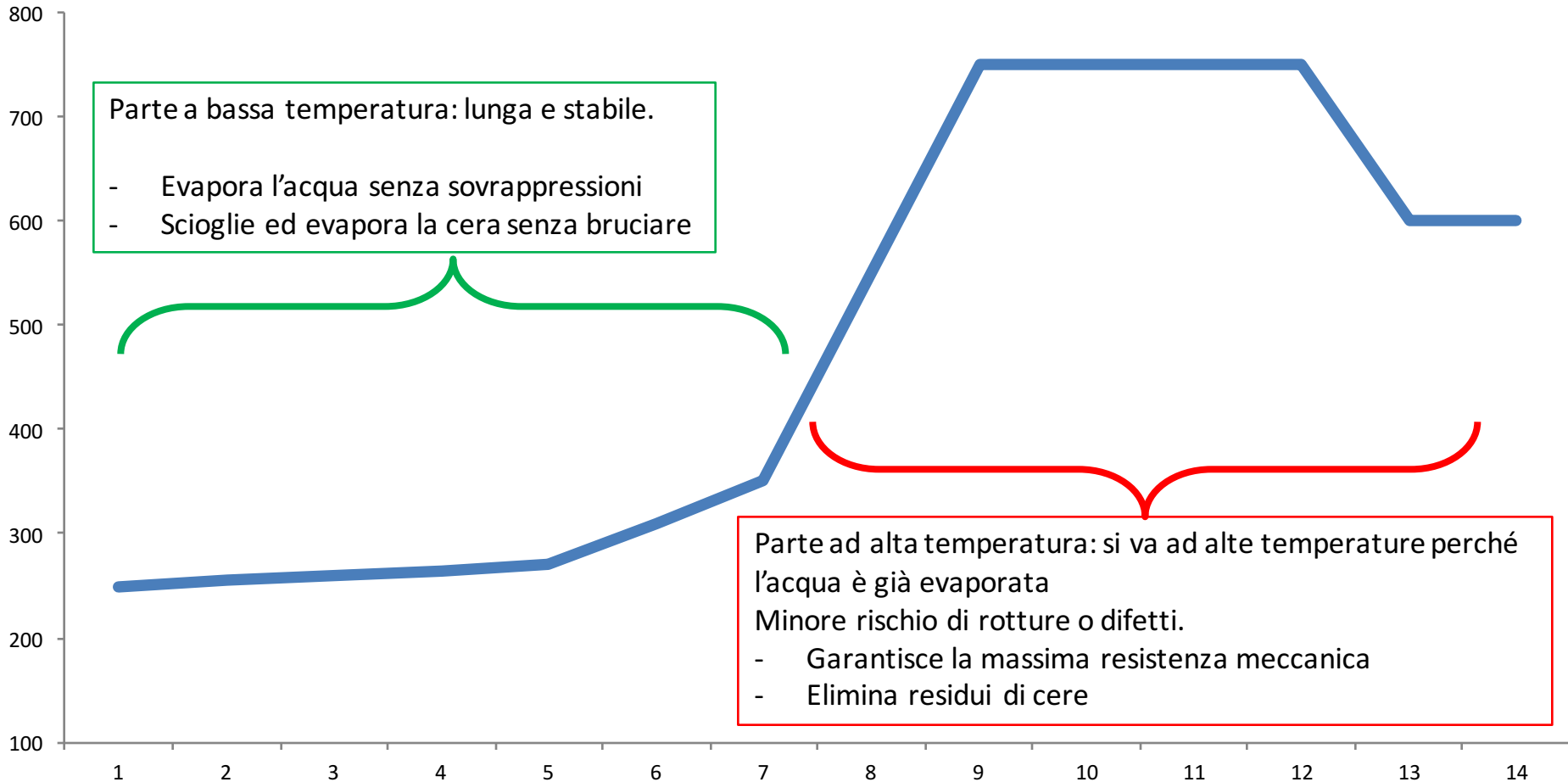
Zinco, con limitazioni sulle colorazioni, calo, resistenza chimica

Gallio, Indio, stagno adatti solo in piccole quantità

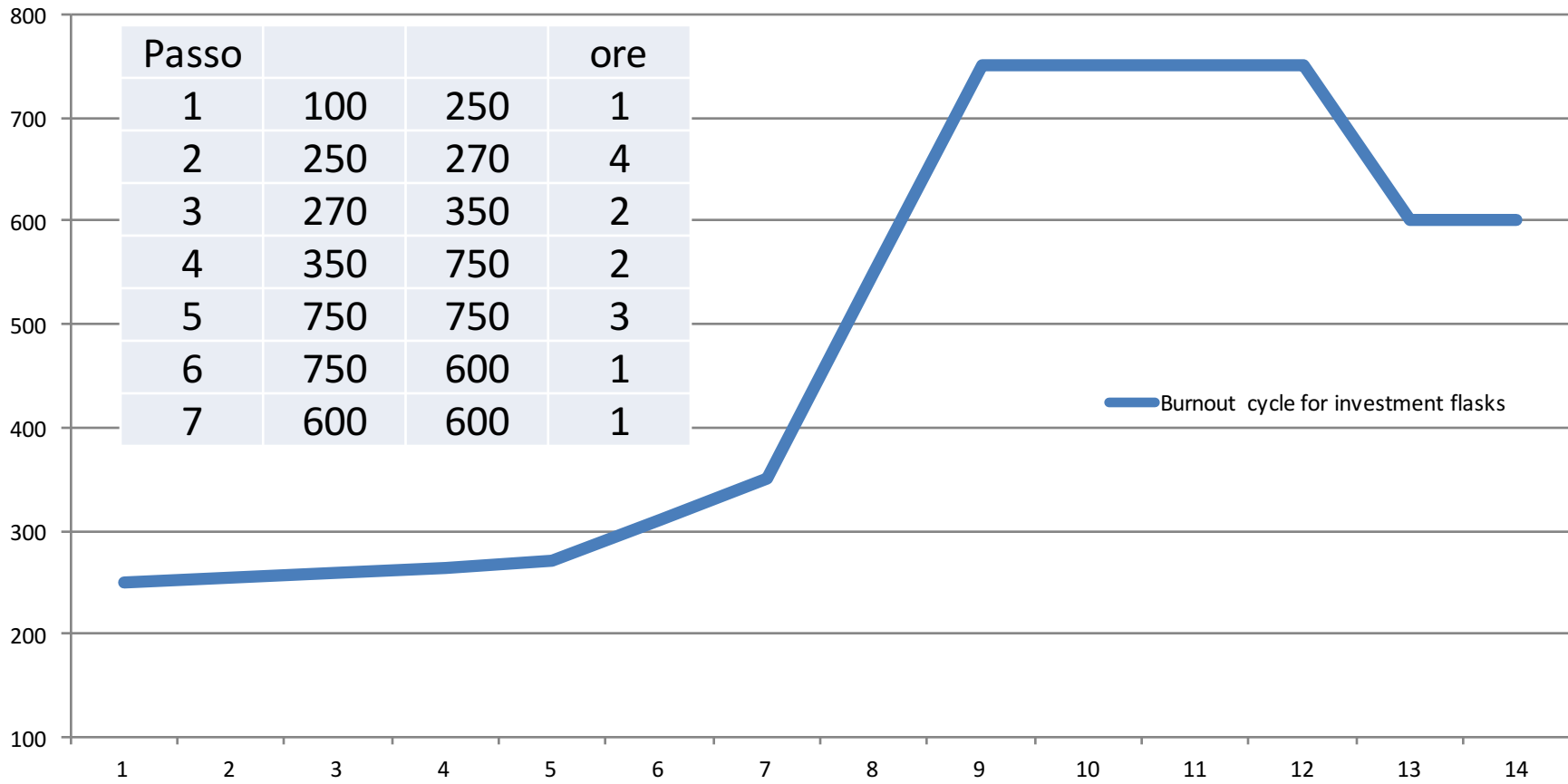
Nona classificata

Che ciclo di cottura gessi usare e perché?

Che ciclo di cottura gessi usare e perché?



Che ciclo di cottura gessi usare e perché?



Ottimizzare il ciclo di preparazione

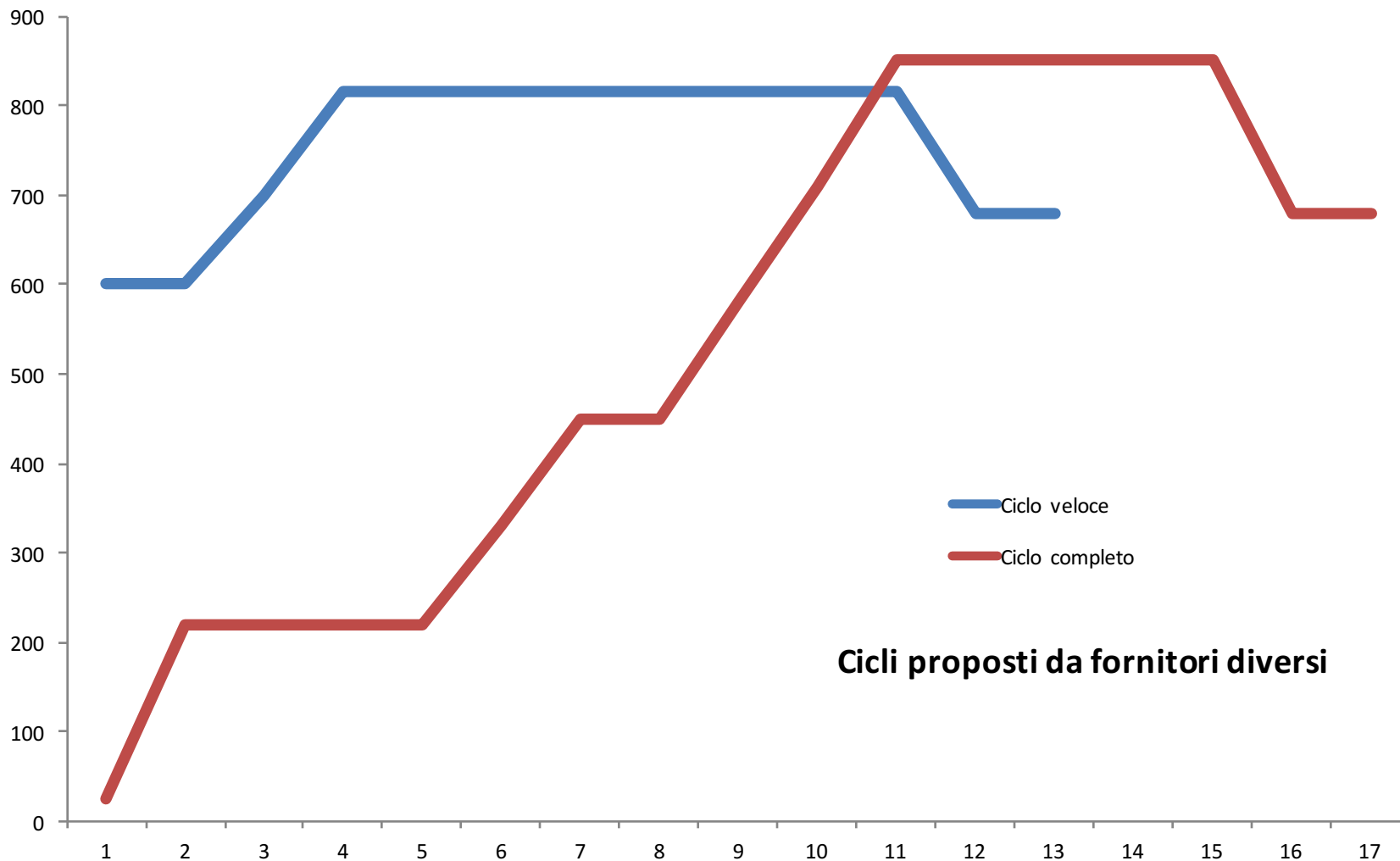
Va utilizzato prima della data di scadenza!

Rimiscelabile per ottimizzare l'omogeneità dei componenti

Rapporto acqua/gesso ottimale: 36 – 40%

- Cambia il tempo di presa
- Dipende dalla temperatura dell'ambiente di lavoro
- Ha effetto sulla resistenza meccanica del gesso

E per le resine? Che ciclo?



Cicli proposti da fornitori diversi

E per le resine? Che ciclo?

Consigli:

Forno con ottima ventilazione interna
(oppure aprire la porta del forno!)

Girare i cilindri

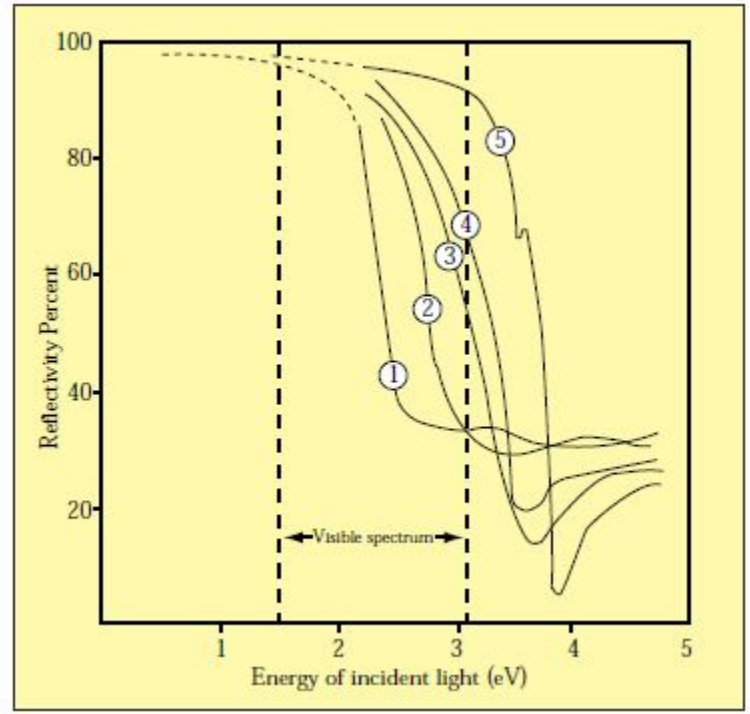
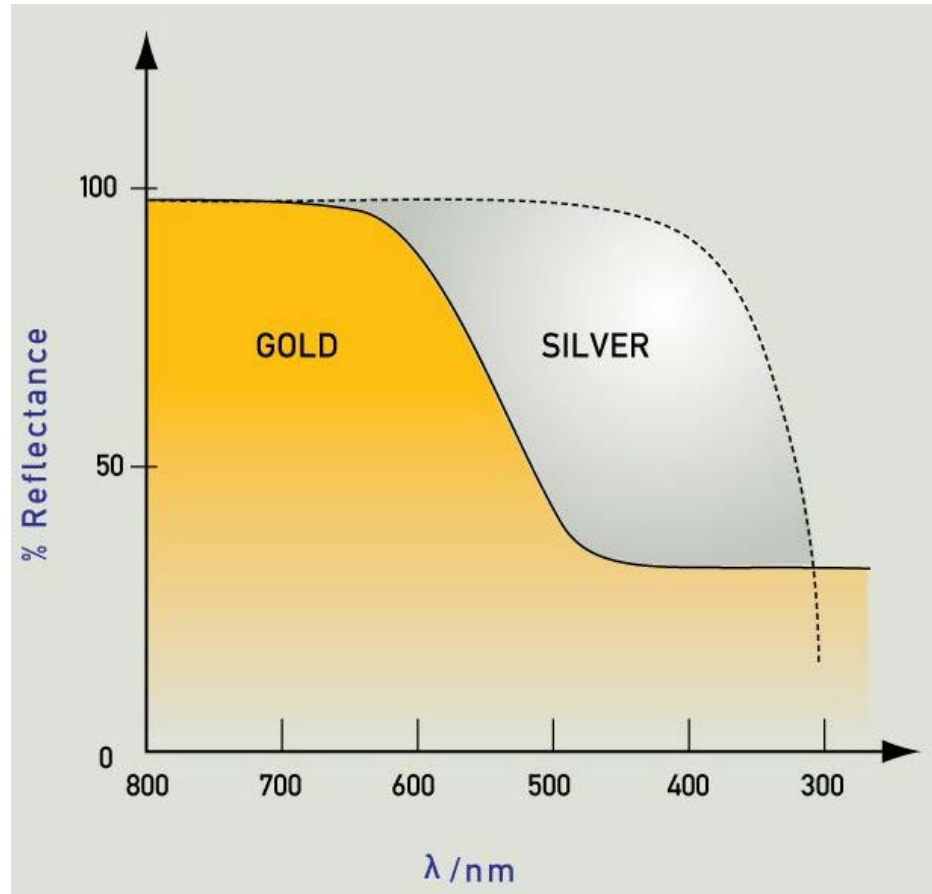
Aria compressa sui cilindri (attenzione alle rotture!)

Fase importante: cura delle resine

Ottava classificata

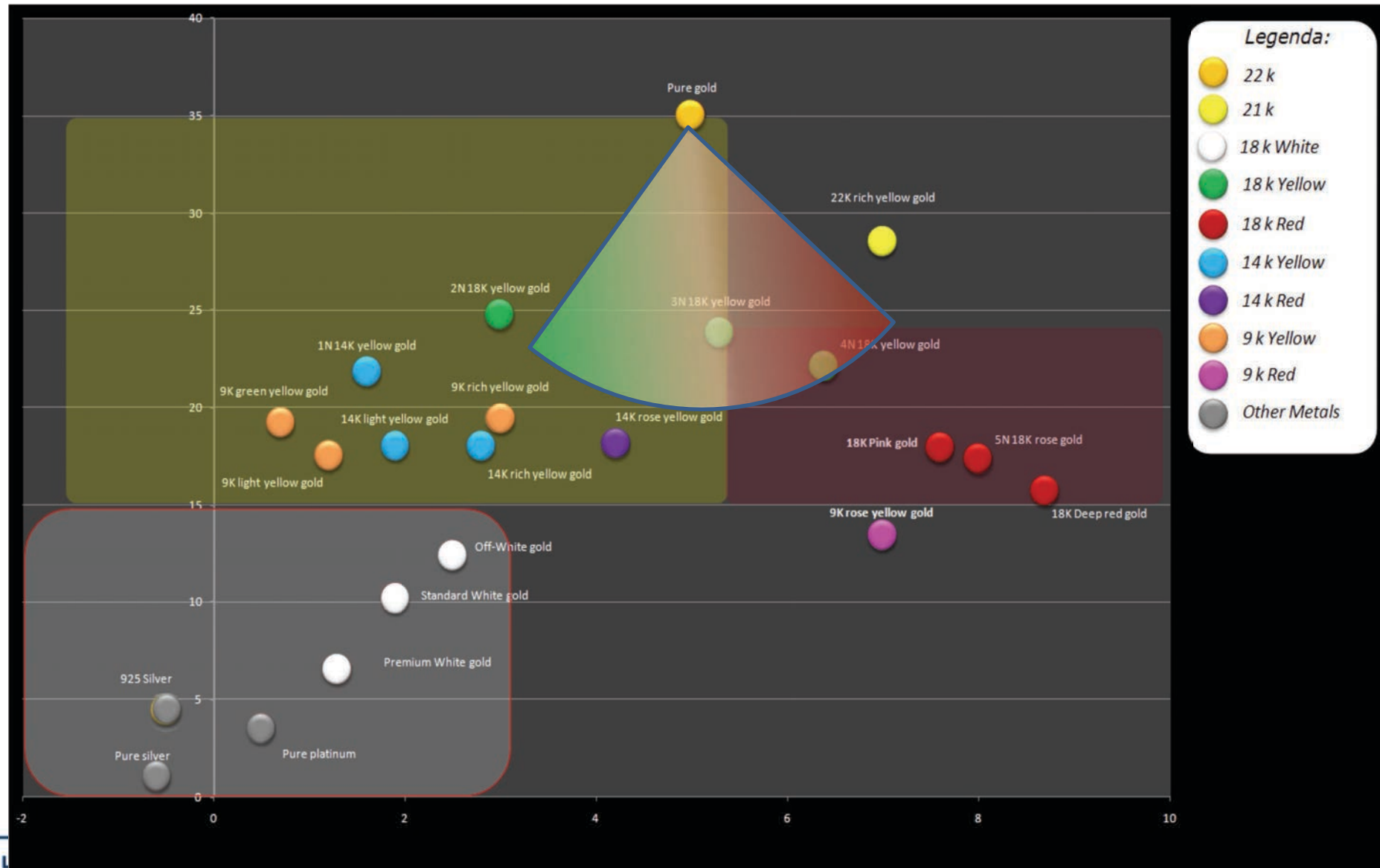
Ce l'avete una lega a titolo 375 con il colore 24K?

Riflettività



- 1 – Oro puro
- 2 – Lega 50% Au – 50% Ag (At.)
- 3 – Lega 90% Ag – 10% Au (At.)
- 4 – Lega 95% Ag – 5% Au (At.)
- 5 – Argento puro

Distanza dal colore puro



Alternative possibili:

Pigmenti: no!

Trattamenti galvanici

Trattamenti chimici che modificano la composizione superficiale



Nuove tecnologie...

Trattamenti superficiali per modificare il colore superficiale mediante l'uso di nanoparticelle

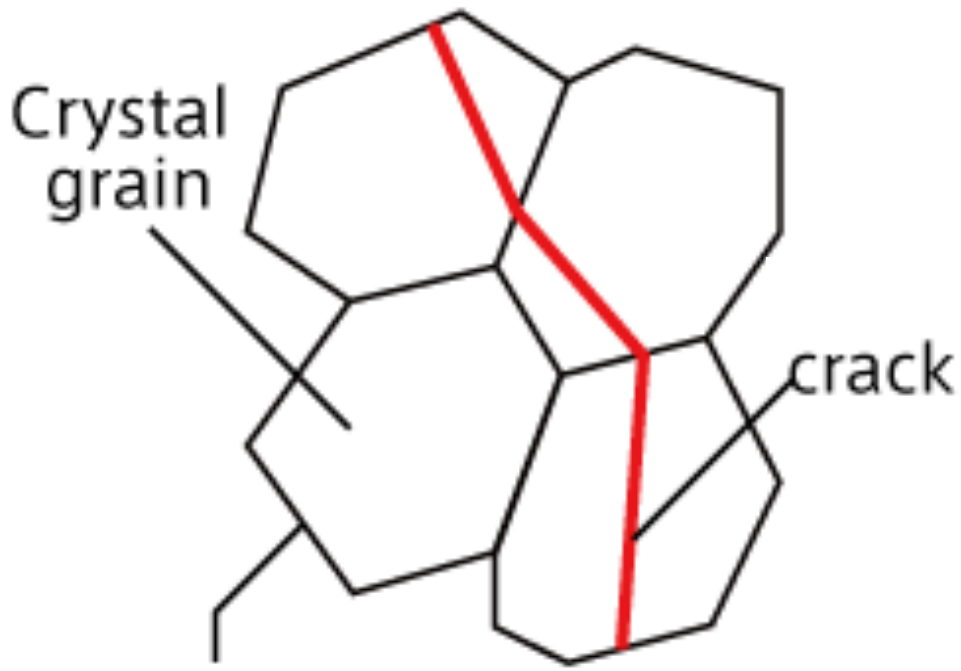
Dichiarato adatto per titoli da 585 a 917



Settimana classificata

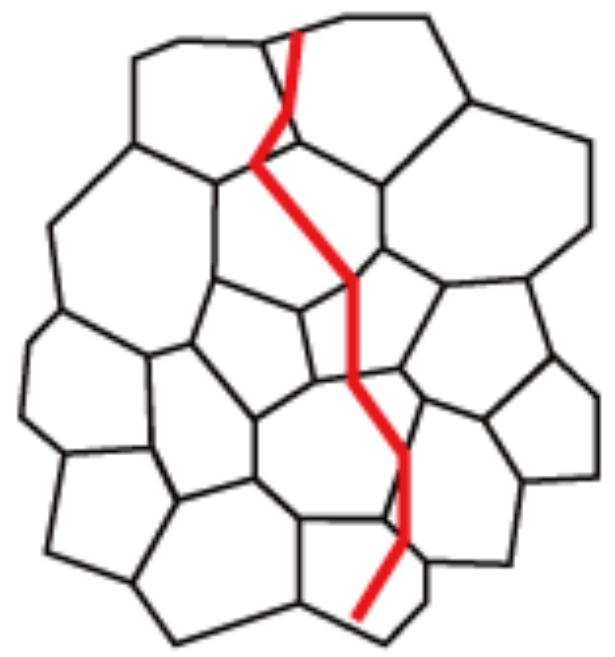
Perché si è rotto tutto?

《 Coarse crystal grains 》



Crystal grain boundary
= Crack development barrier

《 Fine crystal grains 》

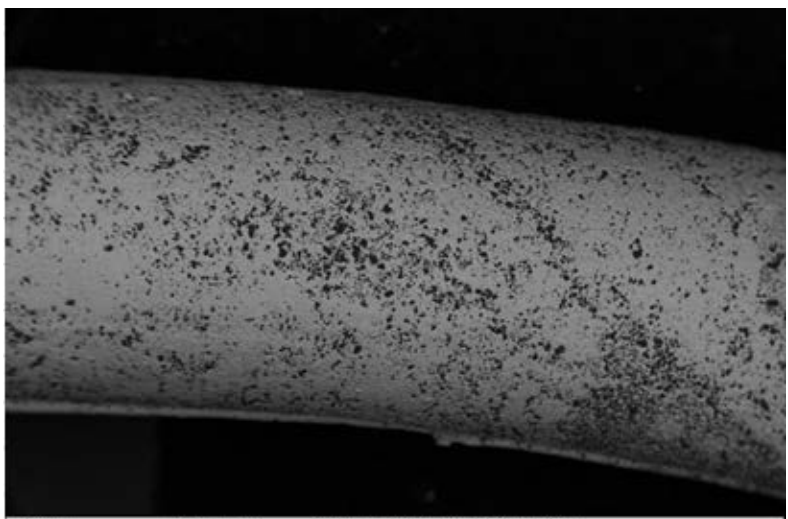
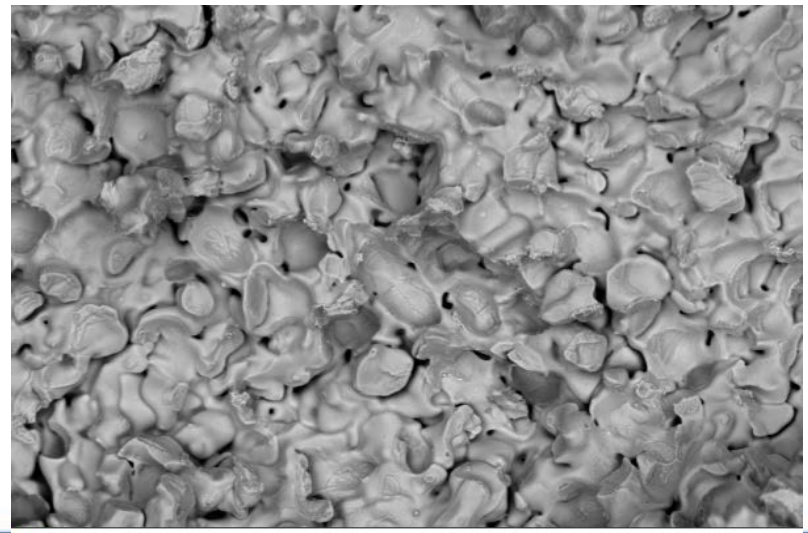


Crack development
is restrained

Perché si rompono i pezzi?

Temperature di processo troppo alte:

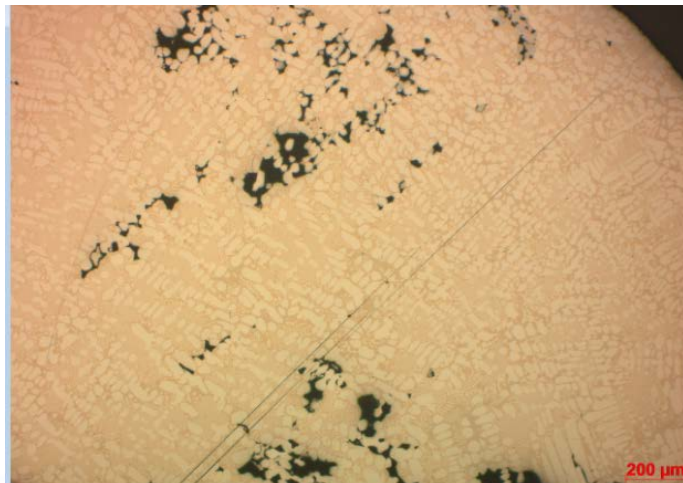
- Surriscaldamento eccessivo (sia da metallo che da gesso) promuove ingrossamento del grano
- Ossidazioni in lega, lasciando, anche sul fronte di solidificazione, sostanze indesiderate



Perché si rompono i pezzi?

Temperature di processo troppo basse

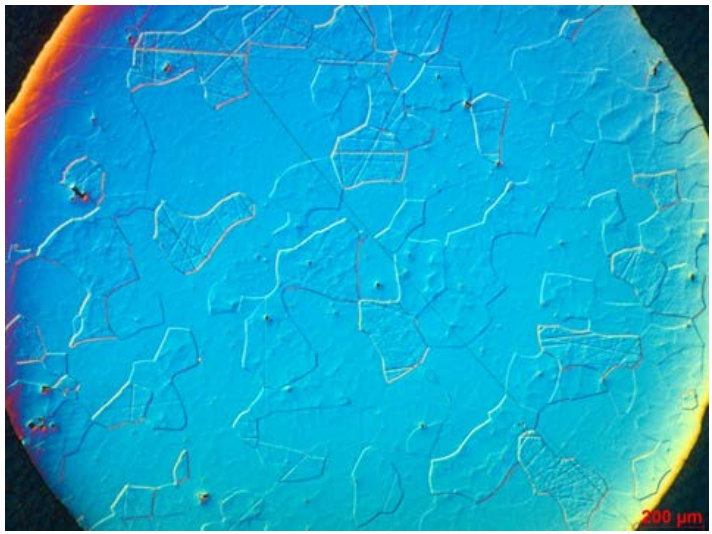
- Si possono creare vuoti, porosità interne
- Se l'oggetto non è completo è meno resistente meccanicamente



Perché si rompono i pezzi?

Va bilanciata la necessità di riempimento con quella di non «bruciare» la lega

Questo va anche a beneficio del riutilizzo



Perché si rompono i pezzi?!

Tempi di processo sbagliati:

Raffreddamento troppo ritardato

E.g.: 3 ore prima della tempra del pezzo
(→ ingrossamento del grano!)

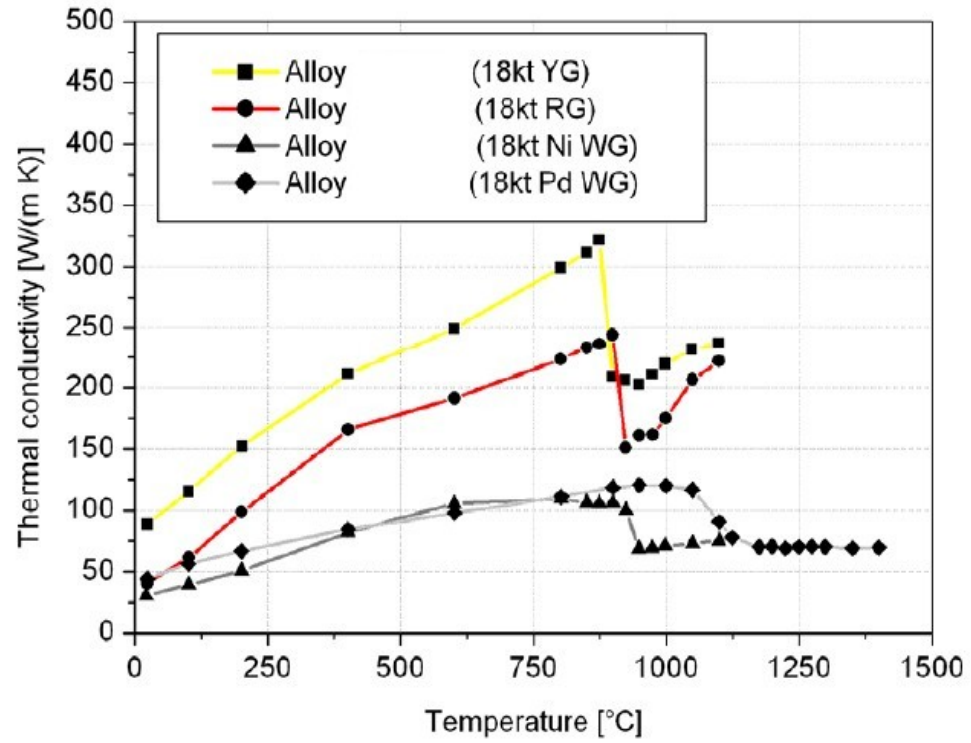


Perché si rompono i pezzi?!

Raffreddamento troppo veloce

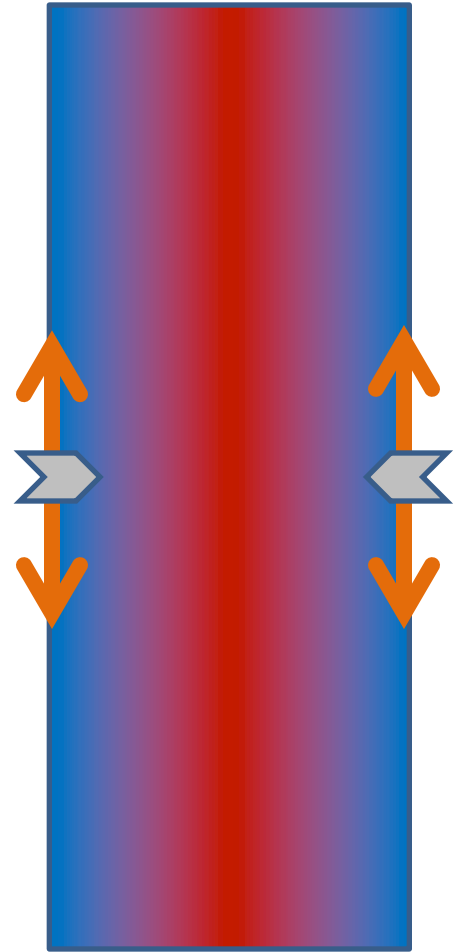
Eccessivo stress sui pezzi:

durezza + bassa conducibilità termica (leghe a base nichel)



Stress durante il raffreddamento

Gradiente termico eccessivo,
tale da generare uno **stress fra pelle**
(già fredda, volume specifico basso)
e cuore (ancora caldo, elevato
volume specifico)



Sesta classificata

Come migliorare la microfusione con pietre?

Problemi comuni

Rottura delle pietre

Viraggio, cambio colore

Pietre che cadono dall'alberino



Fondamentali:

Griffe di dimensioni e tolleranze adeguate

Montaggio ben eseguito

Pietre di qualità costante



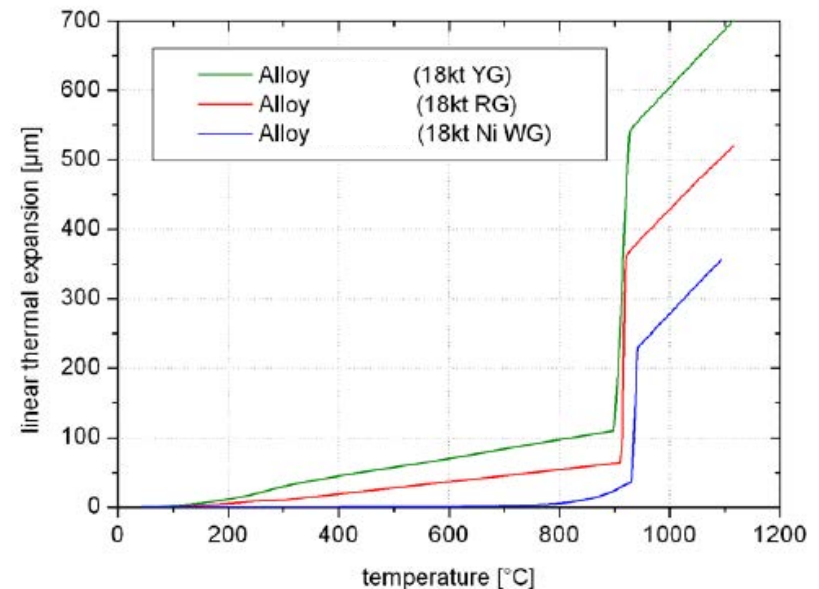
Considerazioni sulla lega

Espansione termica varia in funzione della composizione:

Rapporto argento/rame (oro giallo):

Più argento vuol dire:

- Maggiore ritiro
- Più forza applicata sulla pietra



Se perdo le pietre, scelgo una lega con più argento

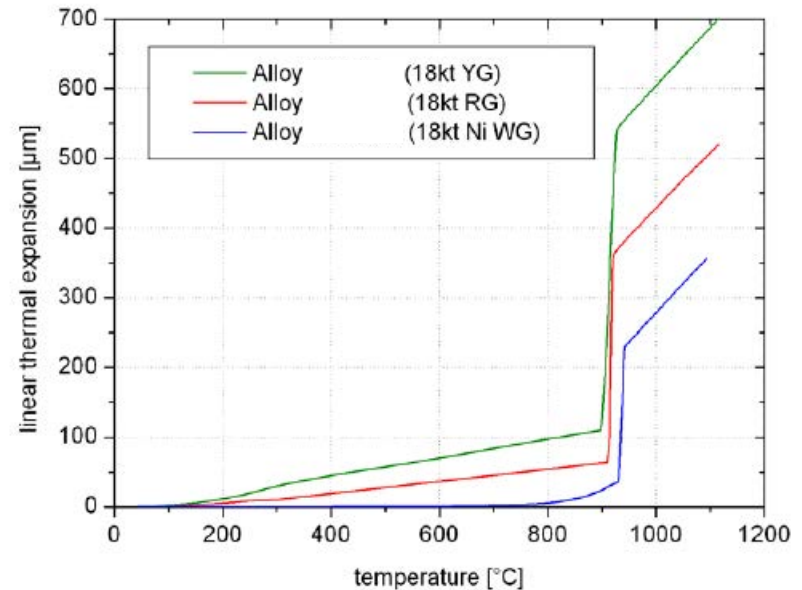
Se invece le pietre si rompono, ne scelgo una più ricca in rame

Considerazioni sulla lega

Per leghe a base nichel è la durezza della lega il principale fattore di rischio

Meno nichel vuol dire:

- Minore forza applicata sulla pietra



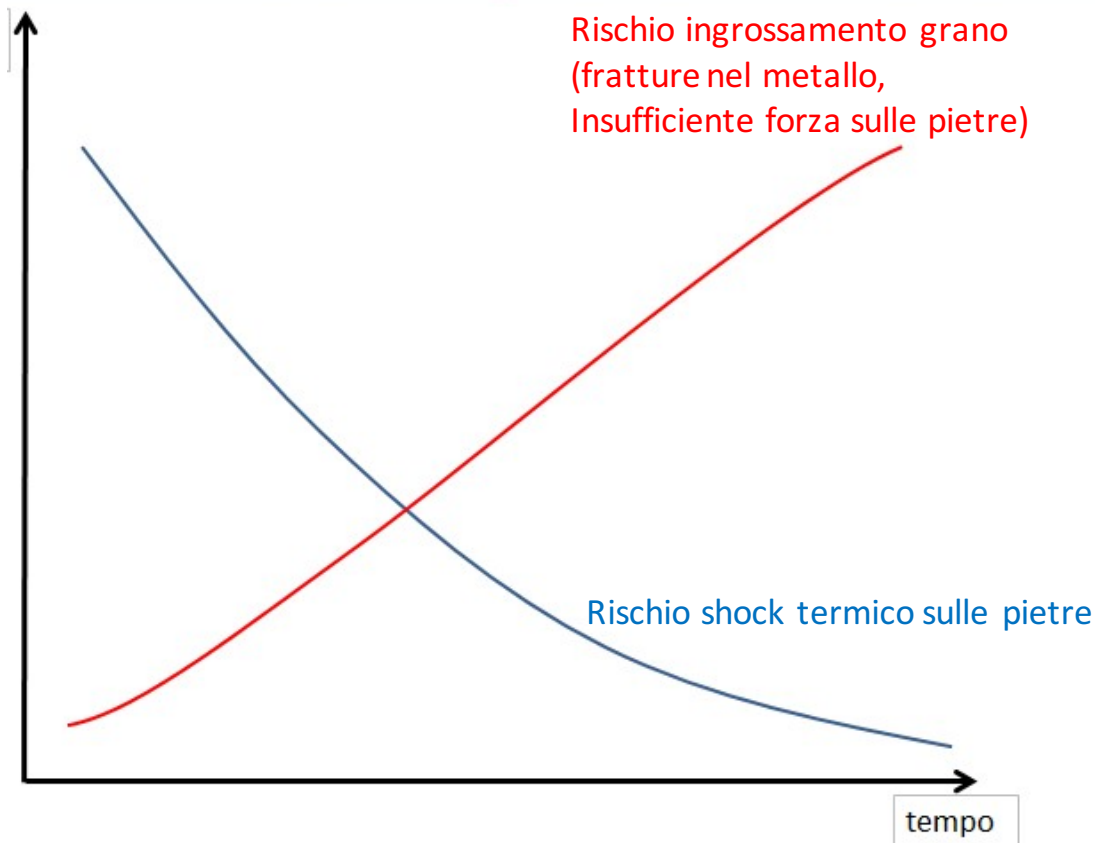
L'aggiunta di argento in una lega bianca (esperienza pratica)

- diminuirebbe il ritiro
- aumentando lo scambio termico
- facilita la dissipazione del calore

Considerazioni sulle tempistiche

Va evitato lo shock termico sulle pietre...

Che va in direzione opposta alla protezione per il metallo



Esempio su alberino 18k giallo

- 2h: 20% pietre cadute
- 1 h: 7% pietre cadute
- 30': 0% pietre cadute
- 10': rotture delle pietre

Considerazioni sul raffreddamento

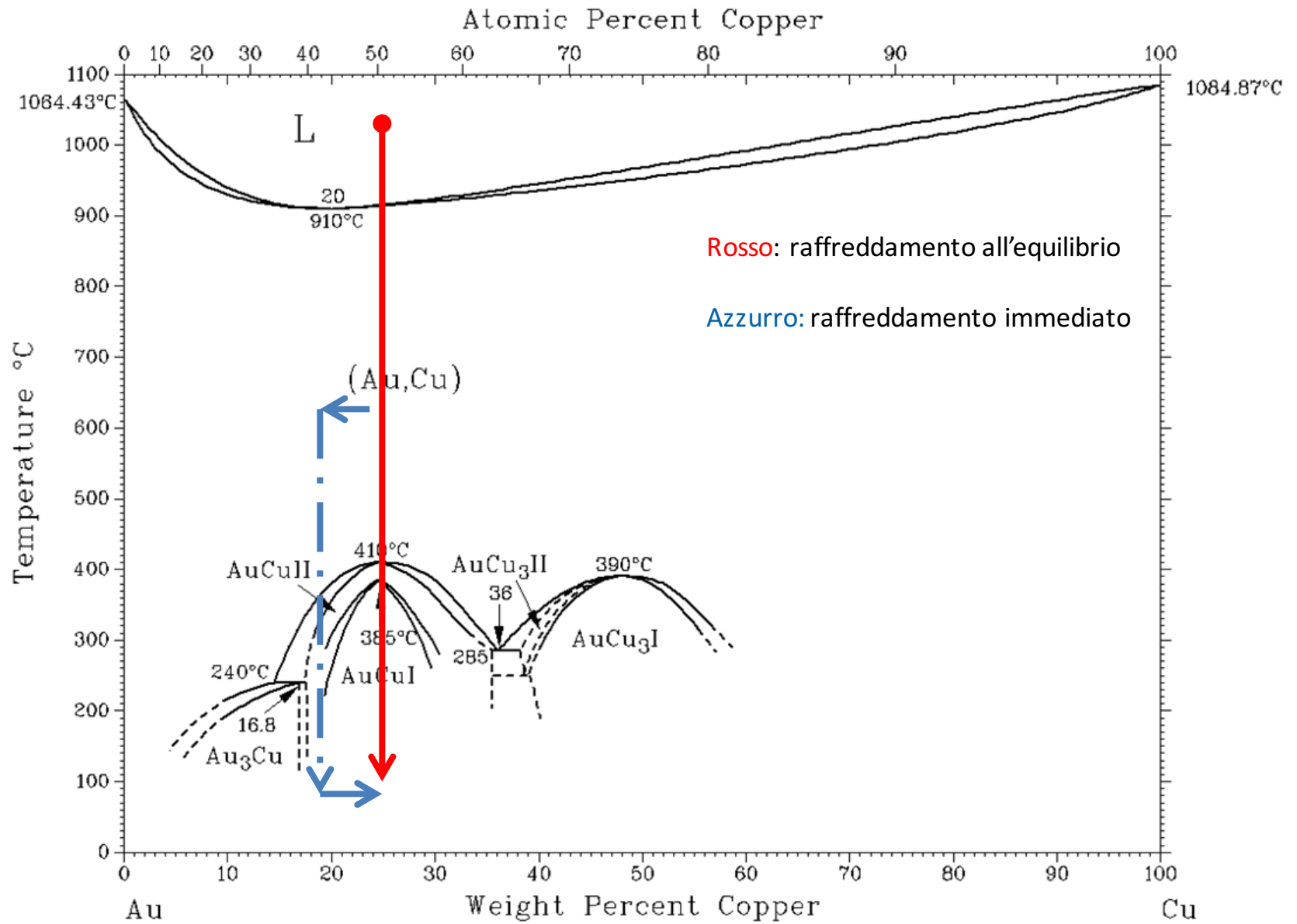
Utile nell'oro bianco:

Per rendere più delicata la curva di raffreddamento si può anche re-inserire il gesso in forno dopo la colata (10-15 minuti)

In questo modo il metallo si può assestare a una temperatura intermedia

Quinta classificata

Come evitare le rotture in oro rosso 750‰?



Formazione di composti intermetallici

Transizione ordine-disordine resa possibile dal rapporto atomi Cu/Au 1:1, che genera un super-reticolo tetragonale a faccia centrata, con rigidità derivante dalla differenza di dimensione atomica

Phase	Composition at.% Cu	Pearson symbol prototype	Strukturbericht designation
Au-Cu hT solid solution	0-100	cF4-Cu	A1
Au ₃ Cu	10-38.5	cP4-AuCu ₃	L1 ₂
AuCu (I)	42-57	tP4-AuCu	L1 ₀
AuCu (II)	38.5-63	oI40-AuCu (II)	
AuCu ₃ (I)	67-81	cP4-AuCu ₃	L1 ₂
AuCu ₃ (II)	66-?	tP28-PdCu ₃	

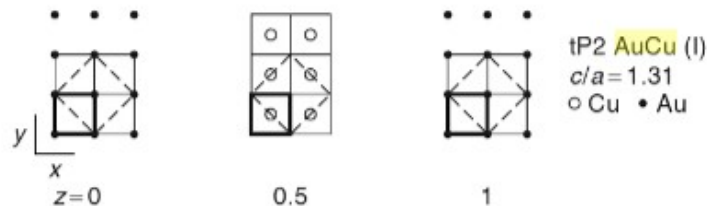


Figure 7.26. Section sequence parallel to the base plane of the tP2-AuCu (I) type structure. A tP4 pseudo-cell is outlined by dotted lines.

Come ridurre questa tendenza?

In lega:

Elementi che spostino il rapporto Au-Cu

(Argento, zinco)

Elementi che riducano il rischio di fratture

(affinatori di grano)

Come evitare fragilità dell' alberino con pietre?

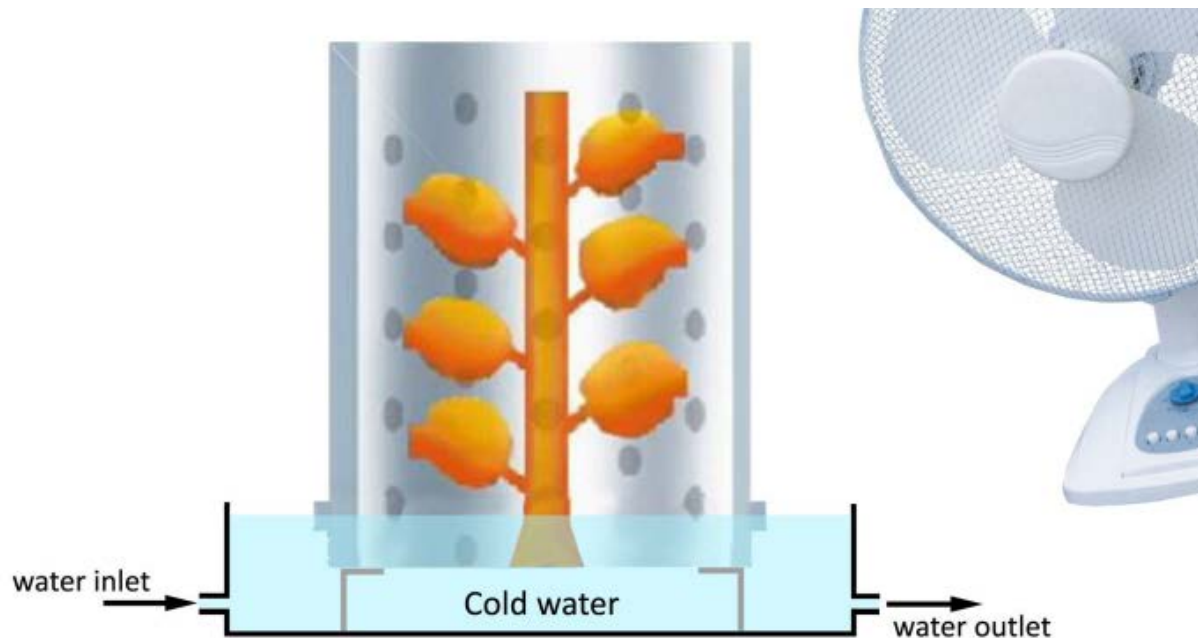
Da una parte tempi stretti per congelare il metallo (<3 minuti)

Dall'altra tempi lunghi (>20 minuti) per evitare fratture sulle pietre

Nella tempra, il metallo subisce un restringimento immediato e che diventa una sollecitazione sulla pietra, oltre ad avere la pietra stessa che subisce un raffr.veloce

In caso di pietre preincastonate:

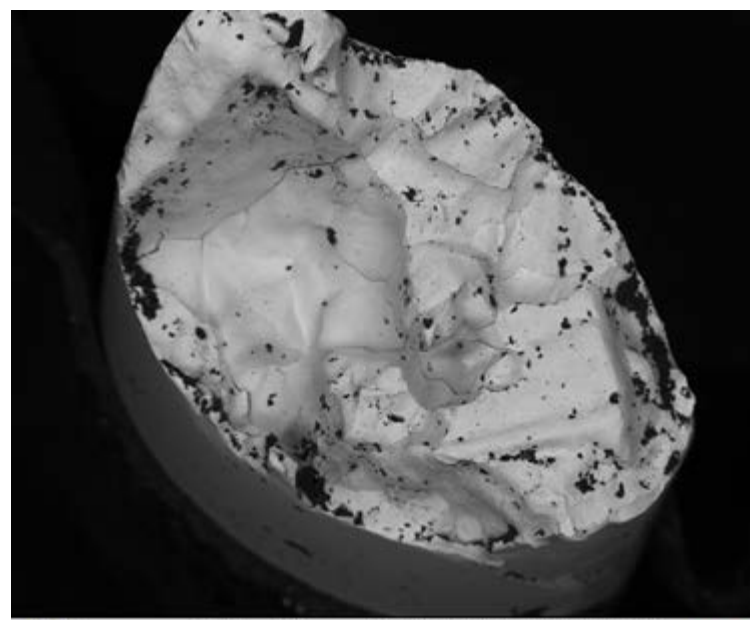
- Mettere il fondo del piantone a contatto con acqua fredda corrente
- Raffreddare il cilindro con un ventilatore
- Aspettare 10-15 minuti
- Temprare in acqua calda (60-80°C)



E comunque, monitorare sempre la purezza dell'oro!

Anche rispettando i consigli di cui sopra, rischio fratture in caso di contaminazioni

Impurities	Content (ppm)
Al	32
Cd	0
Cr	0
Fe	16
Li	0
Pb	0
Nb	15
Mo	35



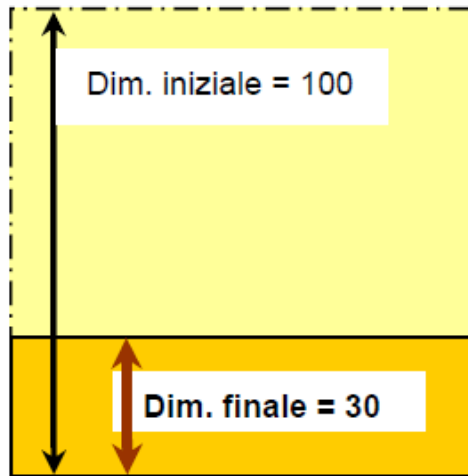
100 μ m Mag = 73 X Signal A = HDBSD Date :27 Jul 2017
EHT = 20.00 kV WD = 8.5 mm Time :14:37:52

Quarta classificata

Ricotture: meglio una in più o una in meno?

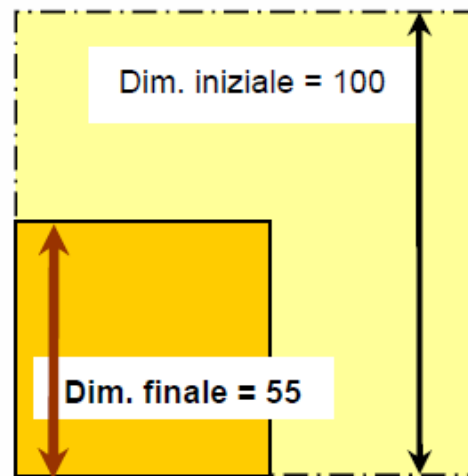
Calcolo riduzione d'area

Riduzione lastra



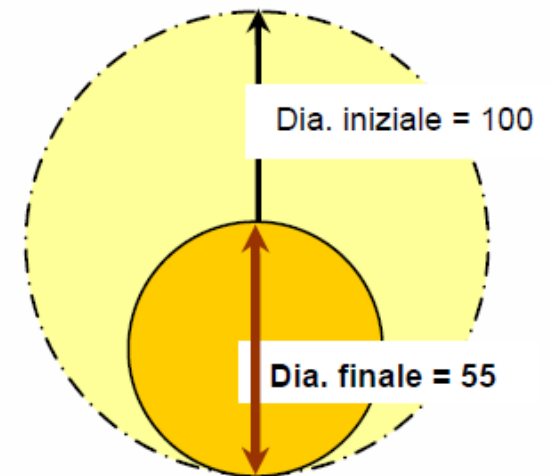
Area iniziale 100x100.
 Area finale 100x30.
Rapporto di riduzione = 70%

Riduzione filo quadro



Area iniziale 100x100.
 Area finale 55x55.
Rapporto di riduzione = 70%

Riduzione filo circolare



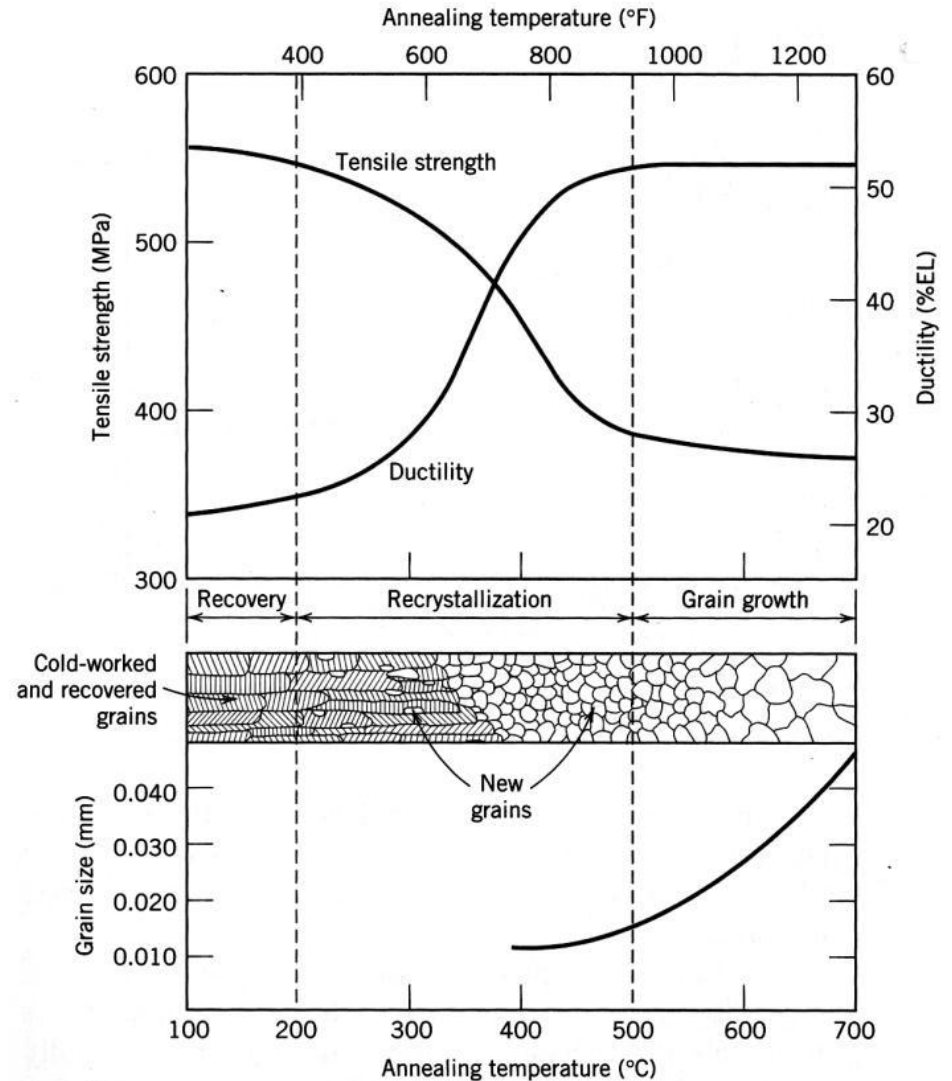
Area iniziale $50 \times 50 \times \pi$.
 Area finale $28 \times 28 \times \pi$.
Rapporto di riduzione = 70%

Deformazione plastica troppo spinta:

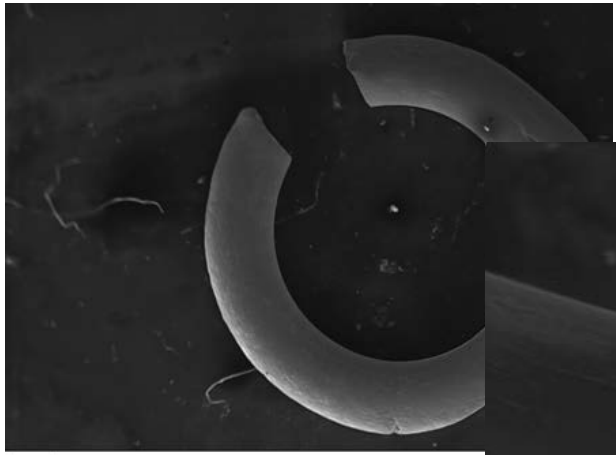
- numero eccessivo di dislocazioni, microstruttura non ripristinabile

Deformazione insufficiente:

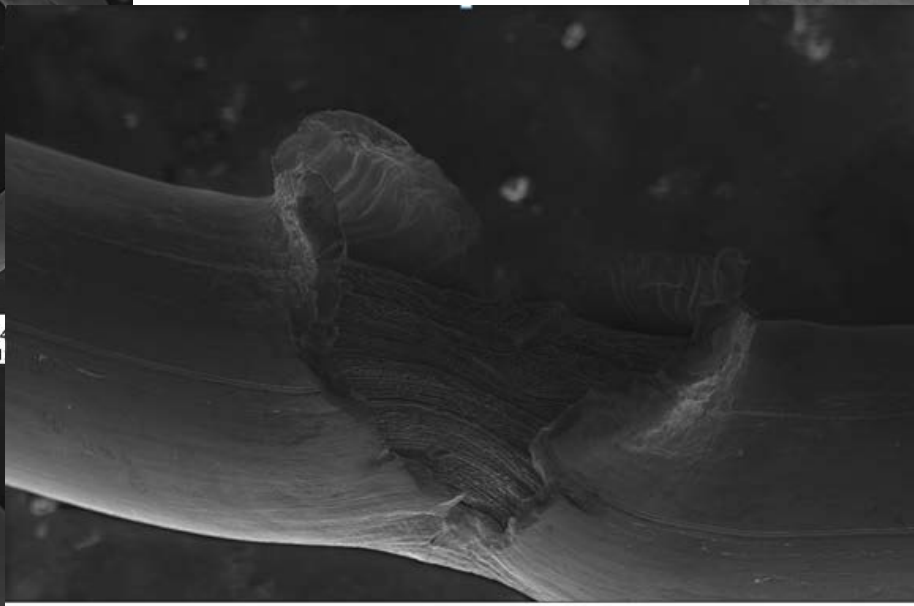
- dislocazioni insufficienti o disomogenee: dopo ricottura alcune zone sono in fase di ingrossamento del grano, altre ancora in ricristallizzazione



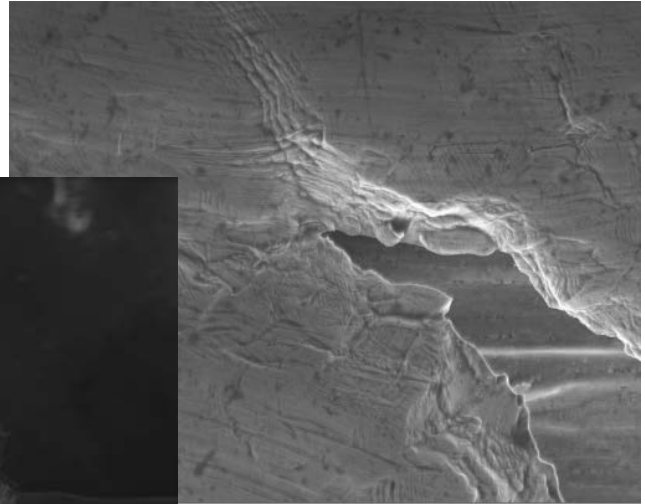
Catena aggraffata con ferro



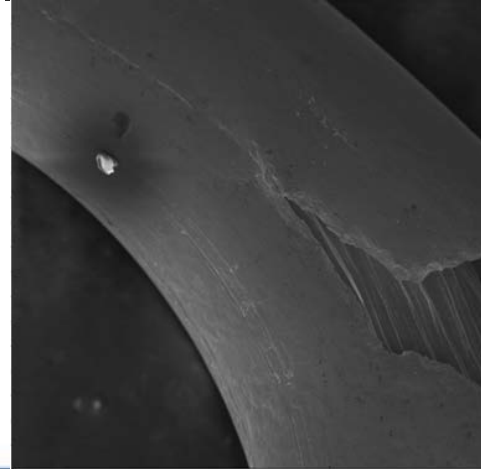
500 µm EHT = 20.00 kV Signal A = SE1 Date :24 Sep 2015
WD = 15 mm Mag = 87 X Time :12:00:40



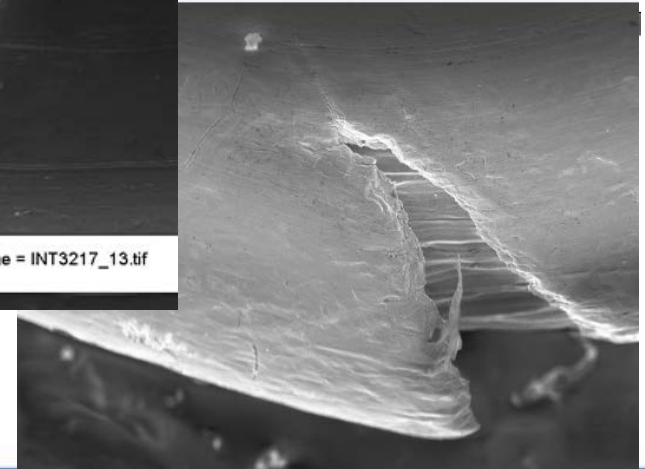
500 µm EHT = 20.00 kV Signal A = SE1 Date :24 Sep 2015 File Name = INT3217_13.tif
WD = 15 mm Mag = 341 X Time :12:17:14



20.00 kV Signal A = SE1 Date :24 Sep 2015 File Name = INT3217_13.tif
WD = 15 mm Mag = 341 X Time :12:17:14



500 µm EHT = 20.00 kV Signal A = SE1 Date :24 Sep 2015 File Name = INT3217_13.tif
WD = 15 mm Mag = 419 X Time :12:00:40



500 µm EHT = 20.00 kV Signal A = SE1 Date :24 Sep 2015 File Name = INT3217_13.tif
WD = 15 mm Mag = 710 X Time :12:13:38

Deformazione lastra

Processo iniziale (riduzione lastra)			Processo modificato (riduzione lastra)		
1	Fusione	Lastra 22,0x5,2 mm	1	Fusione	Lastra 22,0x5,2 mm
2	Laminazione	Rid. 50% → 2,5 mm	2	Laminazione	Rid. 65% → 1,8 mm
3	Ricottura	660°C, 45 minuti, stat.	3	Ricottura	660°C, 45 minuti, stat.
4	Laminazione	Rid. 70% → 0,8 mm	4	Laminazione	Rid. 80% → 0,38 mm
5	Ricottura	660°C, 45 minuti, stat.	5	Ricottura	660°C, 45 minuti, stat.
6	Laminazione	Rid. 37% → 0,5 mm	6	Formatura aggraffato (ferro)	∅ = 5,80 mm
7	Ricottura	660°C, 45 minuti, stat.			
8	Laminazione	Rid. 24% → 0,38 mm			
9	Ricottura	660°C, 45 minuti, stat.			
10	Formatura aggraffato (ferro)	∅ = 5,80 mm			

Ciclo deformazione filo aggraffato

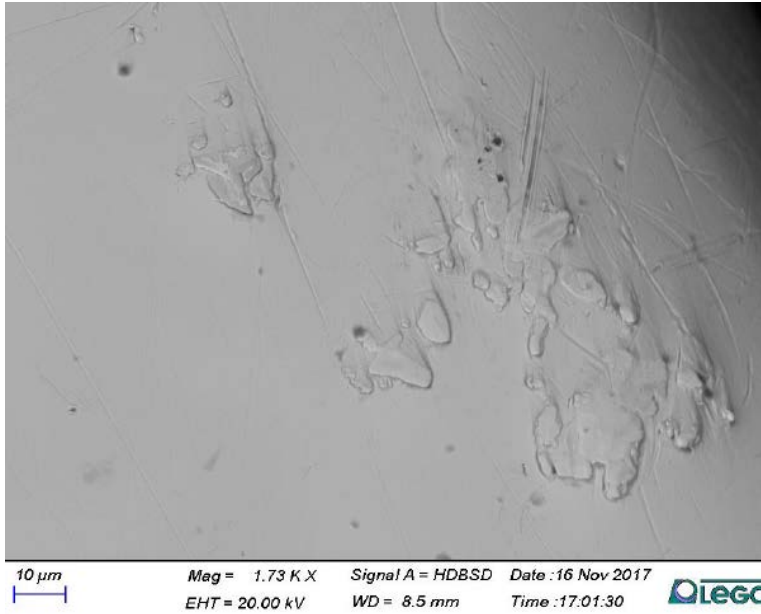
Seconda fase (trafilatura)			Processo modificato (trafilatura)		
1	Trafilatura	Ø 5,80 mm → Ø 5,00 mm	1	Trafilatura	Ø 5,80 mm → Ø 4,70 mm
2	Ricottura	660°C, 45 minuti, stat.	2	Ricottura	660°C, 45 minuti, stat.
3	Trafilatura	Ø 5,00 mm → Ø 4,40 mm	3	Trafilatura	Ø 4,70 mm → Ø 3,70 mm
4	Ricottura	660°C, 45 minuti, stat.	4	Ricottura	660°C, 45 minuti, stat.
5	Trafilatura	Ø 4,40 mm → Ø 3,60 mm	5	Trafilatura	Ø 3,70 mm → Ø 3,00 mm
6	Ricottura	660°C, 45 minuti, stat.	6	Ricottura	660°C, 45 minuti, stat.
7	Trafilatura	Ø 3,60 mm → Ø 2,80 mm	7	Trafilatura	Ø 3,00 mm → Ø 2,20 mm
8	Ricottura	660°C, 45 minuti, stat.	8	Ricottura	660°C, 45 minuti, stat.
9	Trafilatura	Ø 2,80 mm → Ø 2,10 mm	9	Trafilatura	Ø 2,20 mm → Ø 1,50 mm
10	Ricottura	660°C, 45 minuti, stat.	10	Ricottura	660°C, 45 minuti, stat.
11	Trafilatura	Ø 2,10 mm → Ø 1,40 mm	11	Trafilatura	Ø 1,50 mm → Ø 0,90 mm
12	Ricottura	660°C, 45 minuti, stat.	12	Ricottura	660°C, 45 minuti, stat.
13	Trafilatura	Ø 1,40 mm → Ø 0,90 mm	13	Trafilatura	Ø 0,90 mm → Ø 0,60 mm
14	Ricottura	660°C, 45 minuti, stat.	14	Ricottura	660°C, 45 minuti, stat.
15	Trafilatura	Ø 0,90 mm → Ø 0,55 mm			
16	Ricottura	660°C, 45 minuti, stat.			

Terza classificata

Ho dei punti duri sulla superficie dei pezzi: perché?

Quali cause per i punti duri?

- Esempi molto comuni: Elementi metallici contaminanti

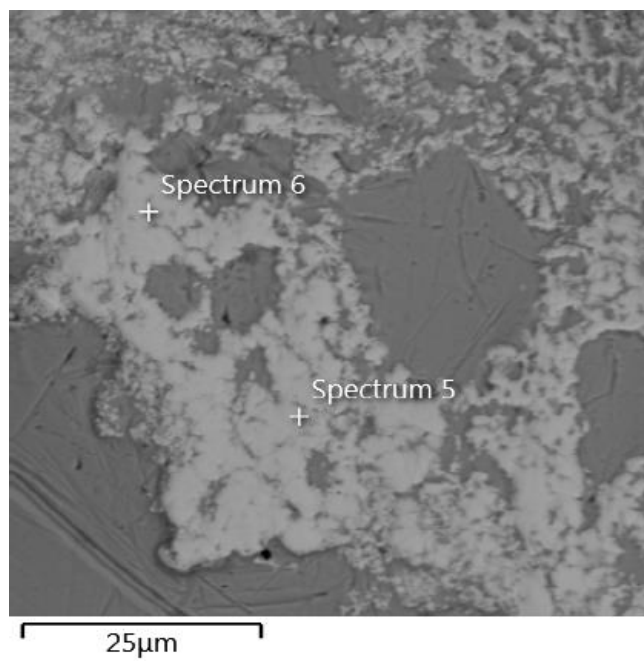
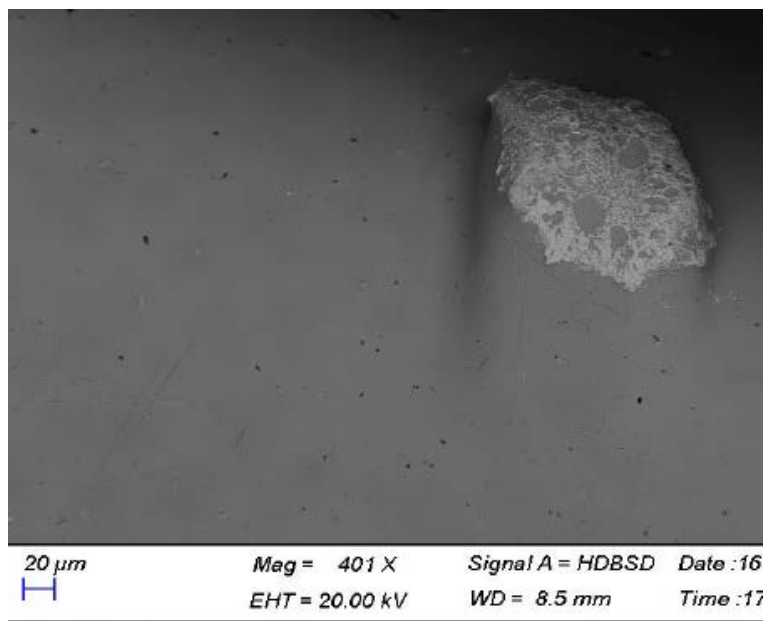


Spectrum 1:
Rutenio 17,96%
Iridio 82,04%

Spectrum 2:
Rutenio 22,23%
Iridio 77,77%

Quali cause per i punti duri?

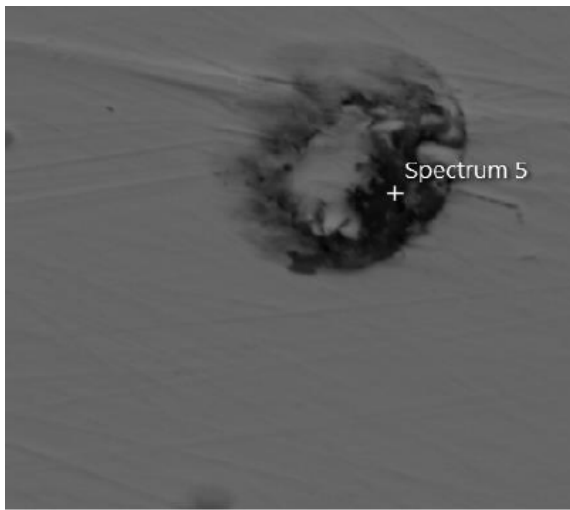
- Esempi molto comuni: Elementi metallici contaminanti



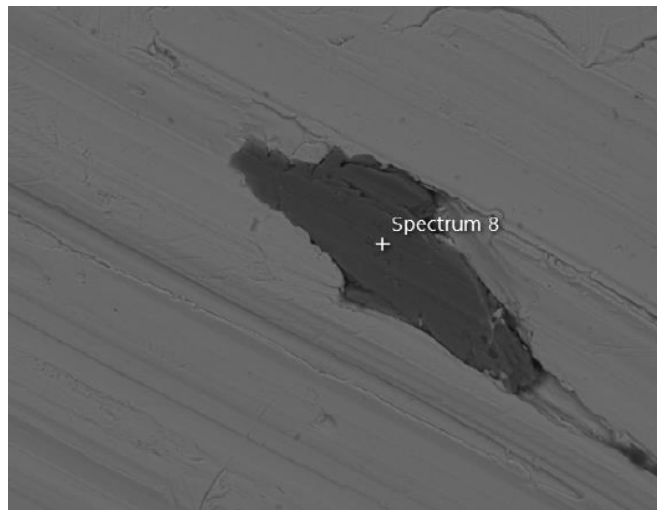
Spectrum 5:
Rame 2,14%
Osmio 97,86%

Spectrum 6:
Rame 2,55%
Osmio 97,45%

- Esempi molto comuni: Sostanze non metalliche contaminanti



10µm



25µm

Spectrum 5:

Ossigeno 48%

Alluminio 52%

Spectrum 8:

Ferro 72,5%

Cromo 9,6%

Carbonio 7%

Seconda classificata

L'argento as cast è troppo tenero! Come faccio a indurirlo?

Elementi indurenti...?

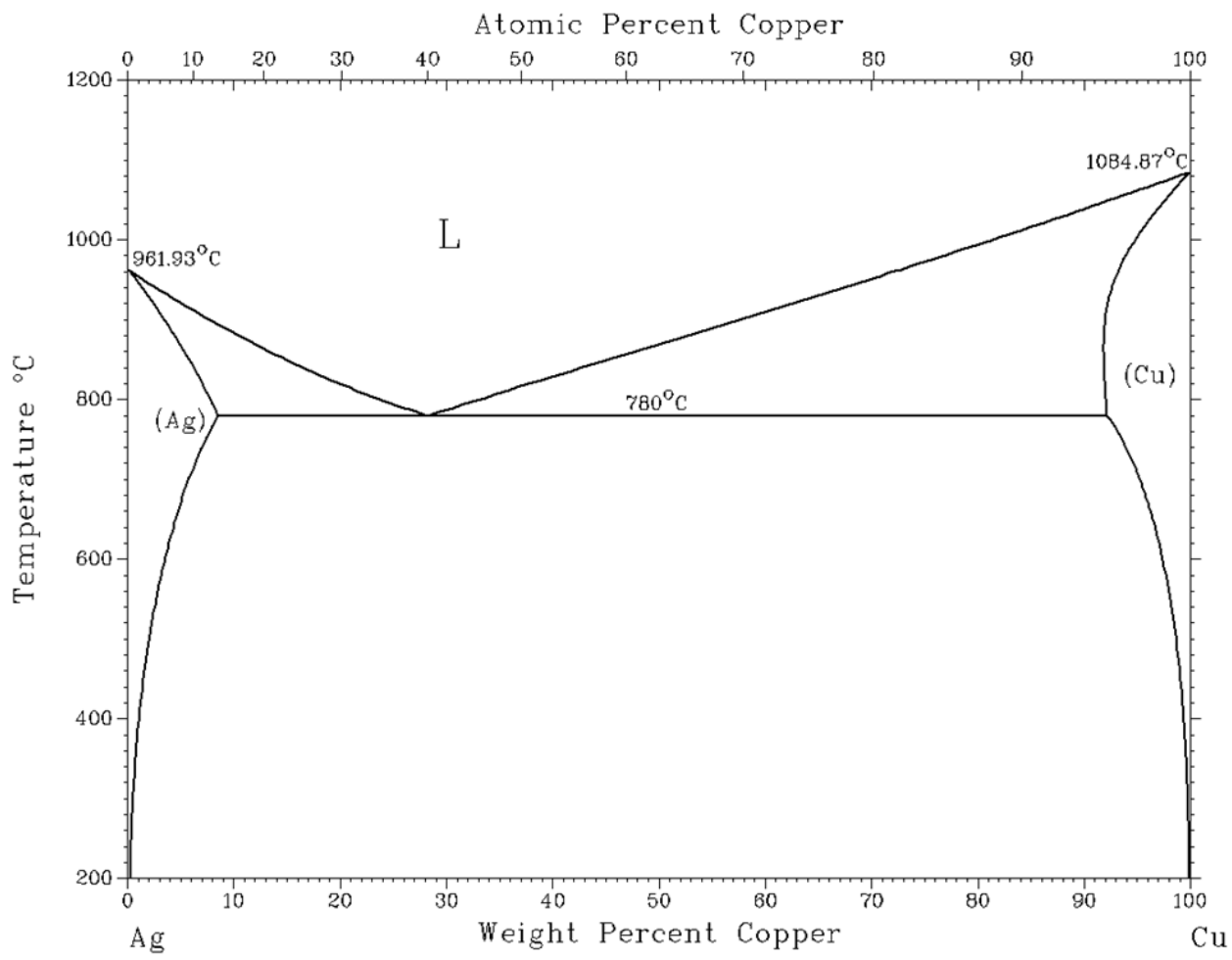
Indurimento as cast limitato, problemi miscibilità

- Nichel (cessione)
- Manganese (tarnishing elevato, scoria)
- Stagno (porosità, problemi qualitativi)

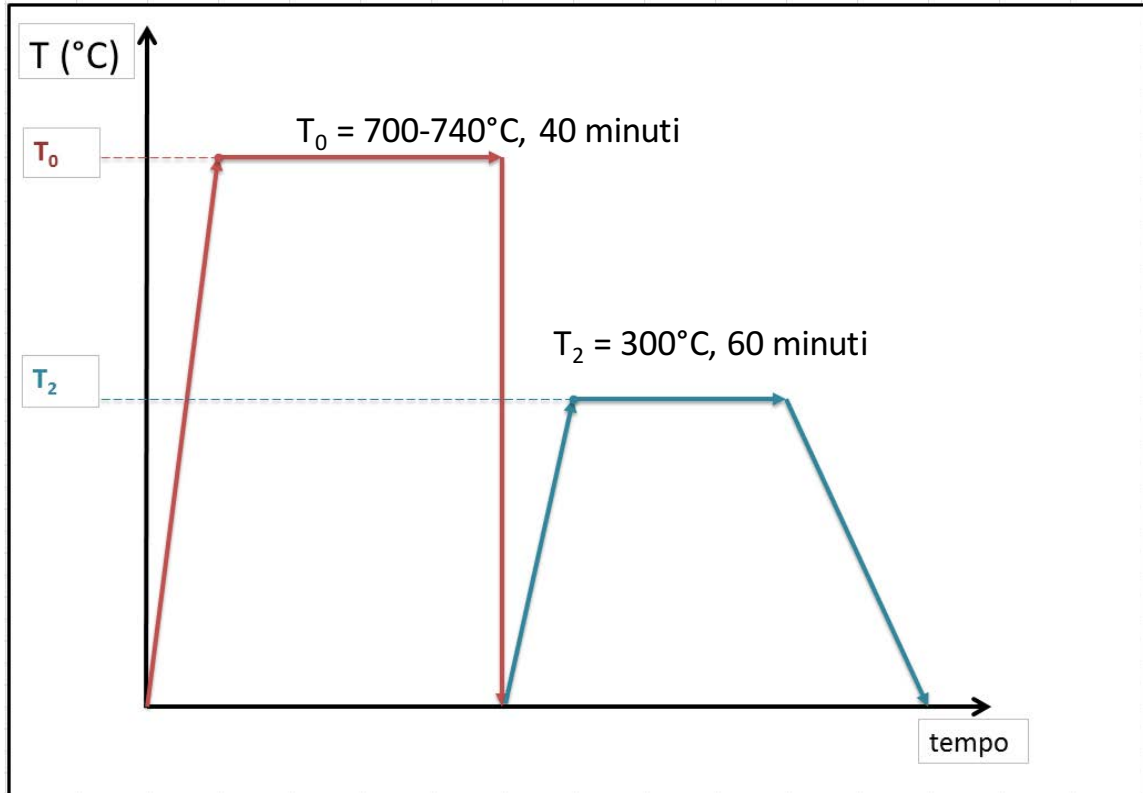
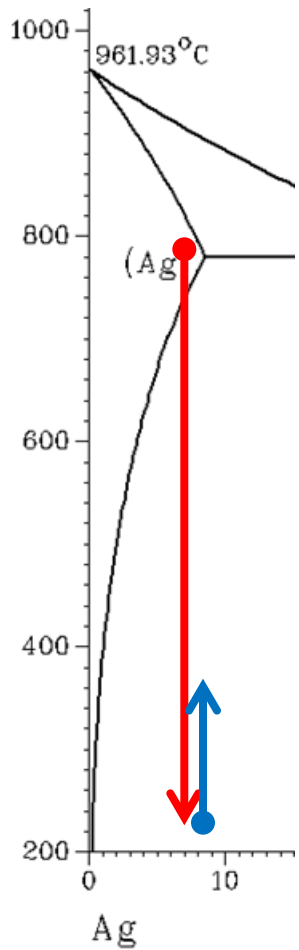
Da caratterizzazioni interne:

- Ni 95 HV
- Mn 75 HV
- Sn 80 HV
- In 45 HV

La lega AgCu è adatta al termoindurimento!



Termoindurimento: principio di funzionamento



Meglio atmosfera inerte o il vuoto nel forno di indurimento?

Bene entrambe, ma non per indurire di più...

Sono altre le metallurgie in cui la lega viene indurita (nitrurazione, carbocementazione)

Vantaggio: protezione dall'ossidazione e nella stabilità termica

E se ho delle pietre pre-incastonate?

Lo shock termico che seguirebbe alla tempra dopo la omogeneizzazione rende impossibile il trattamento completo

Quindi si può solo lavorare a temperatura più bassa e tempo più lungo (in atmosfera inerte) rinunciando a parte dell'indurimento

E per quanto riguarda le saldature?

L'alta temperatura del cannello o del forno distrugge la microstruttura delle zone circostanti il giunto, riassorbendo nella matrice le particelle precipitate

La saldatura va fatta prima del termoindurimento, e con una saldatura dura – altrimenti rischio di rovinare il giunto

Posso sommare la durezza da deformazione e quella da termoindurimento?

Purtroppo no, l'indurimento si ottiene mediante una limitazione alla mobilità delle dislocazioni, e non è una proprietà additiva

Prima classificata

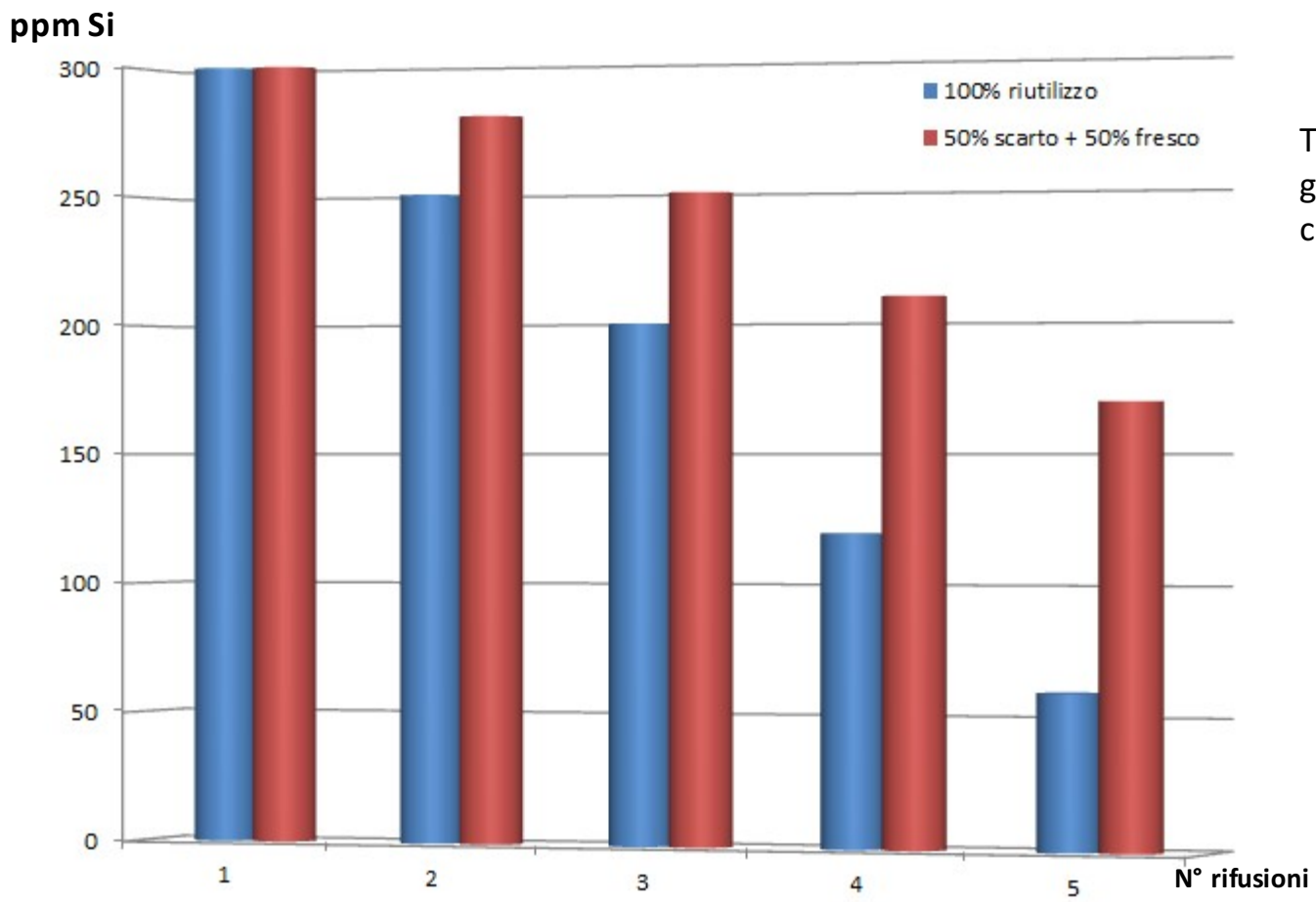
Quante volte posso riutilizzare una lega?

Dipende....

- tipo di lavorazione
- Da cosa viene a contatto con la lega
- Reazione con il refrattario
- Surriscaldamento della lega
- Residui di refrattario nel metallo
- Ossidazione / assorbimento di ossigeno
- Residui di lubrificanti

Consumo di elementi funzionali nella lega

Disossidanti che si abbassano e necessitano di venire ripristinati



Tenore in Silicio di una lega gialla titolo 750 dopo diversi cicli di rifusione in microfusione

In microfusione si raccomanda di usare almeno 50% di lega nuova con ogni fusione

Pulire gli scarti con decapaggio e burattatura magnetica

Non eccedere con i riutilizzi!

- 6 volte al massimo per oro giallo/rosso
- 4 per oro bianco

Obiettivo: avere un processo stabile

Ringraziamenti

Fabio Bottelli (Legor ITA)

Michele Toso (Legor ITA)

Francesco Maurizi (Legor ITA)

Cem Uluocak (Legor TR)

Rakesh Jangid (Precious Alloys Pvt)