



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

**Il laser nel settore automotive,
trend e prospettive di mercato:
dalla produzione di batterie ai
componenti power train**

Attività di ricerca e risultati nelle applicazioni laser per il settore E-Mobility

Alessandro Ascari

Bi-Rex, Bologna, 18-11-2020

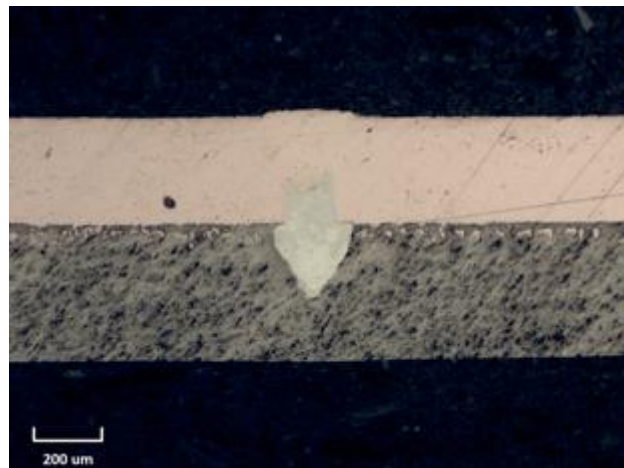
Gruppo laser: attrezzature in dotazione

- Laser a diodi trasportato in fibra 3 kW CW Laserline (diametro fibra 1000 μm)
- Laser Yb:Fiber 3 kW CW nLight (diametro fibra 50 μm)
- Laser Nd:YAG lamp pumped Trumpf 1 kW CW (diametro fibra 300 μm)
- Laser Yb:Fiber 300 W Q-CW IPG (diametro fibra 50 μm)
- Laser Nd:YAG lamp pumped 200 W pulsato lungo Trumpf (diametro fibra 400 μm)
- Laser Yb:Fiber 20 W pulsato corto IPG
- Laser Ti:Sapphire 7 W pulsato ultracorto Light Conversion
- Robot antropomorfo a 6 assi+ tavola rotante
- Differenti lenti di focalizzazione fisse e galvanometriche
- Macchina per stampa 3D a letto di polvere SISMA Mysint 100



Attività di collaborazione

Saldatura laser moduli batterie



Saldatura laser statori motori elettrici



Saldatura Laser tabs Al-Cu e Cu-Al

Soluzioni:

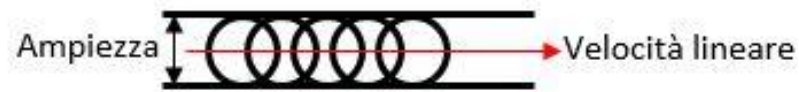
Saldatura in continuo lineare



Parametri di processo:

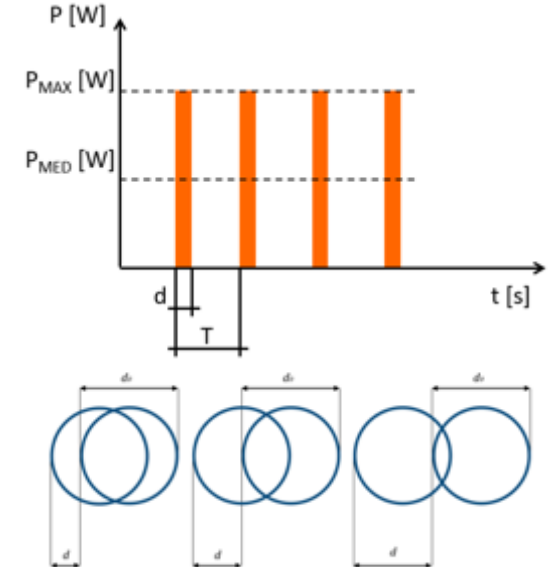
- Potenza [W]
- Velocità di saldatura [mm/s]
- Forma cordone

Saldatura in continuo wobbling



- Potenza [W]
- Velocità di saldatura [mm/s]
- Ampiezza traccia [mm]
- Forma cordone

Saldatura ad impulsi (solo Al/Cu)



- Potenza picco impulso [W]
- Energia impulso [J]
- Durata impulso [ms]
- Distanza impulsi [mm]
- Forma impulso



Analisi SEM-EDS

Tabs Al-Cu

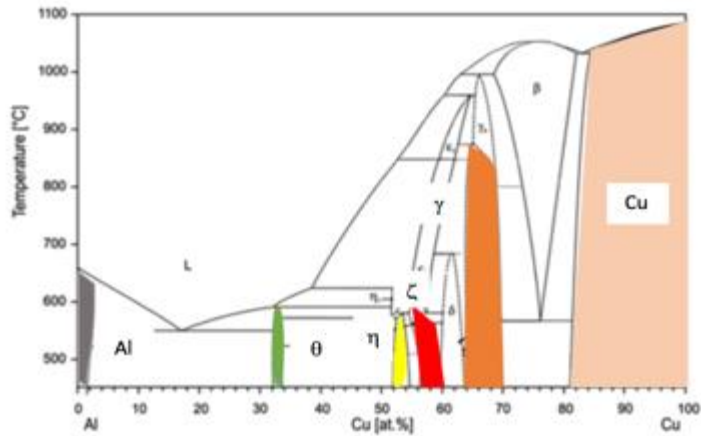
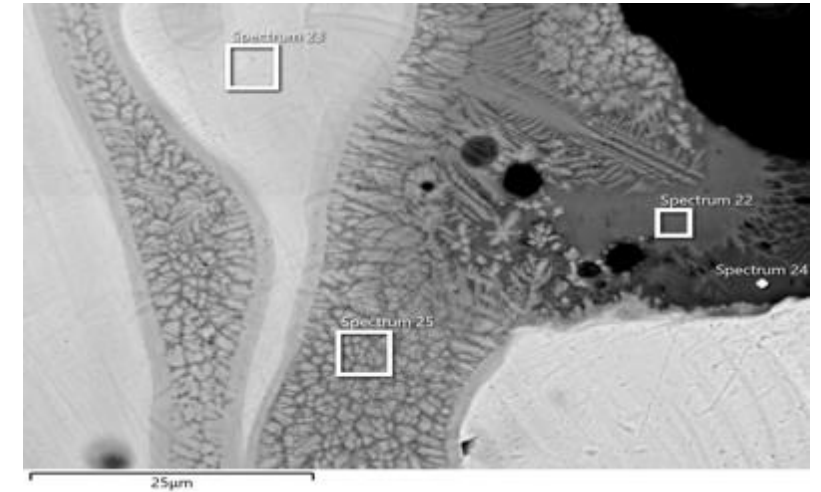
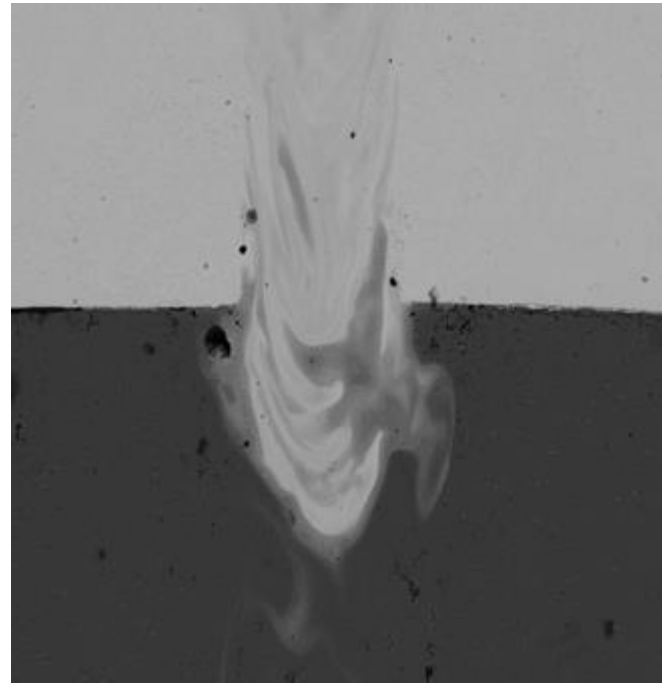


Table 1. Properties of intermetallic phases in the Aluminum-Copper system.

Phase	Nominal composition	% at Al (Murray, 1985)	Electrical resistivity ρ at 20° C [$\mu\Omega$ cm] (Rayne, et al., 1980)	Hardness HV (10g) (Solchenbach, et al., 2013)	Hardness (Braunovic, 1994)	Hardness HV (Chen, et al., 2007)
(Cu)		0-19.7	2.0	75	-	70
γ	Al_4Cu_3	31-37.5	14.2	770	-	750
ζ	Al_3Cu	43.7-44.8	12.2	930	624	850
η	$AlCu$	47.6-50.2	11.4	905	648	900
θ	Al_2Cu	67-68.1	8.0	630	413	650
(Al)		97.52-100	2.4	36	-	35



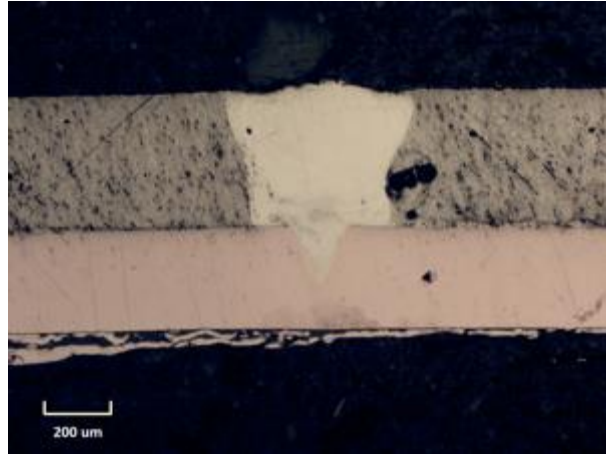
Wt. %	Al	Si	P	Fe	Ni	Cu	Total	
<u>Spectrum 22</u>	65,88	0,06	0,12	0,2	2,92	30,83	100	$CuAl_2+Al$
<u>Spectrum 23</u>	8,23	0,01	0,02	0,1	0,03	91,62	100	Cu
<u>Spectrum 24</u>	79,76	0,09	1,84	0,23	12,08	5,99	100	$Al+CuAl_2$
<u>Spectrum 25</u>	39,93	0,06	0	0,17	0,42	59,41	100	$CuAl_2+Al$

Table 1. Schmalen P, Plapper P. Evaluation of laser braze – welded dissimilar Al-Cu joints. LANE 2016

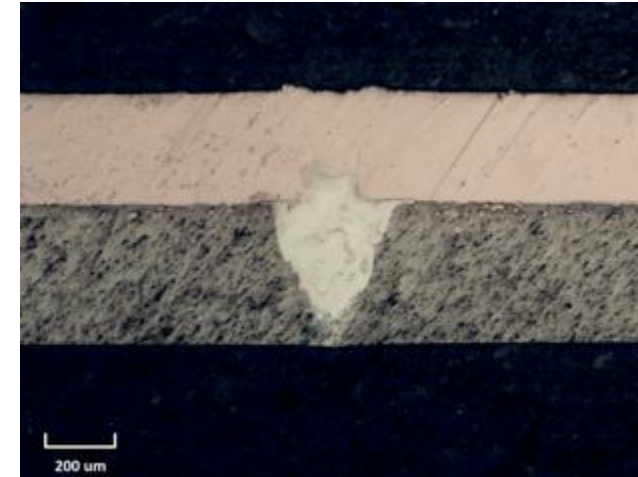


Saldatura di due layers in configurazione dissimile (Al, Cu)

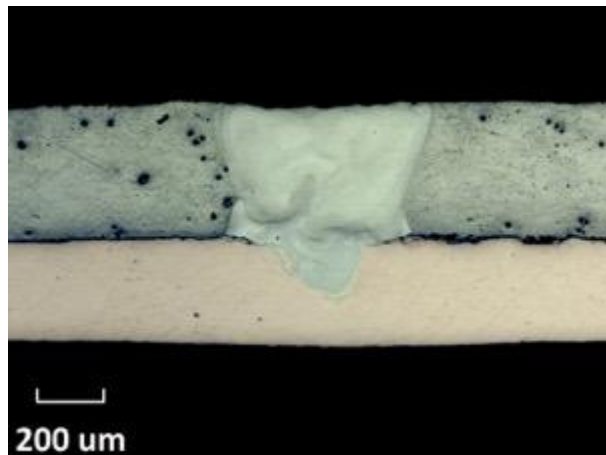
IPG-YLR SM - Lineare



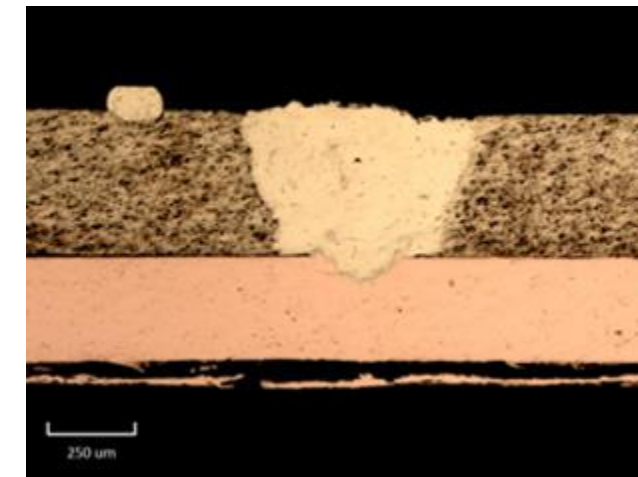
nLight 3kW - Lineare



IPG-YLR SM - Wobbling

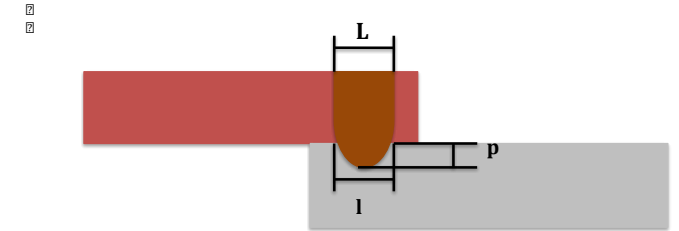
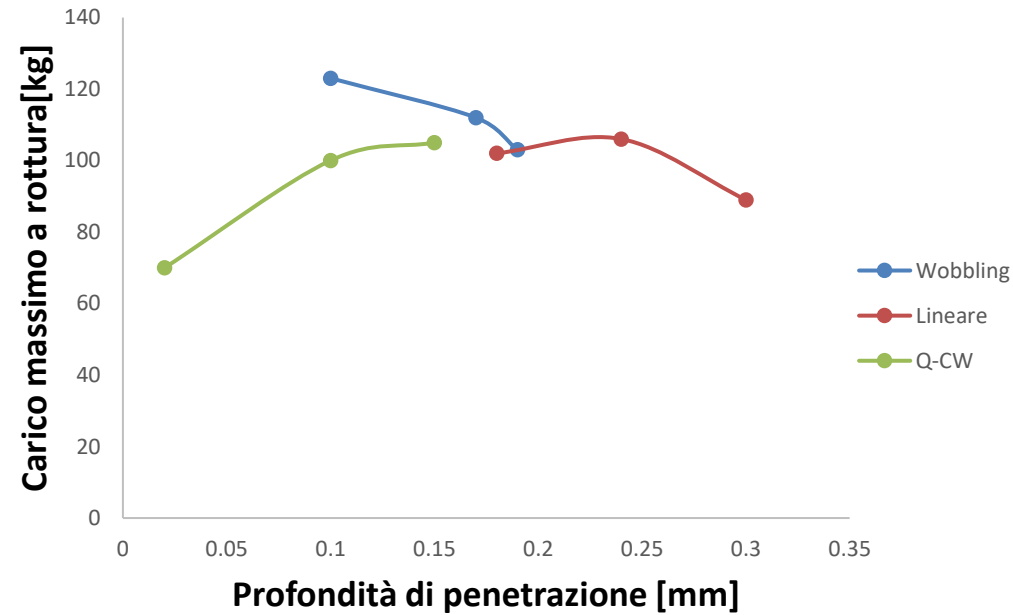


IPG QCW 300-3000



Configurazione due layers

Carico di rottura – Differenti sorgenti



Tutte le sorgenti analizzate, sono state ottimizzate in funzione del carico massimo di rottura.



Configurazione tre layers

Due tabs in alluminio e busbar in rame

Vista dall'alto



Tempo di saldatura = 0,1 [s]

Vista in sezione

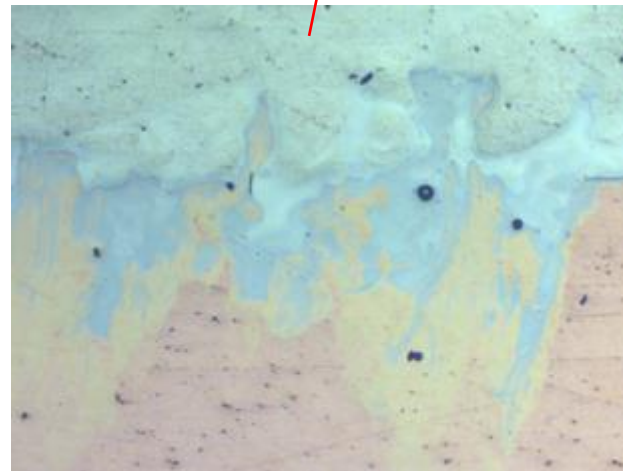
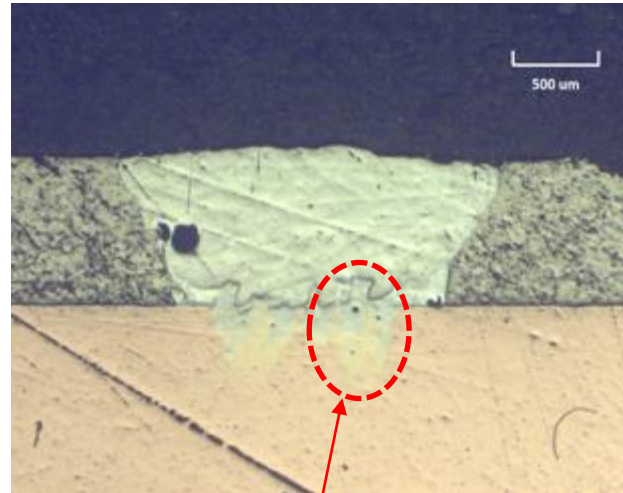
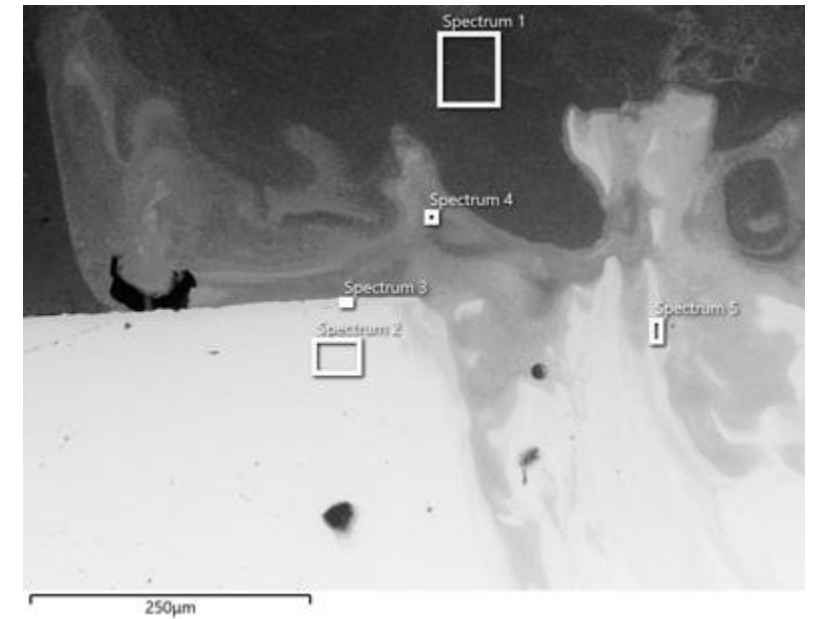


Immagine SEM



Spettro 1

Wt%	O	Al	Ni	Cu	Total
Spectrum 1	1.89	79.84	0.25	18.02	100
Spectrum 2	0.71	20.5	2.52	76.27	100
Spectrum 3	0.68	22.11	40.56	36.65	100
Spectrum 4	1.25	62.83	0.21	35.71	100
Spectrum 5	0.89	30.96	1.89	66.26	100
At%	O	Al	Ni	Cu	Total
Spectrum 1	3.5	87.94	0.13	8.43	100
Spectrum 2	2.16	37.11	2.1	58.63	100
Spectrum 3	1.99	38.47	32.45	27.09	100
Spectrum 4	2.62	78.34	0.12	18.91	100
Spectrum 5	2.44	50.37	1.41	45.78	100

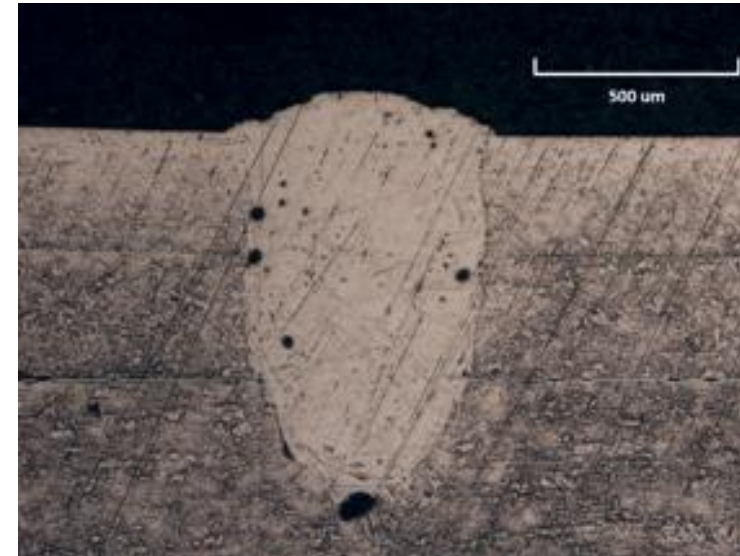
Configurazione tre layers

Due tabs in rame e busbar in rame

Vista dall'alto



Vista in sezione

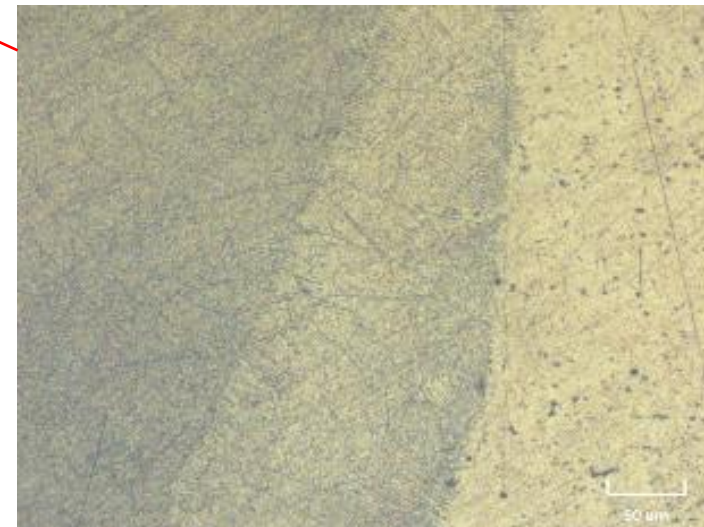
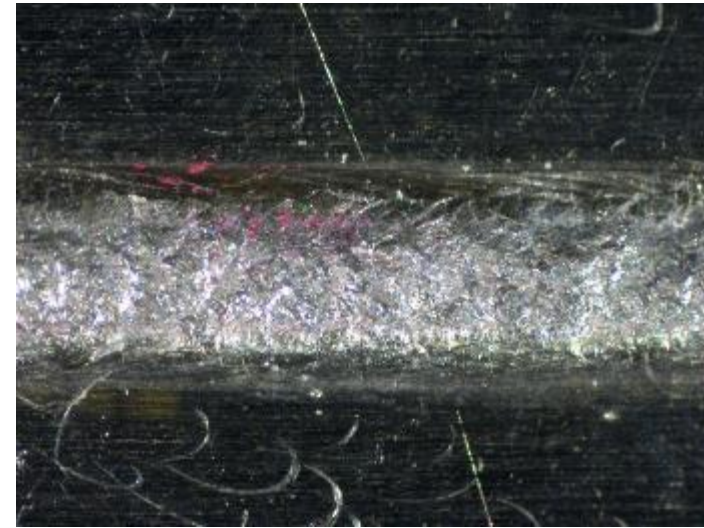
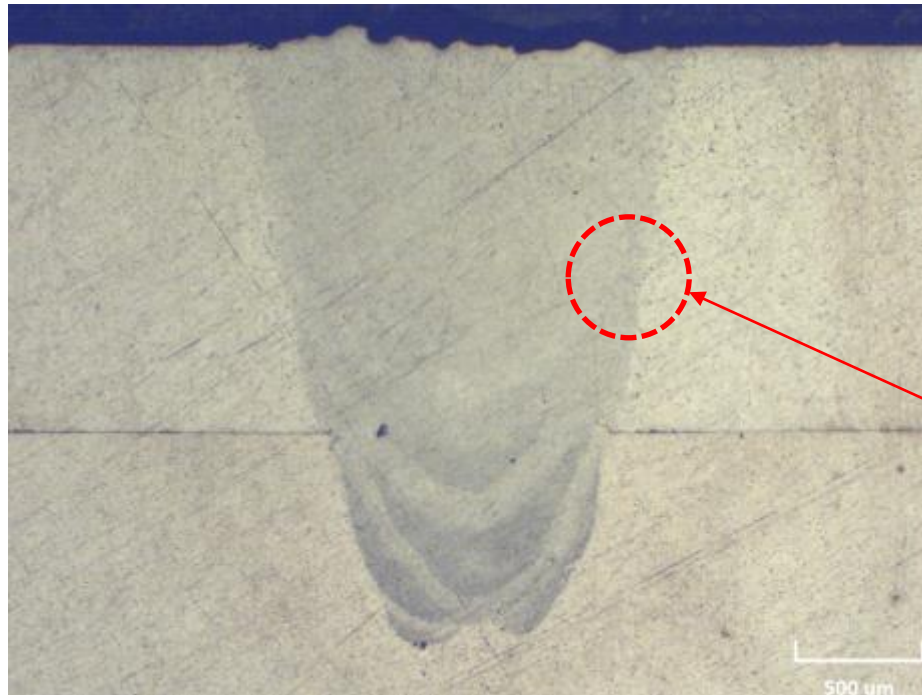


Larghezza cordone interfaccia = 0,49 [mm]



Saldatura Case

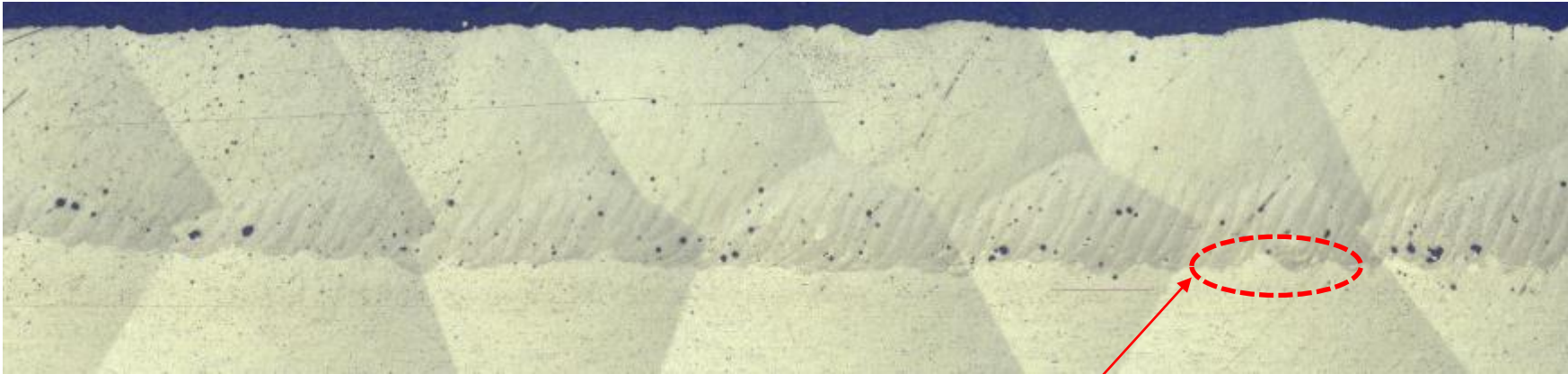
Alluminio 6082 – Alluminio 6082



Saldatura Case

Alluminio 6082 – Alluminio 6082

Sezione Longitudinale

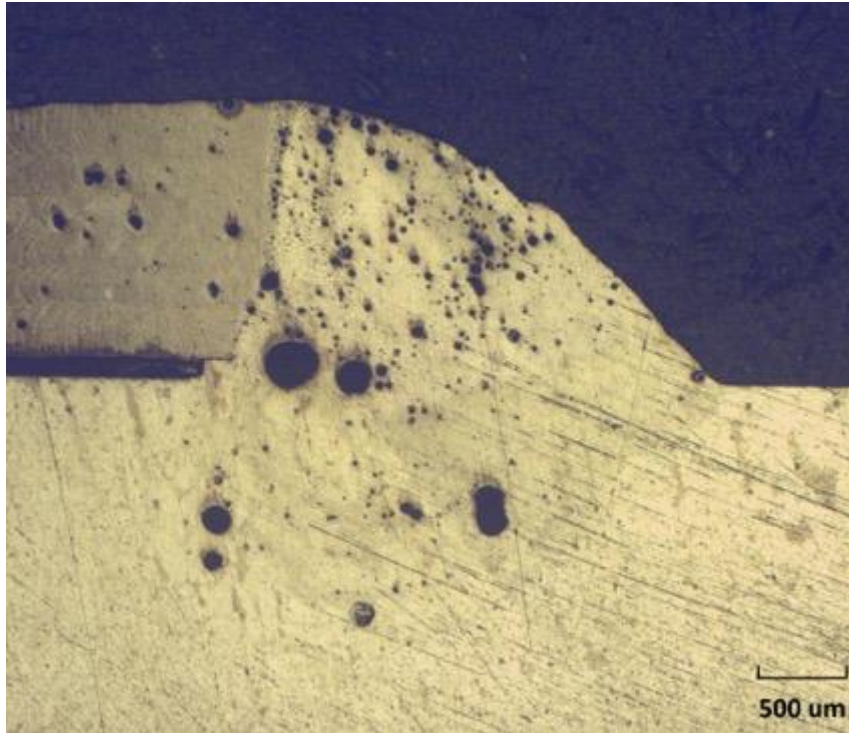


Particolare (Campo scuro)

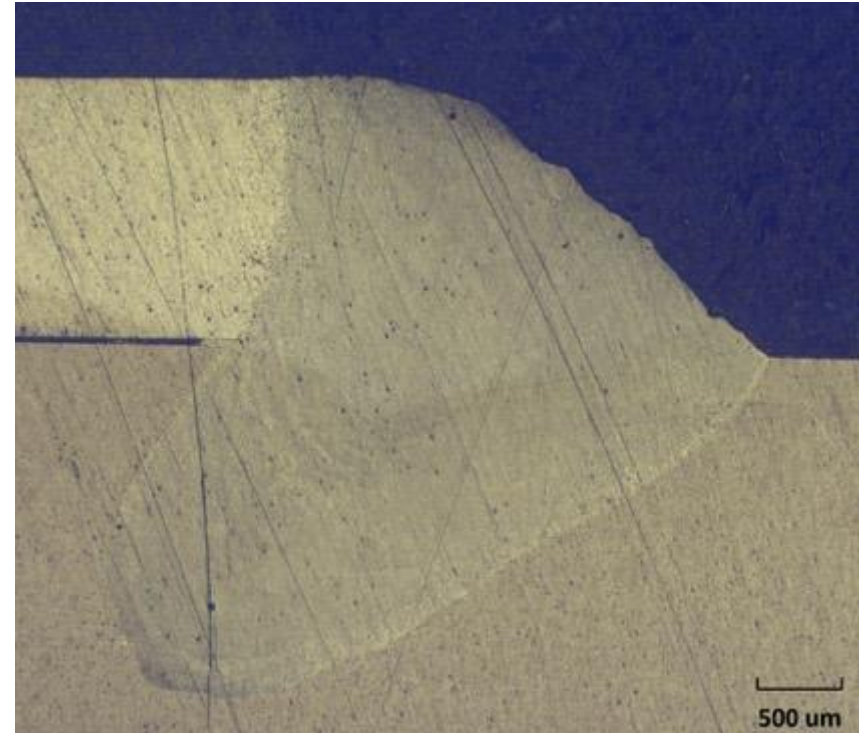


Saldatura case

AlSi10Mg (SLM) – Al 6082



Al6082 – Al6082

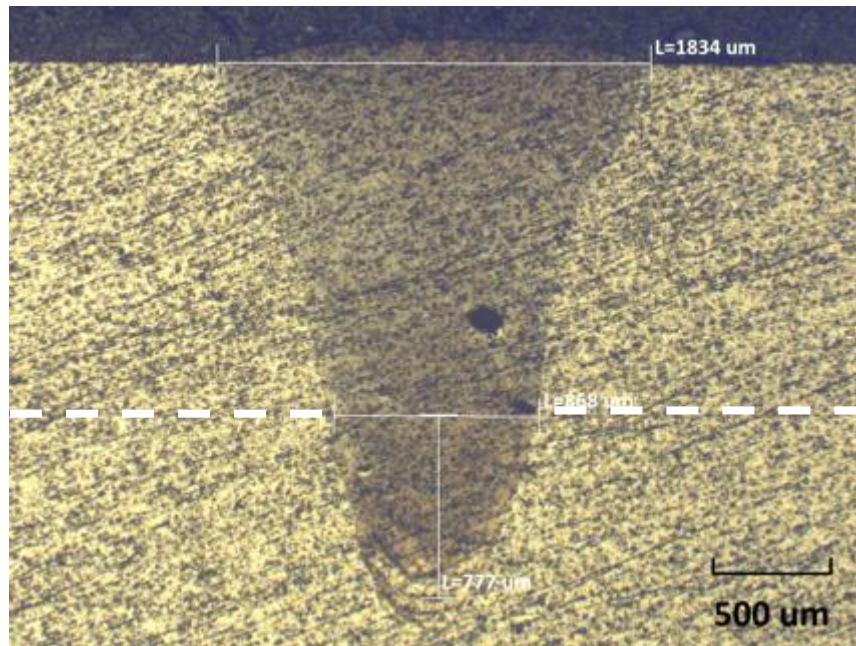


Saldatura celle prismatiche

AI 1050– AI 1050

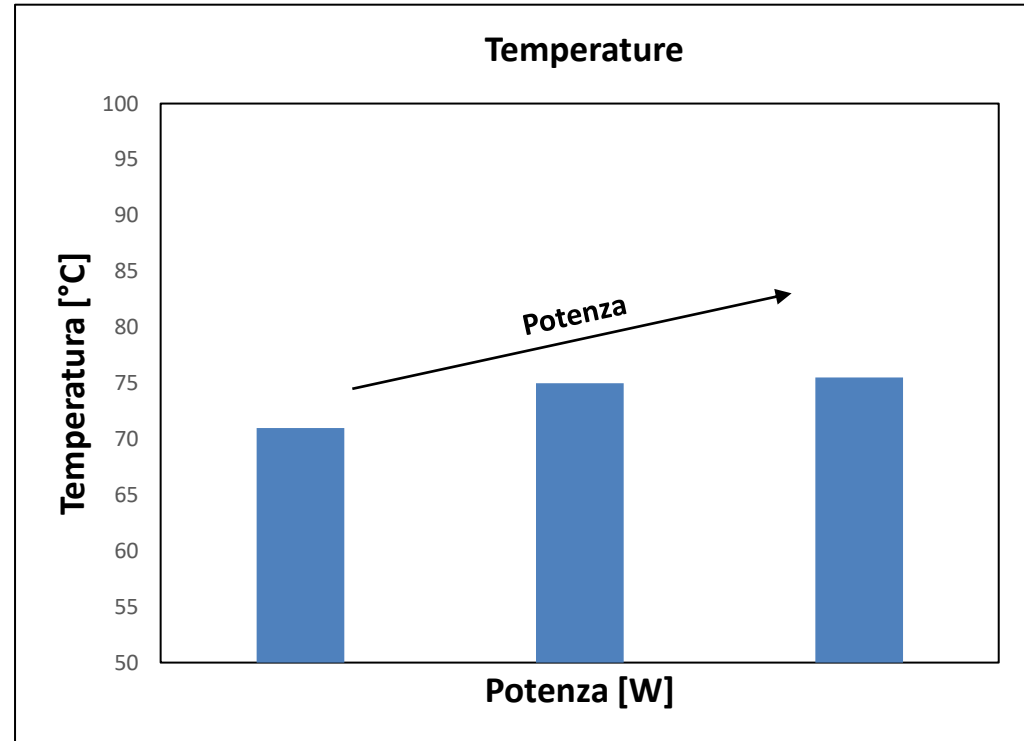
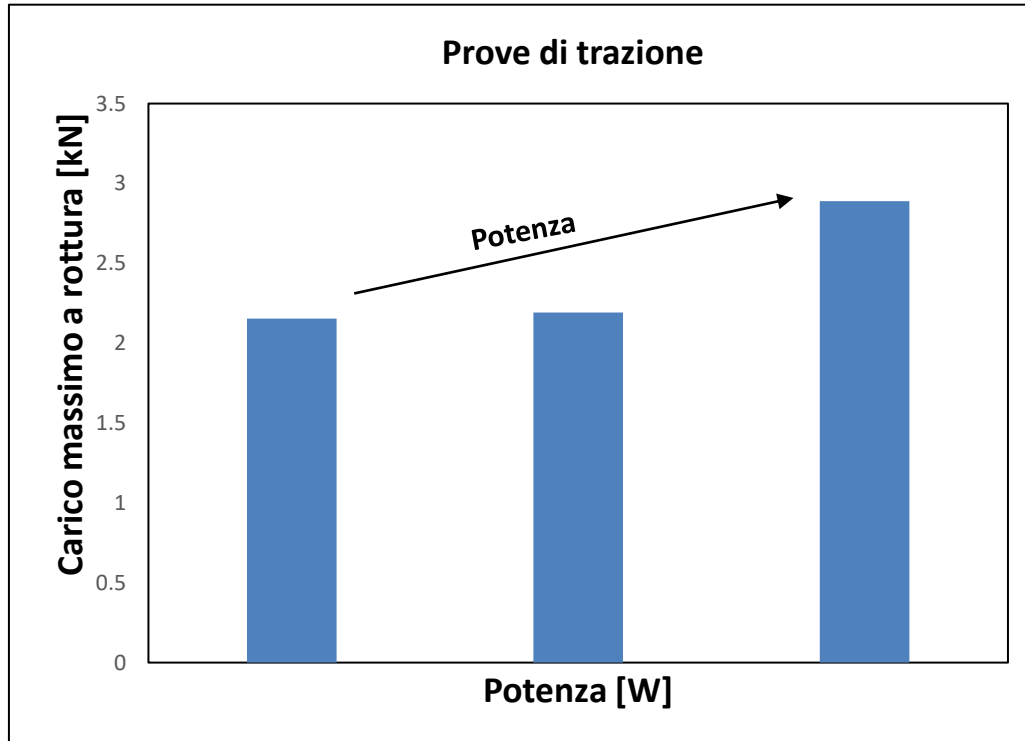
Attività:

- Caratterizzazione metallografica
- Caratterizzazione meccanica
- Misura resistenza elettrica
- Misura temperatura durante la saldatura



Saldatura celle prismatiche

Risultati prove di trazione e temperatura



Saldatura Hairpins

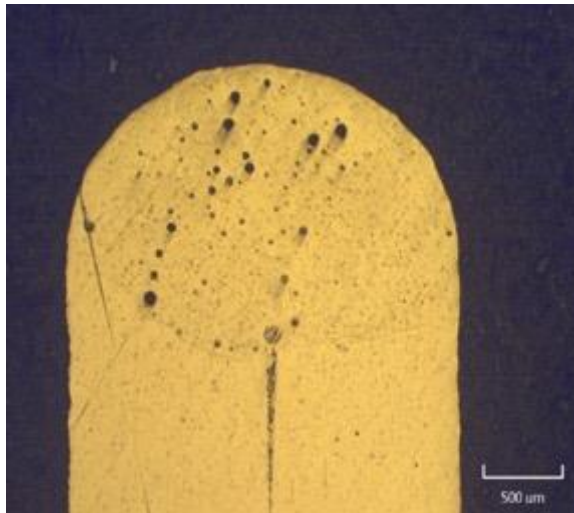
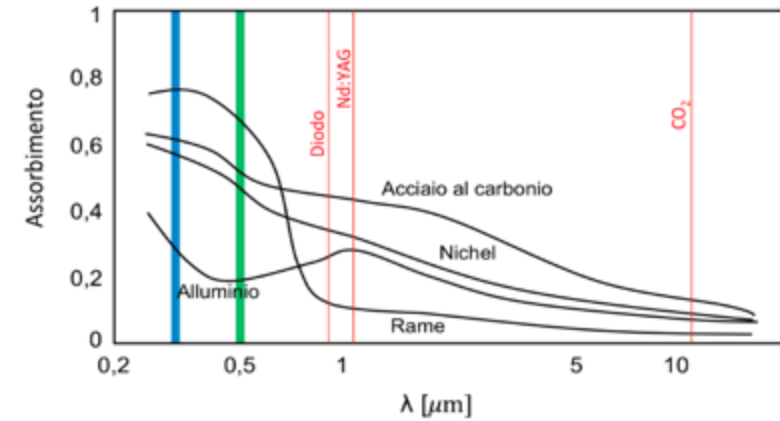
Sorgente laser blu

Laserline LDM 1500 – 60

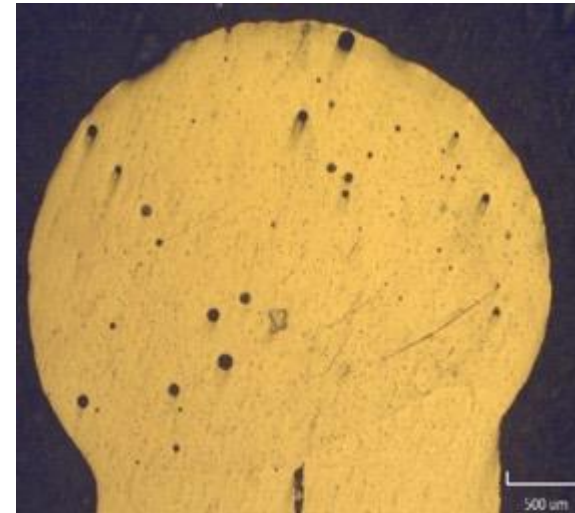
Potenza massima = 1500 [W]

Lente di focalizzazione = 100 [mm]

Diametro spot = 0,6 [mm]



Potenza = 1000 [W]
Tempo di accensione = 0,85 [s]



Potenza = 1000 [W]
Tempo di accensione = 1 [s]



Saldatura laser Hairpins

Attività:

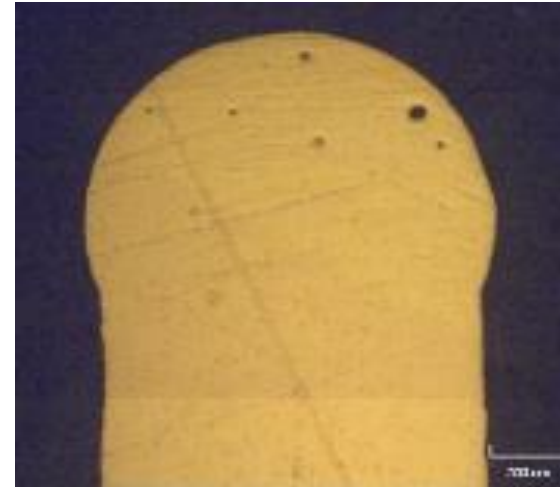
- Caratterizzazione metallografica
- Caratterizzazione meccanica
- Misura resistenza elettrica
- Analisi SEM-EDS
- Valutazione degrado isolante post-saldatura



Focale lunga



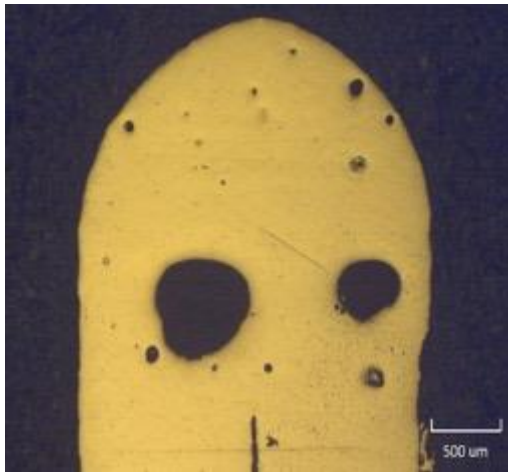
Focale corta



Saldatura Hairpins

Sorgente laser infrarossi

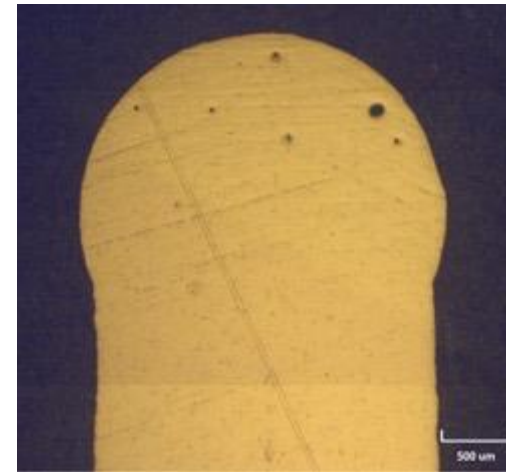
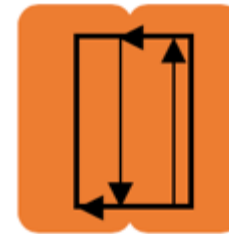
Obiettivo: Ridurre la percentuale di porosità presenti nel giunto



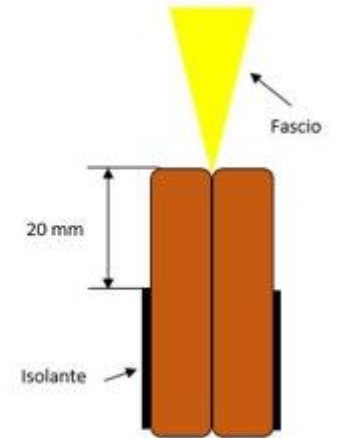
Porosità = 11 [%]



Porosità = 3 [%]

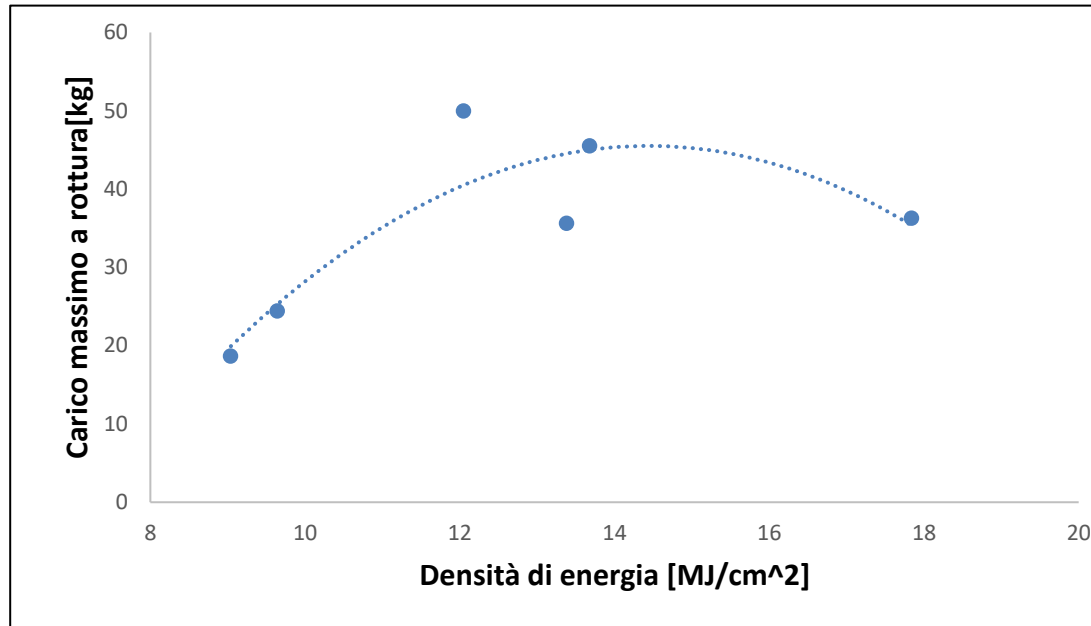


Porosità = 1 [%]



Saldatura Hairpins

Risultati prove di trazione



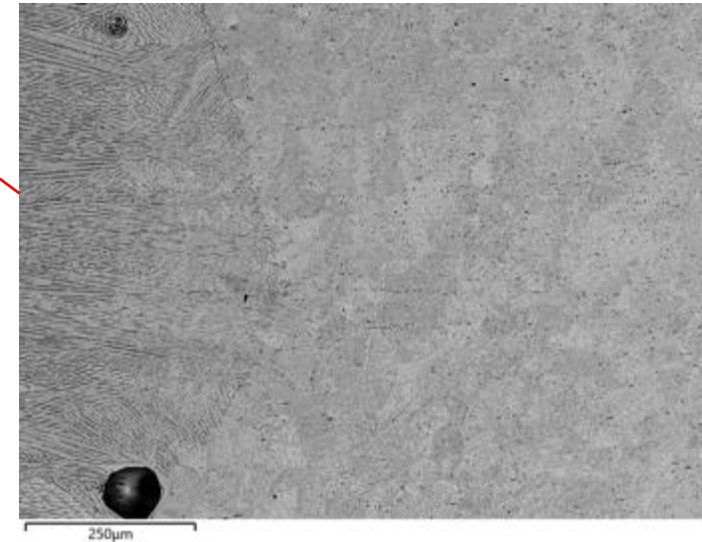
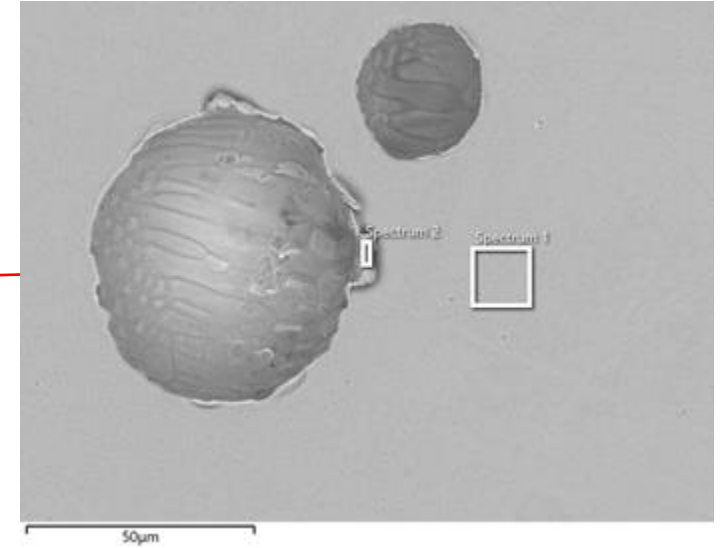
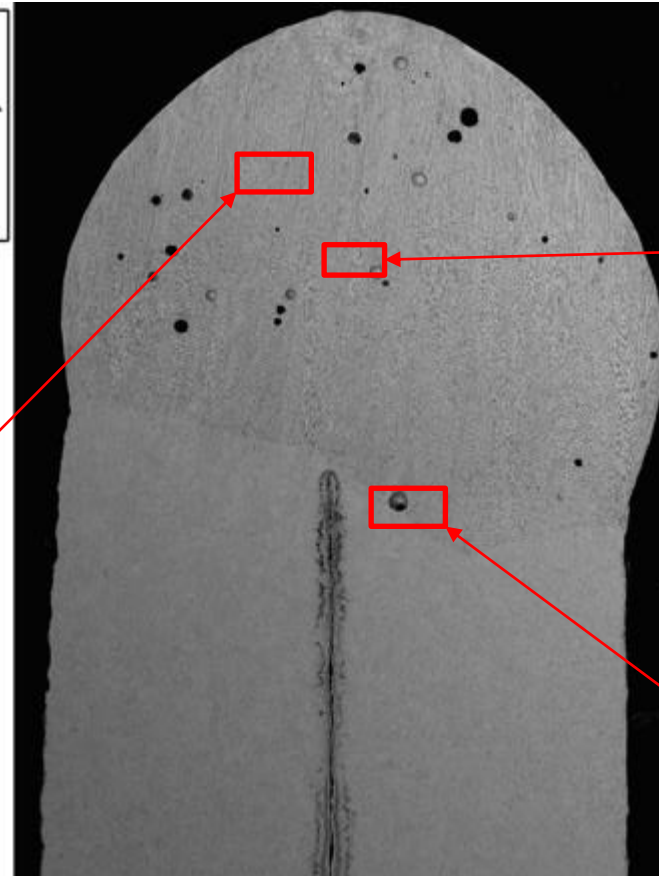
Con i parametri ottimizzati, sono stati ottenuti carichi di rottura di circa 50 kg; si evidenzia come in qualsiasi caso la rottura avviene in corrispondenza del materiale base.



Saldatura Hairpins

Analisi SEM-EDS

Spectrum 1	Wt%	Wt% Sigma	Atomic %
O	0.52	0.09	2.04
Cu	99.48	0.09	97.96
Total	100.00		100.00





ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Grazie per l'attenzione