

Progetto POEMA

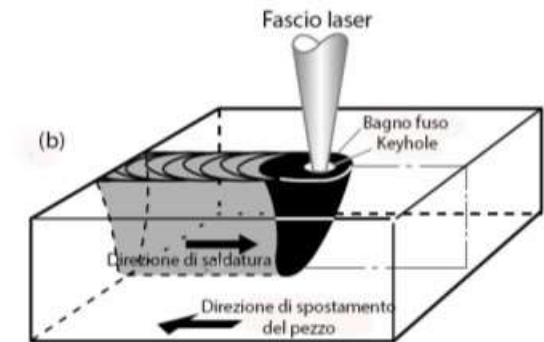
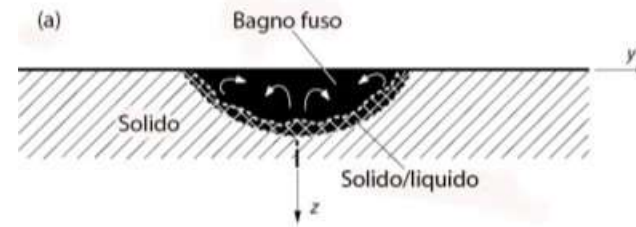
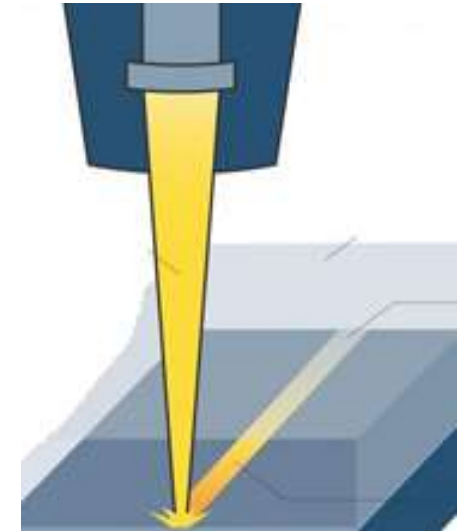


Il processo

Il processo di saldatura laser sfrutta l'alta densità di potenza prodotta dal fascio per portare a fusione due lembi di materiale. Consente di ottenere importanti livelli di penetrazione con l'impiego di un basso apporto termico specifico.

I principali vantaggi della saldatura laser sono:

- Possibilità di saldare piccoli spessori e componenti di ridotte dimensioni;
- Limitate distorsioni termiche;
- Zona termicamente alterata contenuta;
- Non richiede generalmente lavorazioni supplementari;
- Si presta facilmente ad essere automatizzata.
- Elevata produttività



Impianto saldatura laser ad elevate automazione

Configurazione finale impianto saldatura laser

IRC-5		
Parametri		
Produttore e tipo	ABB, Double fixed table manipulation system, SN POF-111396	
	La stazione cambia con una rotazione intorno ad un asse verticale. Il movimento della stazione è servocontrollato e gestito dall'unità di programmazione del robot.	

IRB 1600 6/1.20		
Parametri		
Produttore e tipologia	ABB robot, SN 105976	
Carico massimo alla flangia del robot	6 Kg	
Massima area di lavoro al centro del polso (R)	1200 mm	

IRB 4400 60/1.95		
Parametri		
Produttore e tipologia	ABB robot, SN 100928	
Numero di assi	Sei assi servocontrollati	
Unità di controllo	IRC5	
Unità programmabile portatile	Flex Pendant	
Software di programmazione	Robot Ware	
Carico Massimo sulla flangia del robot	60 Kg	
Massima area di lavoro al centro del polso (R)	1960 mm	



Impianto saldatura laser ad elevate automazione

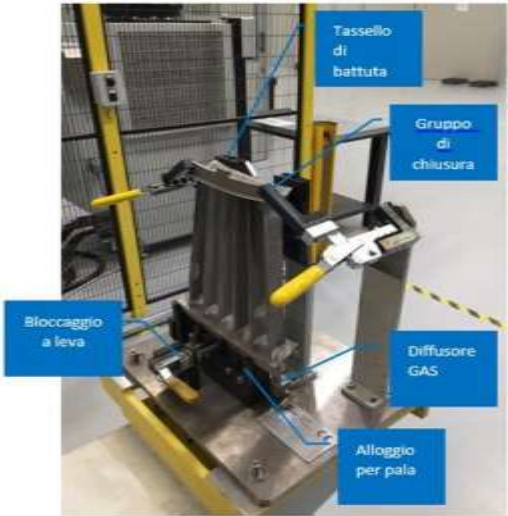


Configurazione finale impianto saldatura laser

Testa di saldatura	
Parametri	
Produttore e tipologia	IPG head, FL36-1V4F1A
Configurazione	Verticale
Modulo Wobbler	Sì
Frequenza wobbler	0-300 Hz
Posizioni wobbler	0-36
Lunghezza focale	300 mm
Lunghezza collimatrice	100 mm



Laser	
Parametri	
Produttore e tipologia	IPG laser YLS-2000-S2T
Dimensioni WxDxH	856 x 806 x 1206 mm
Peso	310 kg
Potenza massima	2000 W
Modalità utilizzo	CW/modulated
Lunghezza d'onda	1068-1080 nm
Instabilità della potenza Output (Intervallo di 8 ore)	± 2



OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni



PROTOTIPI

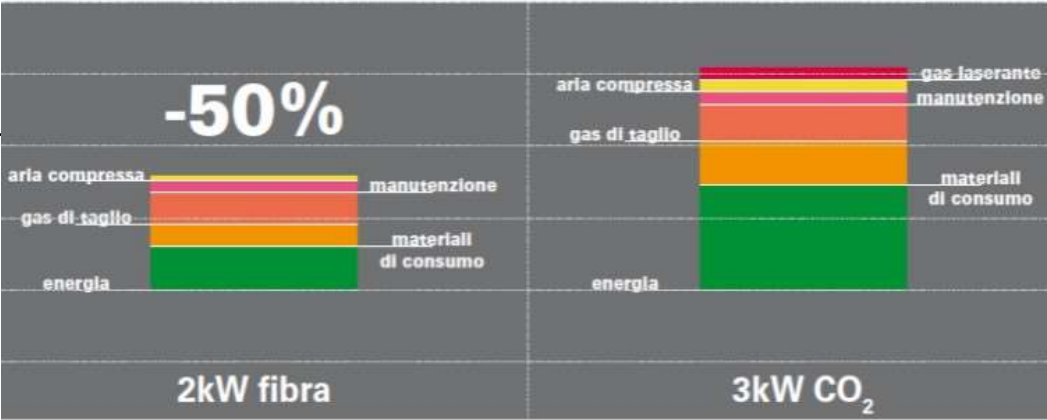
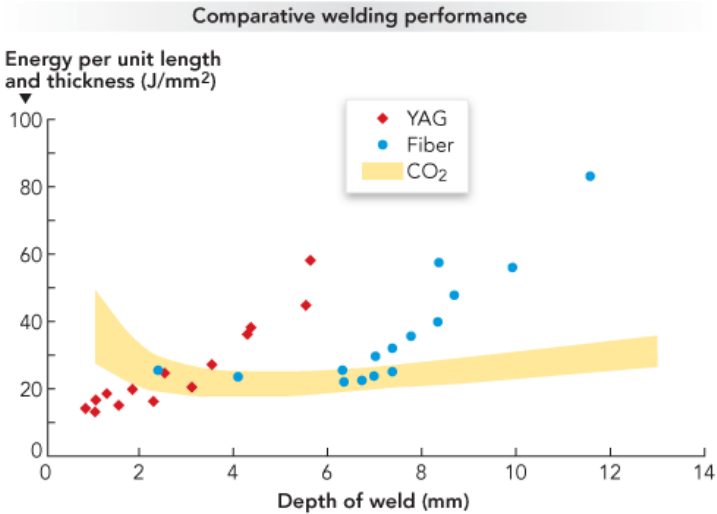
OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni



OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

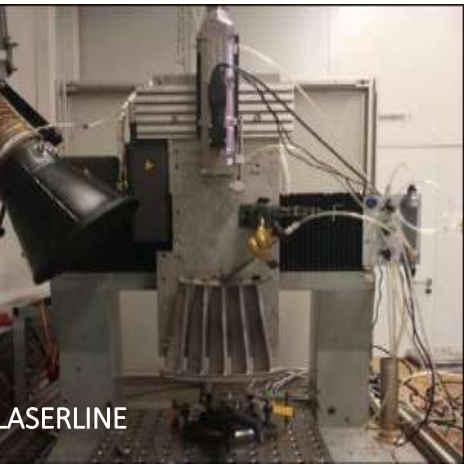
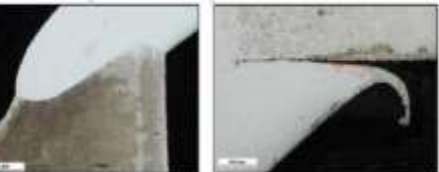
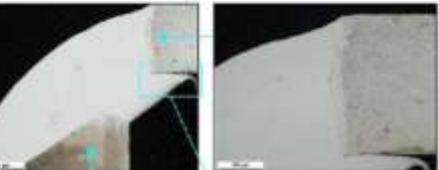
Attività 4.1.1 Analisi dell'applicabilità del processo laser per la saldatura dei piattini sui componenti statorici EMA in superlega Ni, valutazione dei vantaggi, svantaggi tipici ed i punti di criticità, e identificazione della tipologia di impianto di saldatura e sorgente più adatte alle specifiche esigenze di lavorazione.

	Vantaggi	Svantaggi
CO ₂	- Buon rendimento - Costi bassi per Watt di potenza - Costi operativi bassi - Emissioni meno pericolose per la vista - Alta qualità del fascio	- Difficoltà nella lavorazione di materiali altamente riflettivi - Ottiche complesse e ingombranti - Ampio diametro nel punto focale - Maggiore ingombro
Nd:YAG	- Trasporto su fibre ottiche - Efficacia su materiali altamente riflettivi - Buona precisione di saldatura	- Basso rendimento elettro-ottico - Minore potenza - Alti costi di impianto - Alta pericolosità per la vista - Inefficace su materiali trasparenti nel visibile
Fibra	- Trasporto su fibre ottiche - Costi bassi per Watt di potenza - Costi operativi bassi - Ridotto diametro nel punto focale - Alta qualità del fascio	- Inefficace su materiali trasparenti nel visibile - Alta pericolosità per la vista

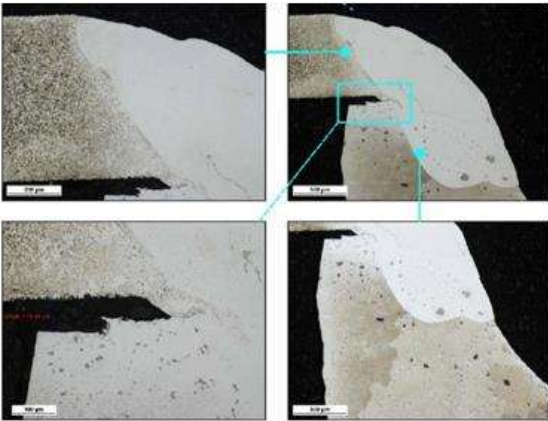
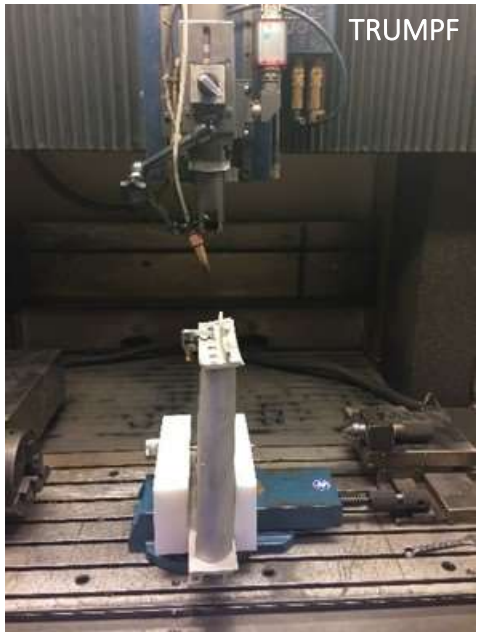


OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

Attività 4.1.1 Analisi dell'applicabilità del processo laser per la saldatura dei piattini sui componenti statorici EMA in superlega Ni, valutazione dei vantaggi, svantaggi tipici ed i punti di criticità, e identificazione della tipologia di impianto di saldatura e sorgente più adatte alle specifiche esigenze di lavorazione.



Condizione	Potenza [W]	Tempo accensione laser [ms]	Velocità [mm/s]	Macro
1	1400	1050	33	
2	2500	1050	33	
3	2500	1050	33	
4	2500	1050	33	
5	2500	1050	33	
6	2500	1050	33	
7	2500	1050	33	
8	2500	1050	33	
9	2500	1050	33	
10	2500	1200	33	
11	2500	1250	33	



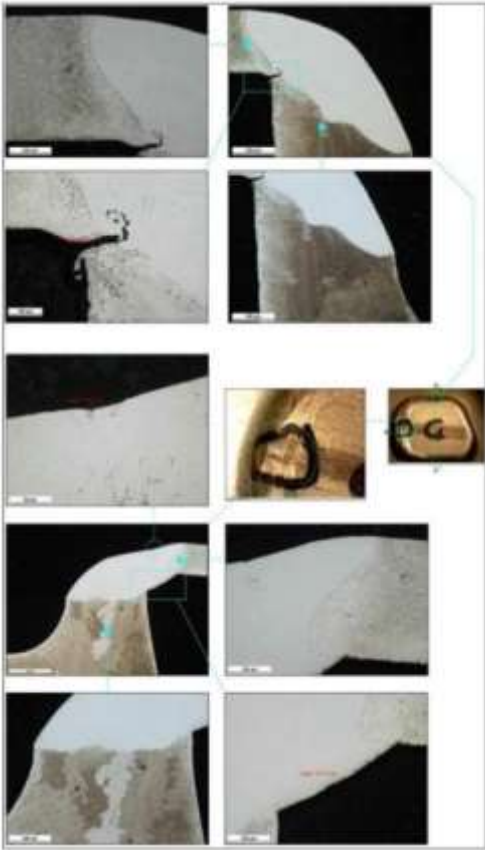
OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

Attività 4.1.1 Analisi dell'applicabilità del processo laser per la saldatura dei piattini sui componenti statorici EMA in superlega Ni, valutazione dei vantaggi, svantaggi tipici ed i punti di criticità, e identificazione della tipologia di impianto di saldatura e sorgente più adatte alle specifiche esigenze di lavorazione.

IPG – MODULO WOBBLER

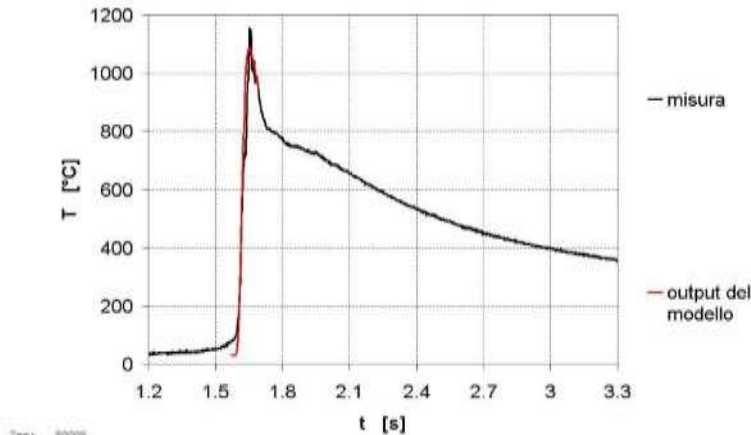
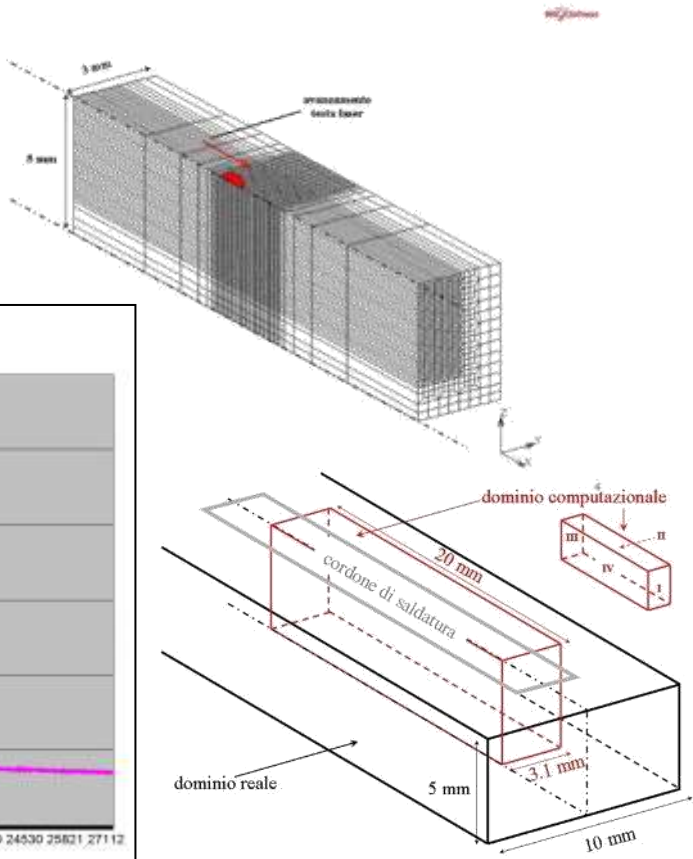
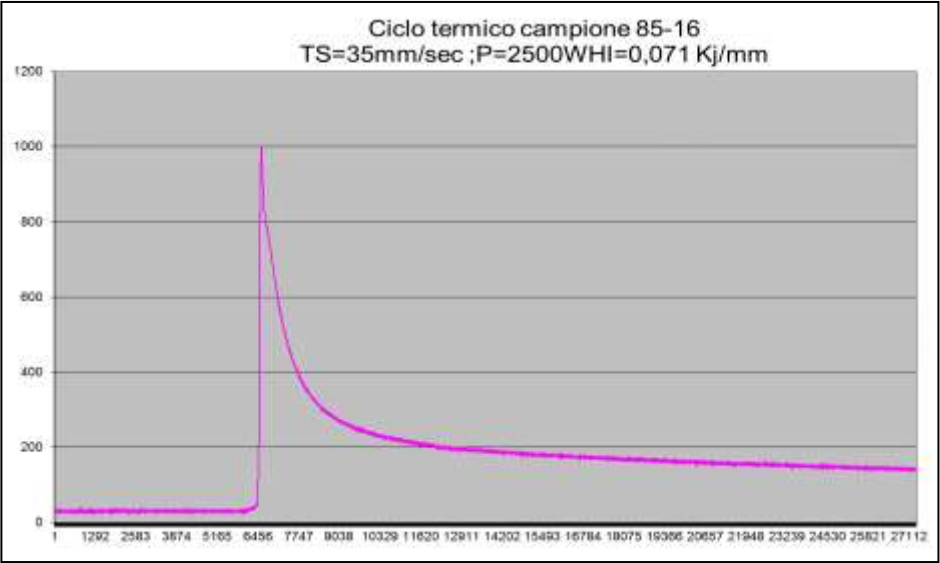


Condizione	Macrografia	Condizione	Macrografia
3		8	
4		9	
5		10	
6		11	
7		12	
		13	

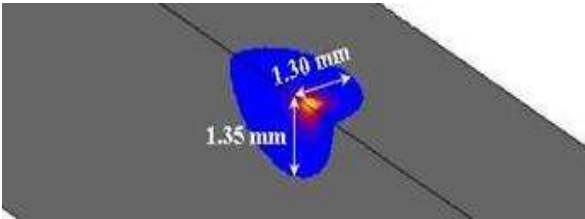
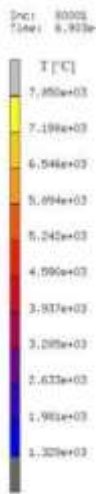


OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

Attività 4.1.2 Studio della solidificazione rapida del fuso metallico e dell'evoluzione della microstruttura di solidificazione mediante simulazione numerica per una comprensione approfondita dei fenomeni che governano il processo di saldatura.



Sovrapposizione del profilo di temperatura calcolato in corrispondenza della termocoppia con quello misurato.

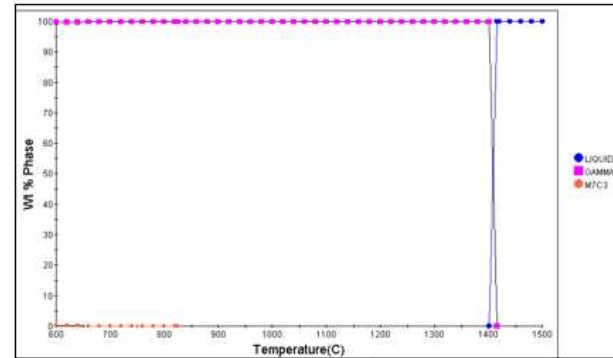


OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

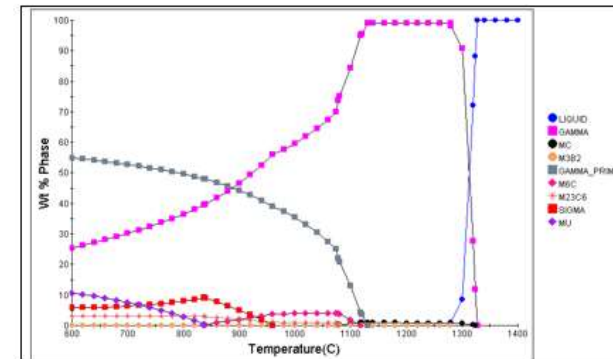
Attività 4.1.2 Studio della solidificazione rapida del fuso metallico e dell'evoluzione della microstruttura di solidificazione mediante simulazione numerica per una comprensione approfondita dei fenomeni che governano il processo di saldatura.

Codici di calcolo:

1. Thermocalc (Ni_DATA): modalità di solidificazione in condizioni equilibrio e Scheil,
2. Diagrammi di fase all'equilibrio JMatPro per determinare:
 - modalità di solidificazione in condizioni equilibrio e Scheil,
 - diagrammi di fase all'equilibrio
 - CCT e TTT
3. Modelli CSM di prima solidificazione
 - sottoraffreddamento
 - modalità di prima solidificazione (planare, cellulare, dendritica)
4. Modelli CSM di microsegregazione
 - modalità di solidificazione in condizioni di solidificazione rapida
 - formazione di fasi metastabili

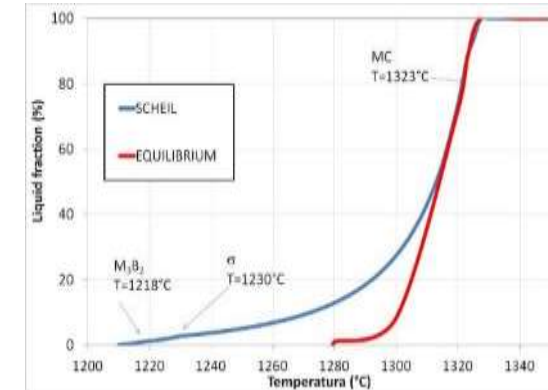


Lega NIM75

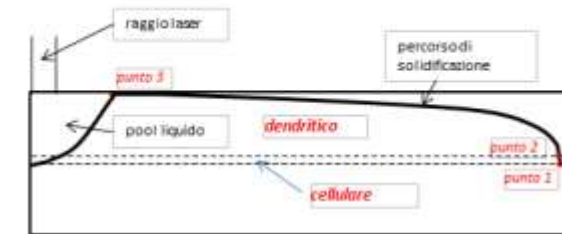


Lega C1023

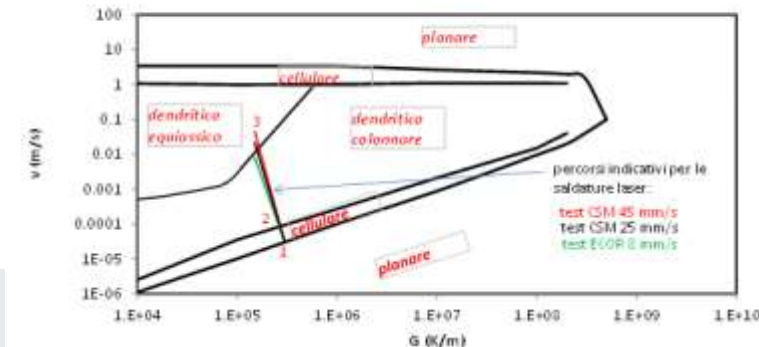
Diagrammi di fase calcolati all'equilibrio per la lega NIM75 e C1023



Evoluzione della frazione di liquido calcolata all'equilibrio e con modalità SCHEIL



Mappa di selezione della microstruttura per la lega C1023



OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

Attività 4.2. Studio, progettazione e sviluppo di un programma di test di saldatura laser per la chiusura dei piattini dei componenti statorici EMA in superlega a base Ni

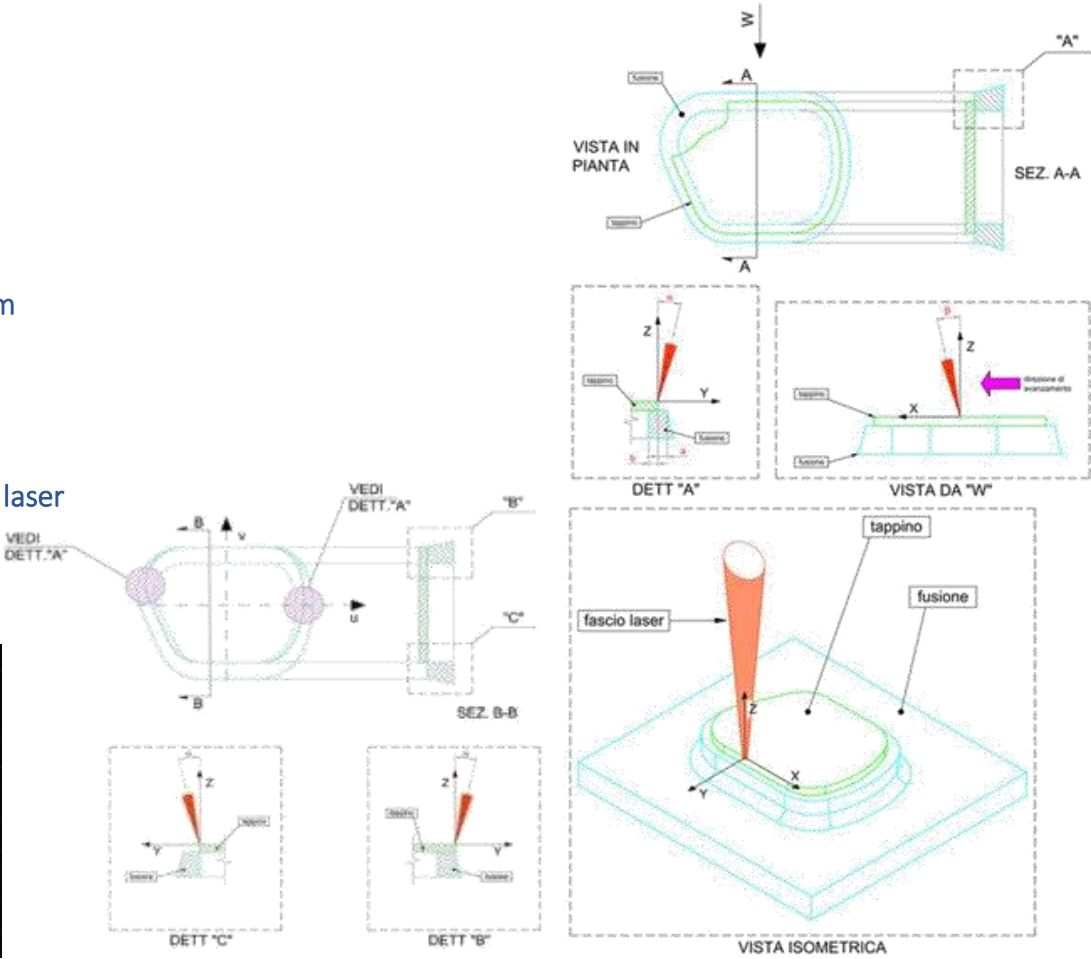


Sample No.	Laser Power [W]	Speed [m/min]	Focal Position [mm]	Frequency [Hz]	Posizione Wob	Amplitude [mm]	Gas assist (gas lens) [l/min]
A	890	1	-3	50	4	0,8	30 (15 IN e 15 OUT)
A dressing	670	1	10	0	0	0	30 (15 IN e 15 OUT)
B	890	1	-3	0	0	0	30 (15 IN e 15 OUT)
B dressing	890	1	15	0	0	0	30 (15 IN e 15 OUT)
C	890	1	-3	50	4	0,8	30 (15 IN e 15 OUT)
C dressing	890	1	15	0	0	0	30 (15 IN e 15 OUT)
D	890	1	-3	0	0	0	30 (15 IN e 15 OUT)

Set-up ottico

Diametro Fibra (Φ fiber) = 100 μ m
Distanza Collimatore (f_c) = 200 mm
Distanza Focale (f_f) = 250 mm

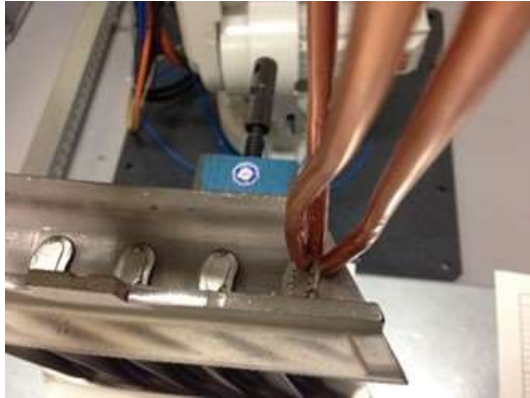
Angolo di inclinazione testa laser
Percorso di saldatura
Gas di protezione per la saldatura laser
Variabili geometriche



OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

Attività 4.2. Studio, progettazione e sviluppo di un programma di test di saldatura laser per la chiusura dei piattini dei componenti statorici EMA in superlega a base Ni

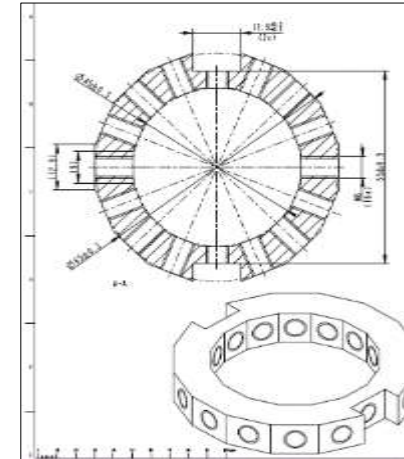
STUDIO ED ANALISI VARIABILI PROCESSO: PROTEZIONE DELLA SALDATURA



Sistema di protezione con tre canali di raffreddamento in rame



Ugello coassiale IPG



Co-design ugello con TRUMPF



OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

Attività 4.2. Studio, progettazione e sviluppo di un programma di test di saldatura laser per la chiusura dei piattini dei componenti statorici EMA in superlega a base Ni

STUDIO ED ANALISI VARIABILI PROCESSO: PUNTATURA CAPS

FASI

- Puntatura A SPOT
- Puntatura con wobbler



WOBBLER

Attività R&S

OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

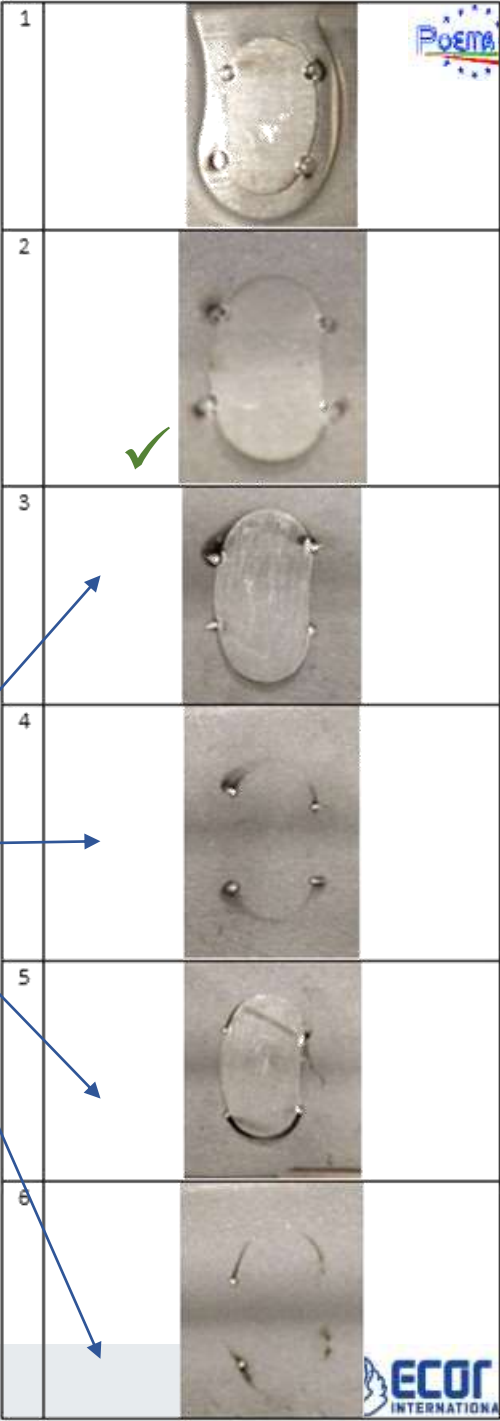
Attività 4.2. Studio, progettazione e sviluppo di un programma di test di saldatura laser per la chiusura dei piattini dei componenti statorici EMA in superlega a base Ni

Punti grandi dimensioni ->
no copertura cordone di saldatura

STUDIO ED ANALISI VARIABILI PROCESSO: PUNTATURA CAPS

Condizione	Potenza [W]	Durata [ms]
1	400	200
2	400	300
3	300	200
4	300	100
5	200	200
6	200	100

No saldatura plate-pala



OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

Attività 4.2. Studio, progettazione e sviluppo di un programma di test di saldatura laser per la chiusura dei piattini dei componenti statorici EMA in superlega a base Ni

STUDIO ED ANALISI VARIABILI PROCESSO: sensibilità alla configurazione di saldatura con effetto multiplo delle variabili

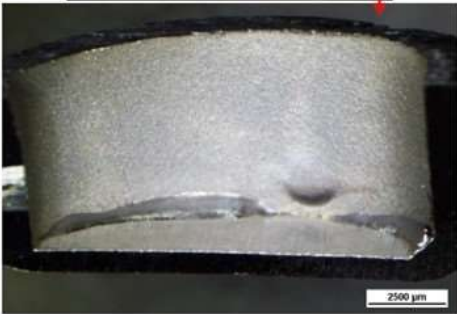
Potenza [W]	Velocità [mm/sec]	Posizione spot laser [mm]	Posizione wobbler [mm]	Frequenza wobbler [Hz]	Offset percorso [mm]	Portata gas di protezione [l/min]
890	16	-3	4	50	0.3	15



Larghezza del cordone di saldatura variabile da 1 mm a max 3 mm.



Variazione della penetrazione



Potenza [W]	Velocità [mm/s]	Posizione fuoco [mm]	Posizione wobbler [mm]	Frequenza wobbler [Hz]
890	16	-3	4	50



LP: saldatura 4 non presenta difetti -> la rampa di chiusura fissata per le prove successive ad una durata di 1000 ms effettuandola sul lato sinistro del cordone.

OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

Attività 4.2. Studio, progettazione e sviluppo di un programma di test di saldatura laser per la chiusura dei piattini dei componenti statorici EMA in superlega a base Ni

- Individuazione 24 punti di programmazione;
- Teaching by point;
- Percorso programmato su spigolo superiore tappino (migliore delineamento geometria);
- Percorso di saldatura con offset interno (0,3 mm).

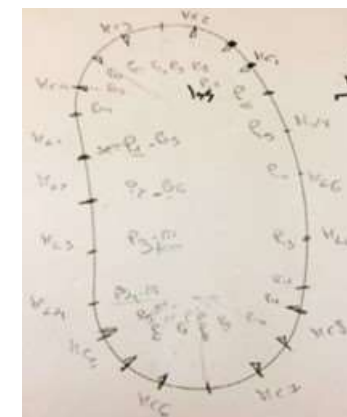
NOTA:

Nella configurazione finale, la programmazione del percorso di saldatura avviene in modo automatico sulla base del rilievo automatico geometria del tappino.

TEST PERCORSO AUTOMATICO

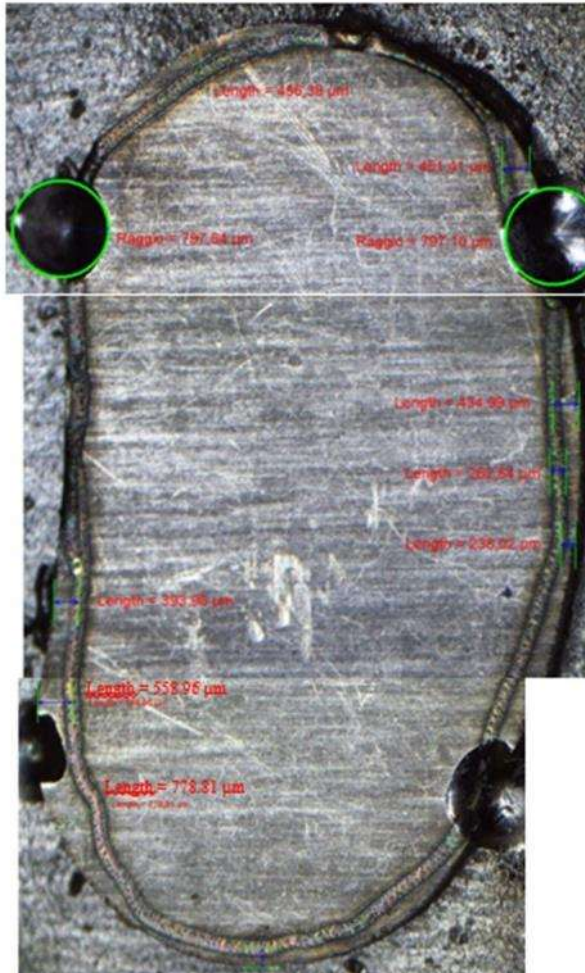
Percorso al 100% della velocità di saldatura con una potenza laser impostata di 100 W -> Incongruenze tra percorso programmato/eseguito dal laser -> prove su piastra piana s=8 mm:

- Prove con stesso set parametri impiegati in precedenza e con stesso programma di movimentazione;
- Prove di marcature sulla piastra con stesso set parametri impiegati in precedenza sostituendo tutte le istruzioni di movimentazione circolare del robot (raccordi), MOVE-C, con istruzioni di movimentazione lineare, MOVE-L;
- Ripetizione delle prove con riduzione di velocità.

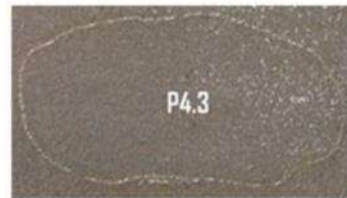


OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

Attività 4.2. Studio, progettazione e sviluppo di un programma di test di saldatura laser per la chiusura dei piattini dei componenti statorici EMA in superlega a base Ni



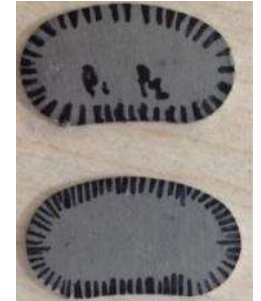
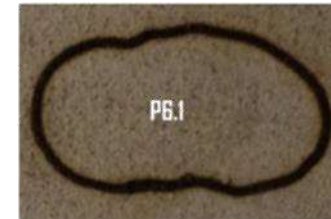
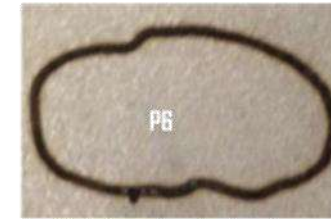
Test marcatura piana



16 mm/s

8 mm/s

MOVE-C

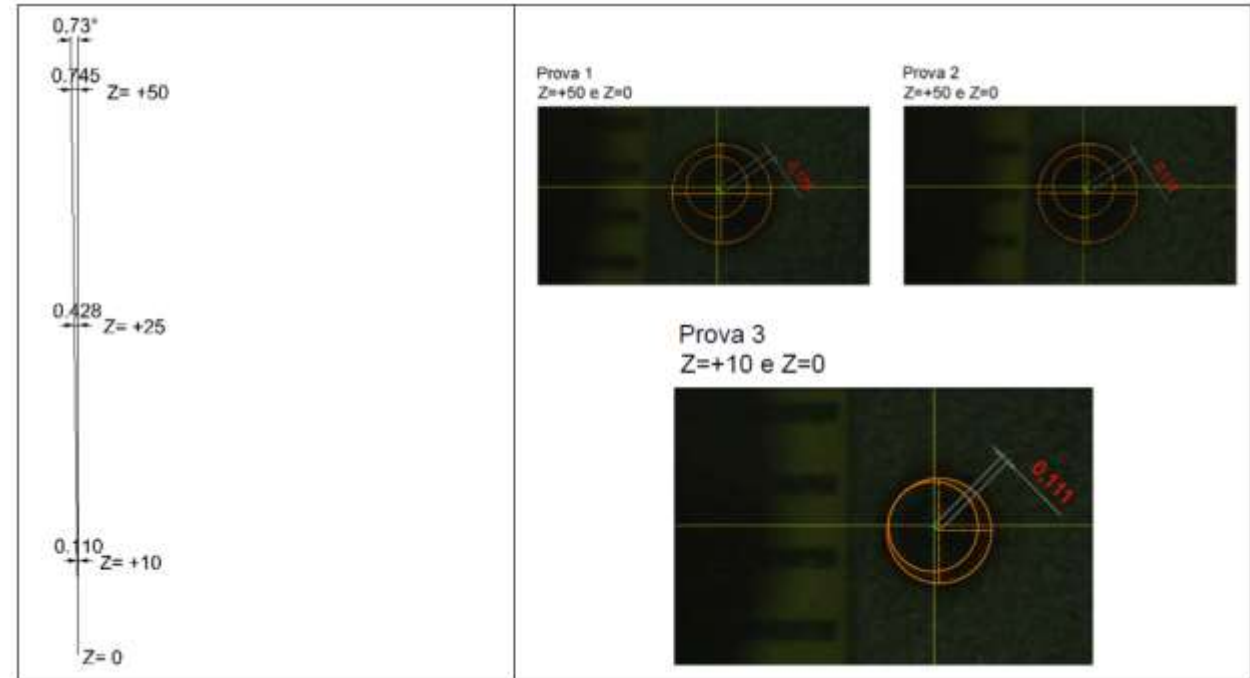
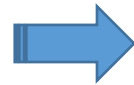


Prove di spot su una piastra piana a diverse quote di sfocalizzazione per verificare:

- la perpendicolarità fascio
- telecamera con piano di lavoro



- Misura della concentricità degli spot
- Sfocalizzazioni consuete (-5; 0; +5)



Errore geometrico: ordine di alcuni centesimi

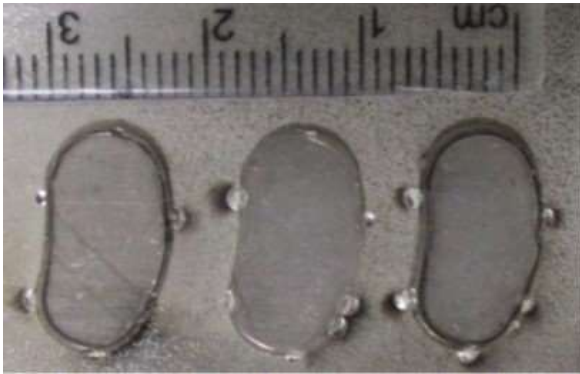
Attività R&S

OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

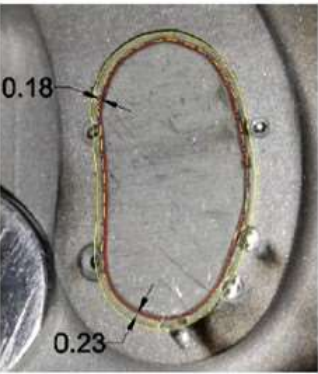
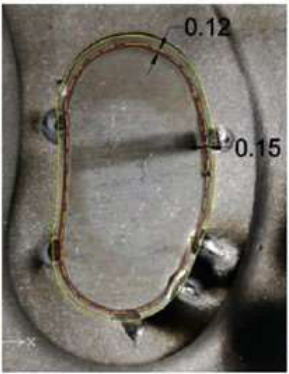
Attività 4.3.1. Analisi e definizione delle prestazioni delle attrezzature per l'automazione (accuratezza e precisione).

Tests effettuati

- Ricerca fuoco reale
- Verifica della perpendicolarità della testa laser
- Verifica mantenimento traiettoria
- Analisi di sensibilità alle variazioni dimensionali piattini

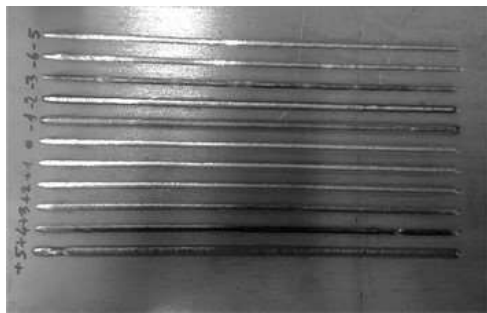


Prove di marcatura



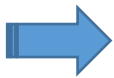
Prove di marcatura con plates puntati

Ricerca fuoco reale -> procedura di controllo della posizione focale

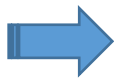


Fusioni di circa 20 cm di lunghezza a diverse quote (8mm/s)

Sfocalizzazioni in positivo e negativo (rif.to fuoco costruttore)



Analisi di immagine con microscopio ottico: traccia con larghezza minima

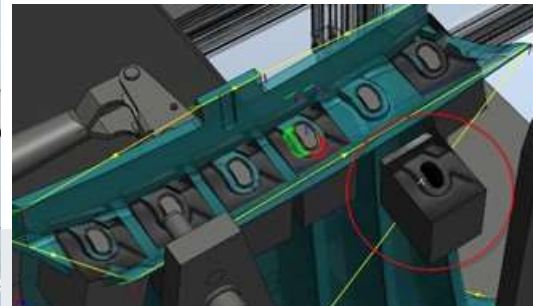
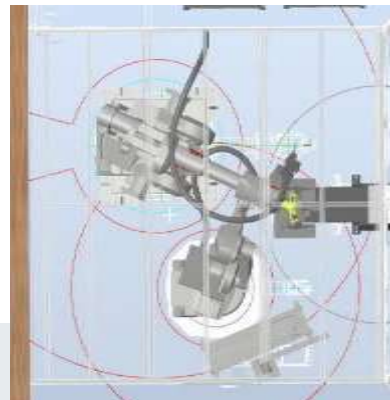
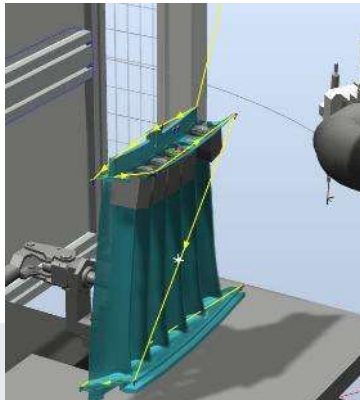
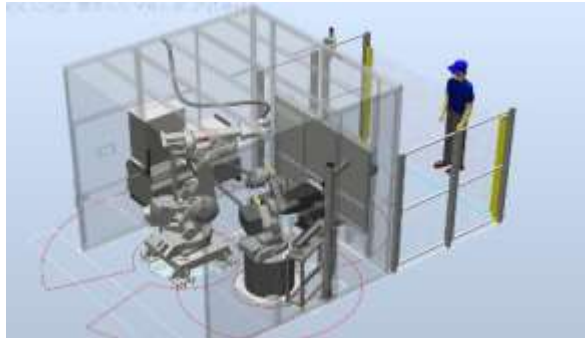
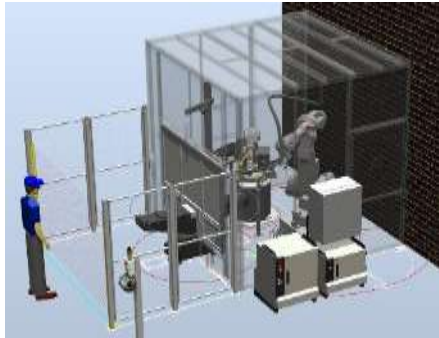
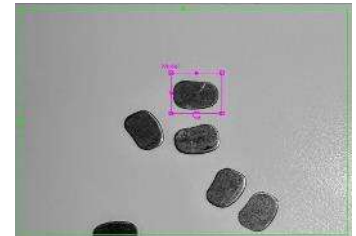
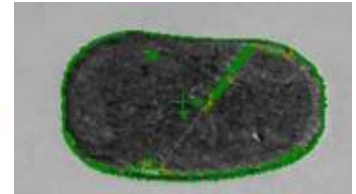
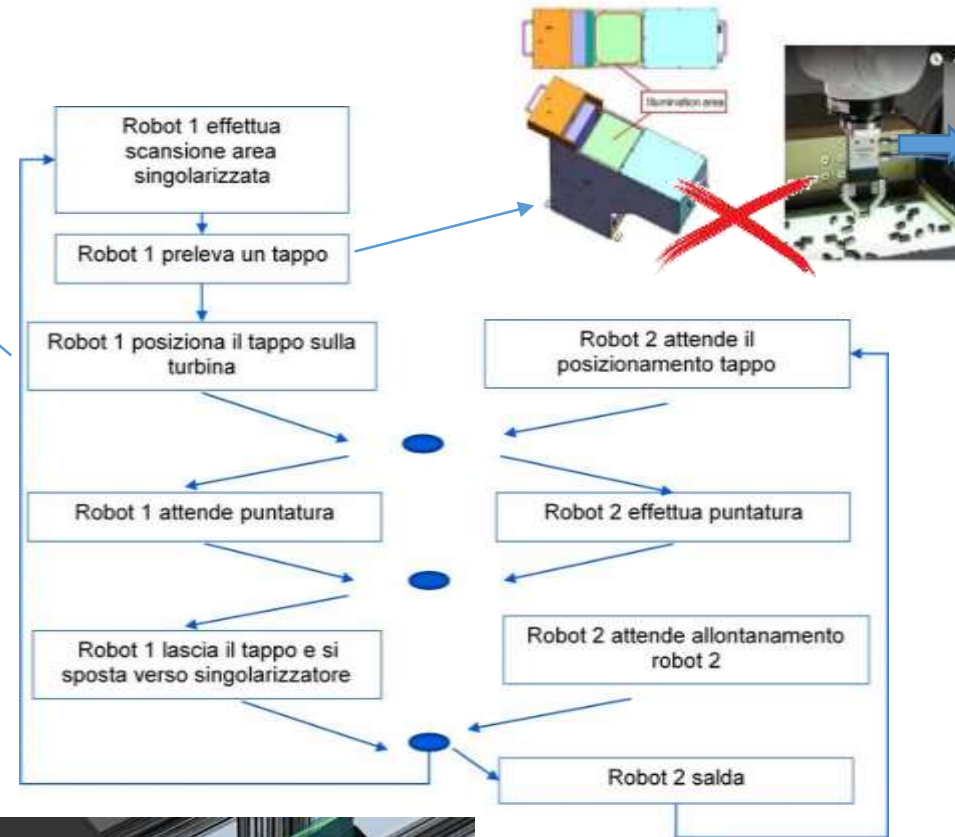
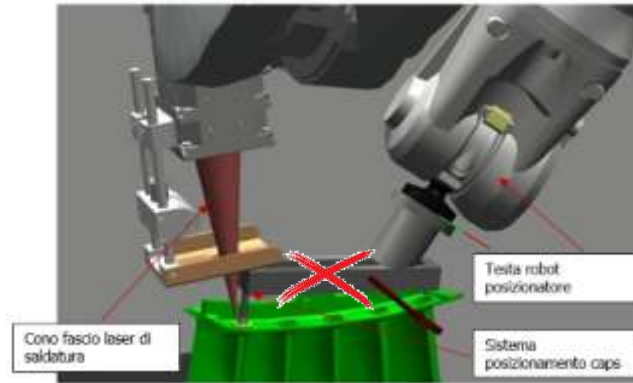


Fuoco	Larghezza cordone di saldatura (valore medio)
5	2,77 mm
4	2,68 mm
3	2,79 mm
2	2,61 mm
1	2,55 mm
0	2,46 mm
-1	2,53 mm
-2	2,56 mm
-3	2,50 mm
-4	2,55 mm
-5	2,55 mm

Posizione focale della telecamera

OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

Attività 4.3.2. Progettazione e sviluppo di una soluzione ottimale di automazione del processo di saldatura mediante analisi di collisione testa di saldatura con il componente da saldare, movimentazione singolo componente durante caricamento, posizionamento caps, inizio e fine saldatura, scaricamento), sviluppo software/interfaccia operatore.



Attività R&S

OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

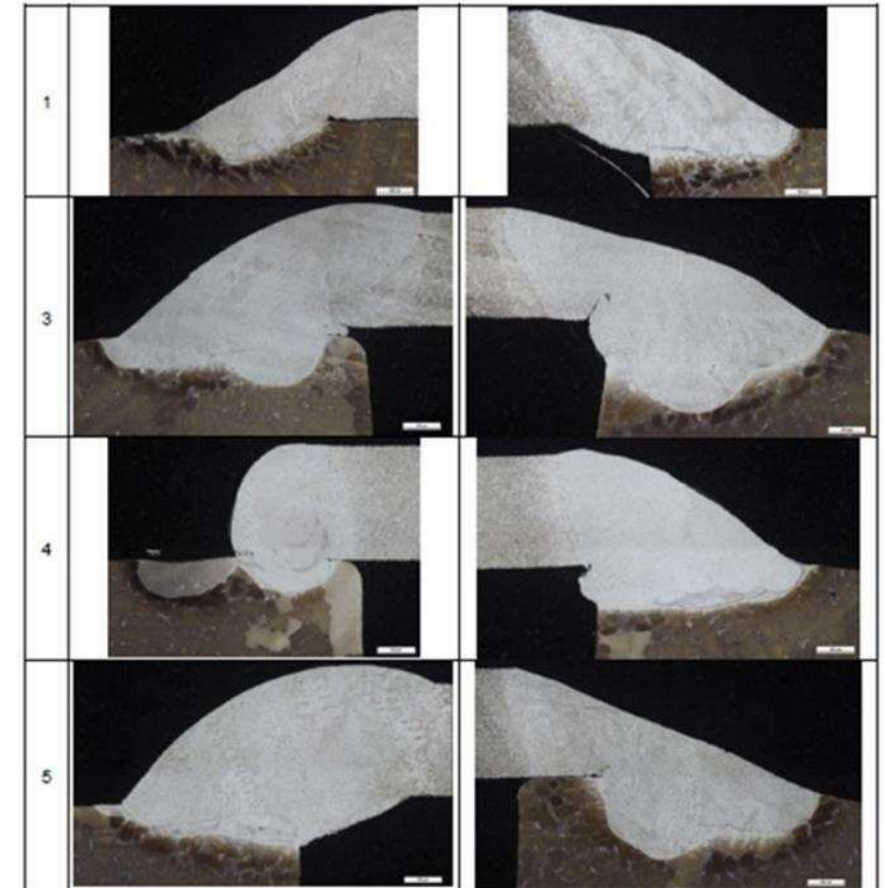
Attività 4.3.3. Realizzazione prove di saldatura automatizzata con le nuove attrezzature e messa a punto finale del processo anche mediante la progettazione e realizzazione di un programma di saldatura ottimizzato, con analisi finale dei benefici, in termini di aumento della qualità complessiva della saldatura, riduzione tempi ciclo e costi lavorazione, rispetto alla saldatura tradizionale TIG.

STUDIO ED ANALISI VARIABILI PROCESSO: riduzione porosità

Riferimento: test su campioni piani:

Potenza [W]	Velocità [mm/sec]	Posizione spot laser [mm]	Posizione wobbler [mm]	Frequenza wobbler [Hz]	Offset percorso [mm]
500	10	0	0	0	0,4

- Saldatura P08795I2-P1: differente geometria del fuso.
- Saldatura P08795I2-P3, lato B: presenza di un difetto non accettabile rispetto ai criteri di accettabilità forniti dal cliente (specificata SMP-117).
- Saldatura P08795I2-P4: differente geometria del fuso tra i due lati.
- Saldatura P08795I2-P5: differente geometria del fuso tra i due lati, una possibile causa è imputabile alla diversa sovrapposizione del tappino rispetto al collarino della pala.



Attività R&S

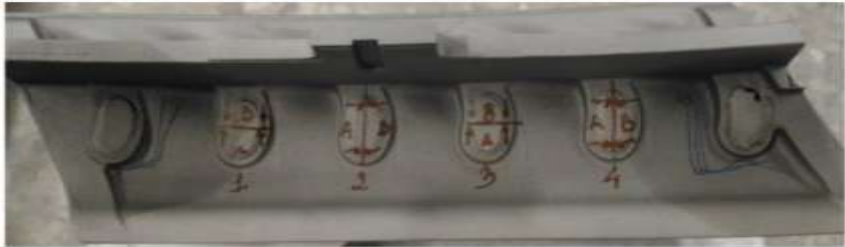
OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

Attività 4.3.3. Realizzazione prove di saldatura automatizzata con le nuove attrezzature e messa a punto finale del processo anche mediante la progettazione e realizzazione di un programma di saldatura ottimizzato, con analisi finale dei benefici, in termini di aumento della qualità complessiva della saldatura, riduzione tempi ciclo e costi lavorazione, rispetto alla saldatura tradizionale TIG.

STUDIO ED ANALISI VARIABILI PROCESSO: influenza variazione parametri saldatura

- Miglioramento raccordo cordone di saldatura.
 - Miglioramento del punto di saldatura bloccaggio plate (mancanza fusione completa)
- ➡
- Incremento della potenza e della velocità per riuscire ad ottenere un cordone più raccordato;
 - Introduzione del wobbler e riduzione dell'offset del percorso per riuscire a coprire i punti di saldatura.

Potenza [W]	Velocità [mm/sec]	Posizione spot laser [mm]	Posizione wobbler [mm]	Frequenza wobbler [Hz]	Offset percorso [mm]
890	16	-3	4	50	0,2



Saldatura pala P08175L1



Attività R&S

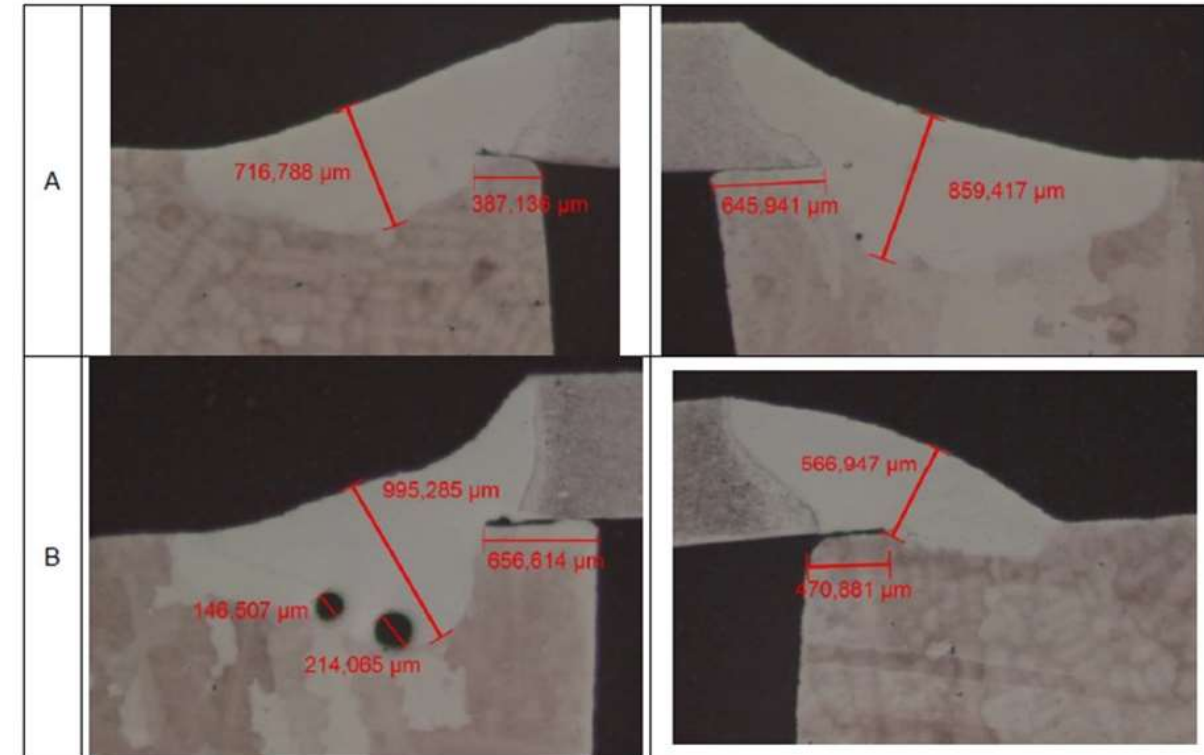
OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

Attività 4.3.3. Realizzazione prove di saldatura automatizzata con le nuove attrezzature e messa a punto finale del processo anche mediante la progettazione e realizzazione di un programma di saldatura ottimizzato, con analisi finale dei benefici, in termini di aumento della qualità complessiva della saldatura, riduzione tempi ciclo e costi lavorazione, rispetto alla saldatura tradizionale TIG.

STUDIO ED ANALISI VARIABILI PROCESSO: influenza variazione parametri saldatura

Potenza [W]	Velocità [mm/sec]	Posizione spot laser [mm]	Posizione wobbler [mm]	Frequenza wobbler [Hz]	Offset percorso [mm]
890	16	-3	4	50	0,2

- penetrazione al rovescio poco regolare e differente tra le sezioni analizzate.
- presenza di porosità di diametro non accettabili rispetto ai criteri di qualità dei giunti saldati (ammesso max 0,1 mm).



Sez. metallografica saldatura pala

Attività R&S

OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

Attività 4.3.3. Realizzazione prove di saldatura automatizzata con le nuove attrezzature e messa a punto finale del processo anche mediante la progettazione e realizzazione di un programma di saldatura ottimizzato, con analisi finale dei benefici, in termini di aumento della qualità complessiva della saldatura, riduzione tempi ciclo e costi lavorazione, rispetto alla saldatura tradizionale TIG.

STUDIO ED ANALISI VARIABILI PROCESSO: Influenza potenza laser

SCOPO: saldature con una morfologia del raccordo conforme lungo l'intero profilo.

Variazione potenza laser in decrescenza:

- 820 W
- 800 W
- 750W



Saldatura P 820 W



Saldature P 800 W



Saldature P 750 W

Attività R&S

OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

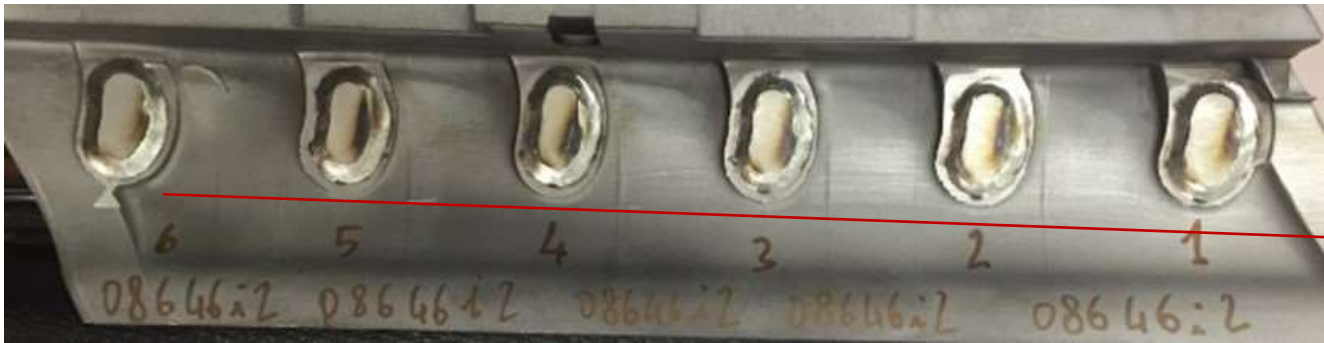
Attività 4.3.3. Realizzazione prove di saldatura automatizzata con le nuove attrezzature e messa a punto finale del processo anche mediante la progettazione e realizzazione di un programma di saldatura ottimizzato, con analisi finale dei benefici, in termini di aumento della qualità complessiva della saldatura, riduzione tempi ciclo e costi lavorazione, rispetto alla saldatura tradizionale TIG.

STUDIO ED ANALISI VARIABILI PROCESSO: wobbler

SCOPO: copertura punti saldatura con cordone.

- Frequenza wobbler fissa
- Variazione posizione wobbler -> incremento diametro

	Plate 1	Plate 2	Plate 3	Plate 4	Plate 5	Plate 6
Frequenza wobbler [Hz]	50	50	50	50	50	50
Posizione wobbler	4	6	8	10	12	15
Diametro wobbler [mm]	0.6	0.9	1.2	1.4	1.7	2



Attività R&S

OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

Attività 4.3.3. Realizzazione prove di saldatura automatizzata con le nuove attrezzature e messa a punto finale del processo anche mediante la progettazione e realizzazione di un programma di saldatura ottimizzato, con analisi finale dei benefici, in termini di aumento della qualità complessiva della saldatura, riduzione tempi ciclo e costi lavorazione, rispetto alla saldatura tradizionale TIG.

STUDIO ED ANALISI VARIABILI PROCESSO: wobbler

SCOPO: copertura punti saldatura con cordone.

- Frequenza wobbler fissa
- Incremento a 100Hz frequenza oscillazione wobbler

SCOPO: riduzione vel. saldatura per incremento profondità penetrazione.

Potenza [W]	Velocità [mm/sec]	Posizione spot laser [mm]	Posizione wobbler [mm]	Frequenza wobbler [Hz]	Offset percorso [mm]
820	13	-3	15	100	0.1



- cordone uniforme,
- ben raccordato,
- assenza maglie oscillazione fascio



Attività R&S

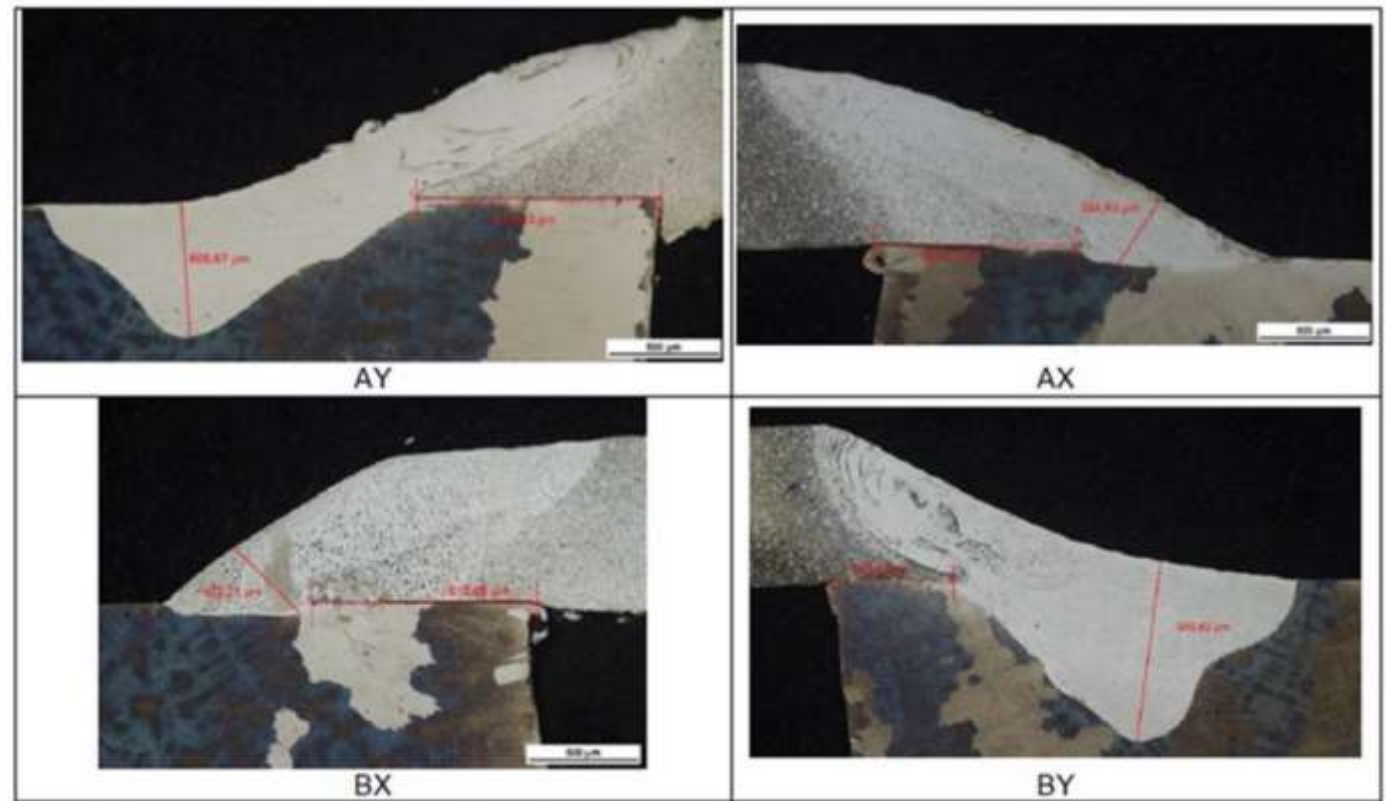
OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

Attività 4.3.3. Realizzazione prove di saldatura automatizzata con le nuove attrezzature e messa a punto finale del processo anche mediante la progettazione e realizzazione di un programma di saldatura ottimizzato, con analisi finale dei benefici, in termini di aumento della qualità complessiva della saldatura, riduzione tempi ciclo e costi lavorazione, rispetto alla saldatura tradizionale TIG.

STUDIO ED ANALISI VARIABILI PROCESSO: velocità saldatura

SCOPO: riduzione velocità saldatura per incremento profondità penetrazione.

- Assenza di porosità nelle sezioni analizzate per effetto dell'incremento del wobbler
- La penetrazione al rovescio risulta poco regolare e differente tra le sezioni analizzate. In particolare nella sezione BX, l'estensione della zona fusa è ridotta (posizionamento del plate?)
- *I test successivi ed analisi metallografiche confermano la dipendenza del difetto da posizionamento plate.*



Attività R&S

OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

Attività 4.3.3. Realizzazione prove di saldatura automatizzata con le nuove attrezzature e messa a punto finale del processo anche mediante la progettazione e realizzazione di un programma di saldatura ottimizzato, con analisi finale dei benefici, in termini di aumento della qualità complessiva della saldatura, riduzione tempi ciclo e costi lavorazione, rispetto alla saldatura tradizionale TIG.

STUDIO ED ANALISI VARIABILI PROCESSO: ripetibilità posizionamento plate e percorso di saldatura

1. Tasteggio su pala e riconoscimento con telecamera primo foro.
2. Marcatura su foro
3. Secondo tasteggio senza movimentazione pala
4. Riconoscimento con telecamera
5. Seconda marcatura ripercorrendo stesso percorso.



- Percorso ripetibile
- Traslato rispetto al programma impostato di circa 0,2-0,3 mm.
- Scostamento attribuibile a non perfetta planarità superficie collarino.
- Identificazione di un piano diverso in corrispondenza dei 3 punti di tasteggio
- Testa di saldatura assume un'inclinazione perpendicolare al piano teorico acquisito

Attività R&S

OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

Attività 4.3.3. Realizzazione prove di saldatura automatizzata con le nuove attrezzature e messa a punto finale del processo anche mediante la progettazione e realizzazione di un programma di saldatura ottimizzato, con analisi finale dei benefici, in termini di aumento della qualità complessiva della saldatura, riduzione tempi ciclo e costi lavorazione, rispetto alla saldatura tradizionale TIG.

STUDIO ED ANALISI VARIABILI PROCESSO: ripetibilità posizionamento plate e percorso di saldatura

L'errato posizionamento del plate e l'esecuzione di una traiettoria non corretta determinano una rifusione del plate in fase di saldatura



Test su collarini piani fresati:

- Prima di effettuare il posizionamento è stato modificato e centrato il percorso di saldatura sul profilo del foro (non più sul plate per escludere le tolleranze legate al plate).



Saldatura e posizionamento centrati e senza tratti con fusione

Attività R&S

OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

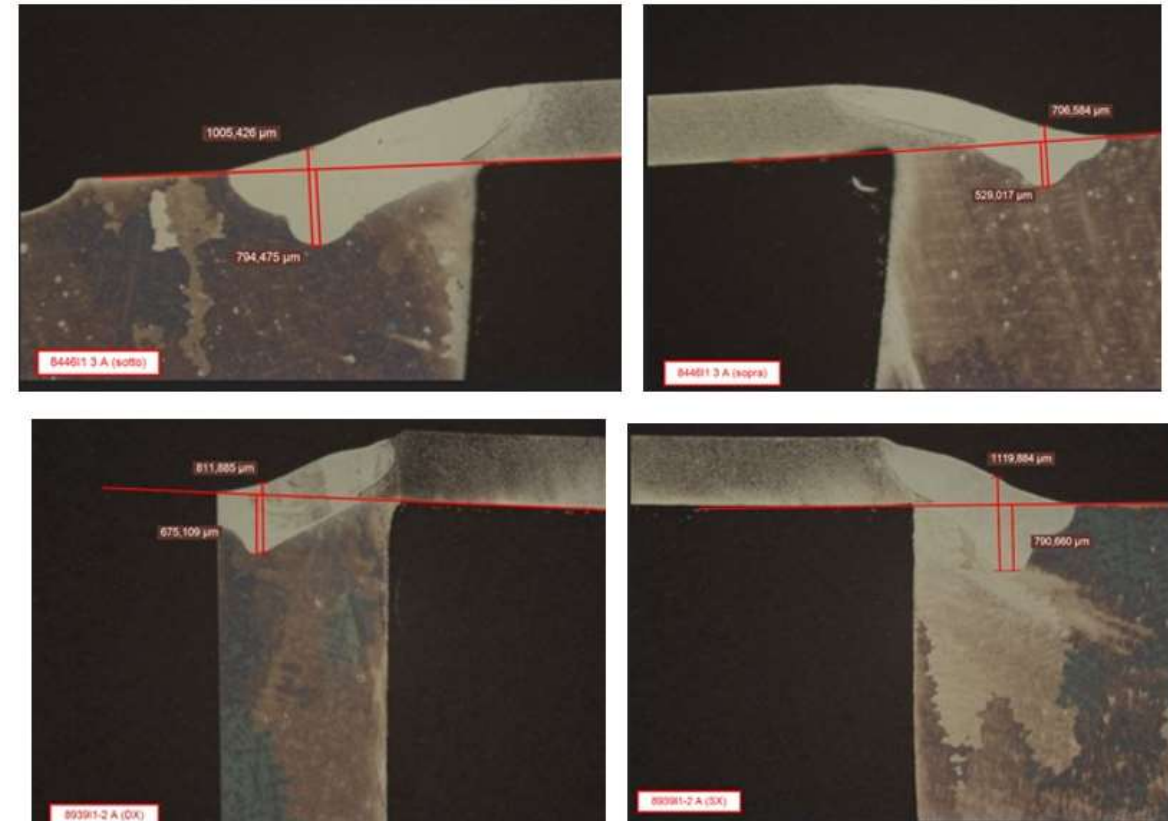
Attività 4.3.3. Realizzazione prove di saldatura automatizzata con le nuove attrezzature e messa a punto finale del processo anche mediante la progettazione e realizzazione di un programma di saldatura ottimizzato, con analisi finale dei benefici, in termini di aumento della qualità complessiva della saldatura, riduzione tempi ciclo e costi lavorazione, rispetto alla saldatura tradizionale TIG.

STUDIO ED ANALISI VARIABILI PROCESSO: ripetibilità posizionamento plate e percorso di saldatura

Cordone più regolare ed uniforme in termini di profondità di penetrazione



- Difetto in corrispondenza rampa di innesco della saldatura.
- Assimilabile a cratere generato probabilmente da condizioni inopportune della rampa di ingresso (potenza iniziale e durata rampa)



Attività R&S

OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

Attività 4.3.3. Realizzazione prove di saldatura automatizzata con le nuove attrezzature e messa a punto finale del processo anche mediante la progettazione e realizzazione di un programma di saldatura ottimizzato, con analisi finale dei benefici, in termini di aumento della qualità complessiva della saldatura, riduzione tempi ciclo e costi lavorazione, rispetto alla saldatura tradizionale TIG.

STUDIO ED ANALISI VARIABILI PROCESSO: ripetibilità posizionamento plate e percorso di saldatura
SCOPO: eliminazione cratere di apertura saldatura.

Condizione	Potenza [W]	Durata [ms]
1	350	400
2	350	400
3	300	400
4	250	400
5	350	600
6	300	600

TEST 1-2: programma movimentazione robot caratterizzato dall’inserimento di due istruzioni di movimentazione lineare all’inizio del programma, in modo da eseguire la rampa di innesco con robot in movimento.

Le saldature risultano tutte ben raccordate, con una buona colorazione e senza difetti macroscopici ma con cratere.



Condizione	Potenza [W]	Durata [ms]
1	250	600
2	250	600
3	400	300
4	450	200
5	500	100
6	400	250

Attività R&S

OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

Attività 4.3.3. Realizzazione prove di saldatura automatizzata con le nuove attrezzature e messa a punto finale del processo anche mediante la progettazione e realizzazione di un programma di saldatura ottimizzato, con analisi finale dei benefici, in termini di aumento della qualità complessiva della saldatura, riduzione tempi ciclo e costi lavorazione, rispetto alla saldatura tradizionale TIG.

STUDIO ED ANALISI VARIABILI PROCESSO: ripetibilità posizionamento plate e percorso di saldatura

SCOPO: ripetibilità qualità.

Condizione	Potenza [W]	Durata [ms]
3	400	300



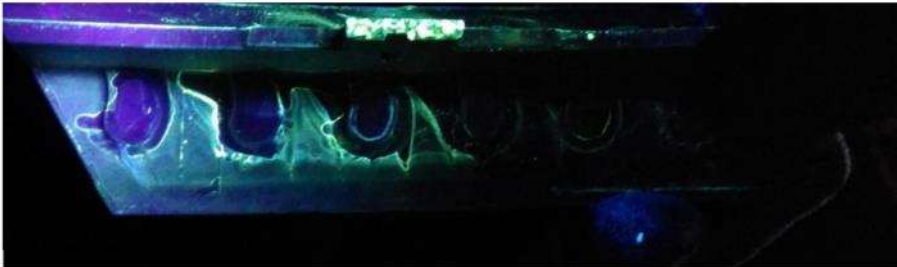
Presenza crateri di innesco su alcuni plate



- Il difetto non è correlato ai parametri di innesco, in quanto a parità di condizioni, alcune saldature presentano il difetto mentre altre ne risultano prive;
- Il problema correlato ad una variabilità di sovrapposizione tra plate e collarino.

SCOPO: eliminazione crateri di innesco saldatura.

Spostamento punto di innesco sul collarino ad una distanza pari a 0,2 mm dal bordo del plate, congelando nel contempo i parametri di processo.



CRATERE

Attività R&S

OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

Attività 4.3.3. Realizzazione prove di saldatura automatizzata con le nuove attrezzature e messa a punto finale del processo anche mediante la progettazione e realizzazione di un programma di saldatura ottimizzato, con analisi finale dei benefici, in termini di aumento della qualità complessiva della saldatura, riduzione tempi ciclo e costi lavorazione, rispetto alla saldatura tradizionale TIG.

STUDIO ED ANALISI VARIABILI PROCESSO: ripetibilità posizionamento plate e percorso di saldatura

SCOPO: eliminazione cratere di innesco saldatura.

Allontanamento punto di innesco a distanza 0,4 mm dal plate.



SCOPE OF ACCREDITATION

Welding

Ecor International S.p.A.
Zona Industriale ASI
Morra de Sanctis, 83040
Italy

This certificate expiration is updated based on periodic audits. The current expiration date and scope of accreditation are listed at: www.eAuditNet.com - Online QML (Qualified Manufacturer Listing).

In recognition of the successful completion of the PRI evaluation process, accreditation is granted to this facility to perform the following:

AC7110 Rev F - Nadcap Audit Criteria for Welding/ Torch and Induction Brazing and Additive Manufacturing (This is required for all Welding / Torch and Induction Brazing and Additive Manufacturing audits) (to be used on audits on/after 30 April 2017)

AC7110/6 Rev H - Nadcap Audit Criteria for Laser Welding
Baseline (All audits)

AC7110/6S Rev E - Nadcap Supplemental Audit Criteria for Laser Welding (to be used on/after 17 September 2017)
U3 Rolls Royce Plc

AC7110/12 Rev F - Nadcap Audit Criteria for Welder/Welding Operator Qualification (This checklist is required if the audit includes AC7110/3, /5 or /6)
Baseline (All audits)

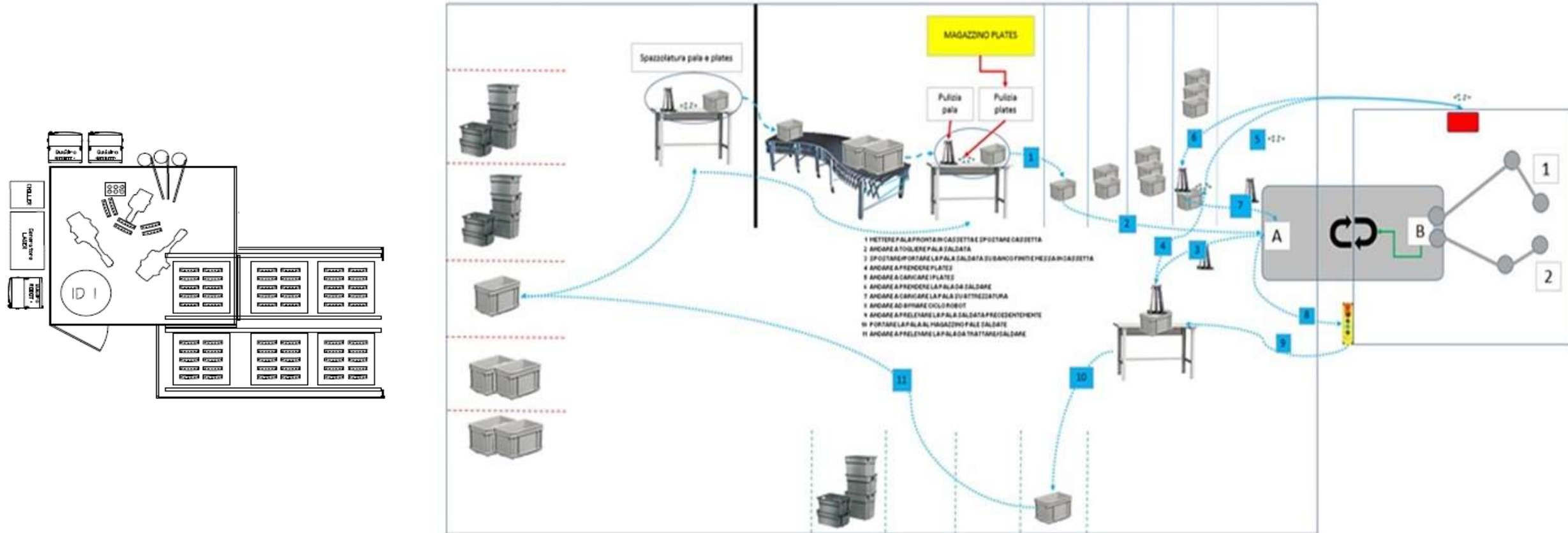
AC7110/12S Rev H - Nadcap Supplemental Audit Criteria for Welder/Welding Operator Qualification (This checklist is required if the audit includes AC7110/3, /5 or /6) (to be used on audits on/after 4 September, 2016)
U3 Rolls Royce Plc

Attività R&S

OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

Attività 4.3.3. Realizzazione prove di saldatura automatizzata con le nuove attrezzature e messa a punto finale del processo anche mediante la progettazione e realizzazione di un programma di saldatura ottimizzato, con analisi finale dei benefici, in termini di aumento della qualità complessiva della saldatura, riduzione tempi ciclo e costi lavorazione, rispetto alla saldatura tradizionale TIG.

STUDIO ED ANALISI VARIABILI PROCESSO: FLUSSO DI PROCESSO

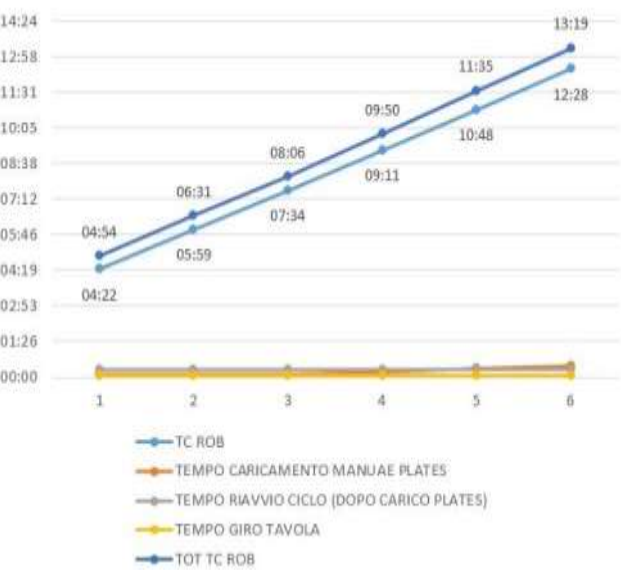


Attività R&S

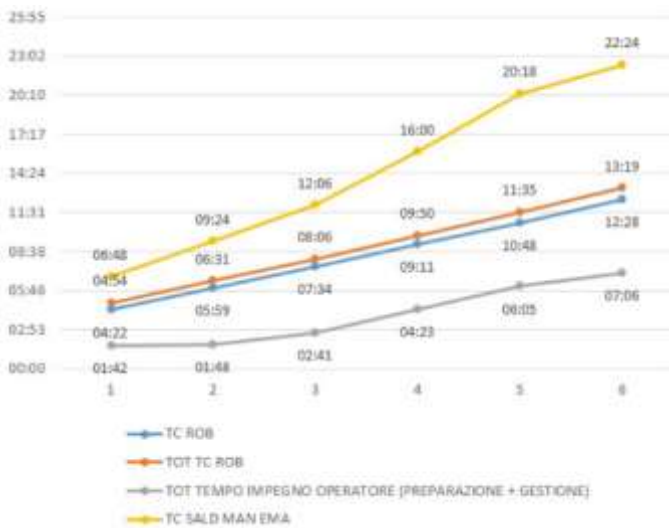
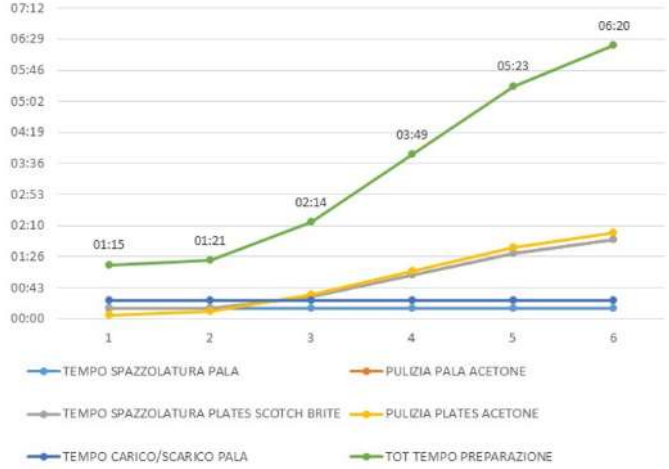
OR4: Tecnologie innovative LASER e relativi sistemi di automatizzazione per la saldatura dei piattini (caps) delle palette statoriche in superlega Ni

Attività 4.3.3. Realizzazione prove di saldatura automatizzata con le nuove attrezzature e messa a punto finale del processo anche mediante la progettazione e realizzazione di un programma di saldatura ottimizzato, con analisi finale dei benefici, in termini di aumento della qualità complessiva della saldatura, riduzione tempi ciclo e costi lavorazione. rispetto alla saldatura tradizionale TIG.

Analisi tempi ciclo saldatura in funzione numero caps



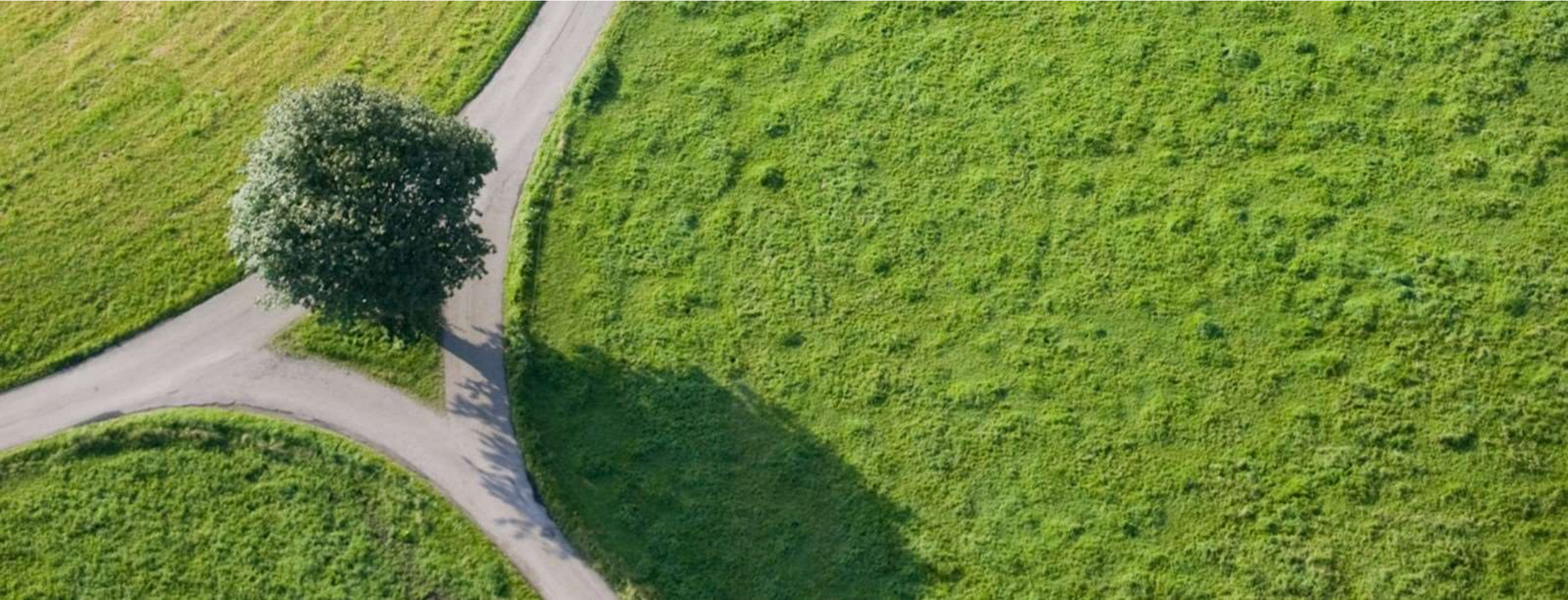
DAL	AL	ATTIVITA'	DURATA ATTIVITA'			PLATE
00:10	00:20	CHIUSURA PORTA E AVVIO CICLO				
00:20	00:36	INIZIO TASTEGGIO PALA 1° PLATE (3 MISURE)	00:16	00:16	2%	1
00:36	00:40	INIZIO FOTO/VISIONE PALA 1° PLATE (3 CICLI)	00:04	00:20	1%	1
00:40	00:56	INIZIO TASTEGGIO PALA 2° PLATE (3 MISURE)	00:16	00:36	2%	2
00:56	01:02	INIZIO FOTO/VISIONE PALA 2° PLATE (3 CICLI)	00:06	00:42	1%	2
01:02	01:18	INIZIO TASTEGGIO PALA 3° PLATE (3 MISURE)	00:16	00:58	2%	3
01:18	01:24	INIZIO FOTO/VISIONE PALA 3° PLATE (3 CICLI)	00:06	01:04	1%	3
01:24	01:40	INIZIO TASTEGGIO PALA 4° PLATE (3 MISURE)	00:16	01:20	2%	4
01:40	01:46	INIZIO FOTO/VISIONE PALA 4° PLATE (3 CICLI)	00:06	01:26	1%	4
01:46	02:02	INIZIO TASTEGGIO PALA 5° PLATE (3 MISURE)	00:16	01:42	2%	5
02:02	02:07	INIZIO FOTO/VISIONE PALA 5° PLATE (3 CICLI)	00:05	01:47	1%	5
02:07	02:23	INIZIO TASTEGGIO PALA 6° PLATE (3 MISURE)	00:16	02:03	2%	6
02:23	02:28	INIZIO FOTO/VISIONE PALA 6° PLATE (3 CICLI)	00:05	02:08	1%	6
02:28	02:41	SPOSTAMENTO ROB 1 A VIBRATORE PLATES	00:13	02:21	2%	F
02:41	03:42	PRELIEVO 1° PLATE + POSIZIONAMENTO	01:01	03:22	8%	1
03:42	04:29	PUNTATURA PLATE 1	00:47	04:09	6%	1
04:29	05:03	PRELIEVO 2° PLATE + POSIZIONAMENTO	00:34	04:43	5%	2
05:03	05:30	PUNTATURA PLATE 2	00:27	05:10	4%	2
05:30	06:05	PRELIEVO 3° PLATE + POSIZIONAMENTO	00:35	05:45	5%	3
06:05	06:29	PUNTATURA PLATE 3	00:24	06:09	3%	3
06:29	07:03	PRELIEVO 4° PLATE + POSIZIONAMENTO	00:34	06:43	5%	4
07:03	07:30	PUNTATURA PLATE 4	00:27	07:10	4%	4
07:30	08:05	PRELIEVO 5° PLATE + POSIZIONAMENTO	00:35	07:45	5%	5
08:05	08:32	PUNTATURA PLATE 5	00:27	08:12	4%	5
08:32	09:07	PRELIEVO 6° PLATE + POSIZIONAMENTO	00:35	08:47	5%	6
09:07	09:37	PUNTATURA PLATE 6	00:30	09:17	4%	6
09:37	10:29	ELIM. MAN. UGELLO GAS ROB 2 E RIAVVIO CICLO	00:52	10:09	7%	N
10:29	10:37	PRELIEVO AUT ROB 1 UGELLO GAS	00:08	10:17	1%	N
10:37	10:57	ATTESA ROBOTS 1 E 2	00:20	10:37	3%	N
10:57	11:10	SALDATURA PLATE 1	00:13	10:50	2%	1
11:10	11:24	SALDATURA PLATE 2	00:14	11:04	2%	2
11:24	11:38	SALDATURA PLATE 3	00:14	11:18	2%	3
11:38	11:52	SALDATURA PLATE 4	00:14	11:32	2%	4
11:52	12:06	SALDATURA PLATE 5	00:14	11:46	2%	5
12:06	12:20	SALDATURA PLATE 6	00:14	12:00	2%	6
12:20	12:48	ATTESA PER RIPOSIZIONAMENTO A ZERO ROB 1 E 2	00:28	12:28	4%	N



OR4 - RISULTATI



Situazione ante Progetto - Criticità esistenti	Soluzioni tecnologiche sviluppate ed implementate Innovazione proposta	Situazione a valle del progetto Miglioramenti conseguiti
Le criticità della saldatura tradizionale TIG utilizzata in EMA per il repairing dei componenti e per la saldatura dei piattini delle palette statoriche sono identificabili in: - bassa standardizzazione del processo che viene interamente effettuato mediante lavorazioni manuali e bassa propensione all'automazione; - zona termicamente alterata "ZTA" estesa.	Le attività di R&S hanno consentito di conseguire risultati sul sistema prodotto/processo: - una linea preliminare di studio ed analisi dei problemi di natura tecnico/scientifica della saldatura laser dei piattini che ha riguardato aspetti metallurgici del processo e come questi impattano sui materiali coinvolti. - una seconda linea che ha riguardato l'automazione del processo per raggiungere l'obiettivo di standardizzare il processo e garantire costante qualità prodotto. La saldatura laser dei caps è stata verificata attraverso una serie di prove che sono state guidate sia dalla modellistica metallurgica sviluppata sia dall'evidenza delle analisi metallografiche eseguite per le prove svolte. E' stata inoltre valutata ed analizzata la sensibilità del sistema di saldatura laser e del processo alla variabilità geometrica e di tolleranza dimensionale intrinseca dei componenti industriali. Sono state testate soluzioni con geometrie tappino differenti in funzione di diverse geometrie pala. Il sistema di acquisizione geometria del foro di alloggiamento piattino consente l'identificazione della geometria e del piano di appoggio; il sistema wobbling permette di limitare la catene di errori dimensionali generato dalla variazione di tolleranze. I test sono stati eseguiti su 3 tipologie di impianto in modo da poter testare anche sperimentalmente le relative performance e selezionare sia la tipologia sia la struttura dell'impianto che meglio si adattasse alla configurazione e variabilità geometrica di saldatura dei componenti industriali. Sono state realizzate attrezzature prototipo che consentissero di simulare l'operazione industriale di saldatura e che fornissero, attraverso l'evidenza della sperimentazione, di ottimizzare le future attrezzature finali per la produzione. I parametri di processo sono stati ottimizzati e definiti. La qualifica di processo è avvenuta sulla base di: - analisi metallografiche per visionare eventuali difettosità non ammissibili (porosità e micro-cricche) - assenza di difettosità di superficie ed ai liquidi penetranti - estetica del cordone di saldatura Il processo di automazione è stato concepito avvalendosi di due sistemi robot di cui uno manipolatore e l'altro di saldatura, portante la testa laser.	PROCESSO: si può evidenziare il conseguimento di un improvement nell'efficienza e nei tempi di saldatura singolo plate pari al 600% (2 s vs 120 s con sistema TIG). I tempi di saldatura TIG pala (6 plates) sono di appena superiori a 22 minuti; quelli con sistema laser sono stati minimizzati a 10 minuti ma si ritiene di poter ottimizzare ulteriormente agendo sulla fase di tastaggio per il rilievo del piano di saldatura che attualmente rappresenta l'operazione maggiormente time spending. Si osserva inoltre che le attività di ricerca sul processo e lo sviluppo del processo di automazione hanno consentito di garantire ripetibilità e costanza qualitativa della saldatura. La zona termicamente alterata è stata ridotta in un range di 0,1 – 0,5 mm di profondità rispetto a 0,5 -1,5 mm da fase TIG. Allo stato attuale si dispone di un'isola automatica di saldatura in grado di trattare giunzioni con variazioni geometriche-dimensionali intrinseche del processo di produzione per colaggio di EMA. Il processo messo a punto è stato accreditato NADCAP ed approvato da EMA.



Grazie per l'attenzione