



ECOR INTERNATIONAL SPA ATTIVITA' DI R&S E RISULTATI

Progetto PoEMA - CDS_PAC14

1. Obiettivi del progetto

1.1. Obiettivi contenuti nel piano di sviluppo approvato

Attività 4.1 (attività di RI) Studio dell'applicabilità del processo laser per la saldatura dei piattini sui componenti statorici EMA in superlega Ni con simulazione numerica fluidodinamica del processo di solidificazione rapida del bagno ceramico e individuazione della tipologia di impianto di saldatura e sorgente più adatte alle specifiche esigenze di lavorazione.

Attività 4.2. (attività di RI) 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.

Attività 4.3. (attività di SS) Studio, progettazione e sviluppo di una soluzione ottimale di automazione del processo produttivo di saldatura laser dei piattini sulle pale statoriche in superlega Ni.

1.2. Obiettivi finali del progetto

ATTIVITA' 4.1: Verificata l'applicabilità del processo di saldatura laser

ATTIVITA' 4.2: realizzato il programma di test per la saldatura laser fino all'ottimizzazione dei parametri di saldatura laser

ATTIVITA' 4.3: definizione della configurazione ottimale di automazione e del processo connesso.

2. Caratteristiche e prestazioni di quanto sviluppato:

I risultati delle attività di ricerca possono essere riassunti in:

PROCESSO

- Design e realizzazione di un impianto di saldatura laser ad elevata automazione per la saldatura caps su pale

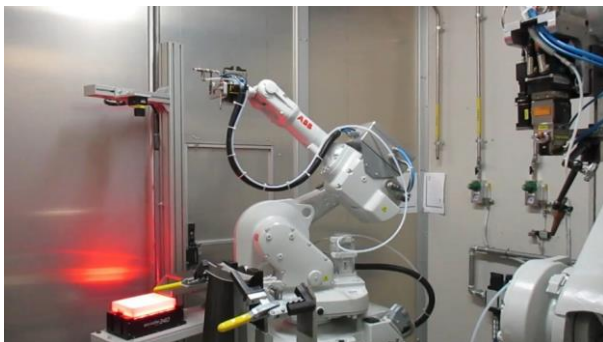


Figura 1 – Impianto automatizzato di saldatura laser

- Definizione della programmazione funzionale per la gestione ed operatività del sistema
- Identificazione parametri di processo di controllo della qualità saldatura e loro influenza sulla qualità prodotto
- Improvement nell'efficienza e nei tempi di saldatura singolo plate pari al 600% (2 s vs 120 s con sistema TIG).
- Riduzione di circa il 50% dei tempi di saldatura plate rispetto alla saldatura TIG

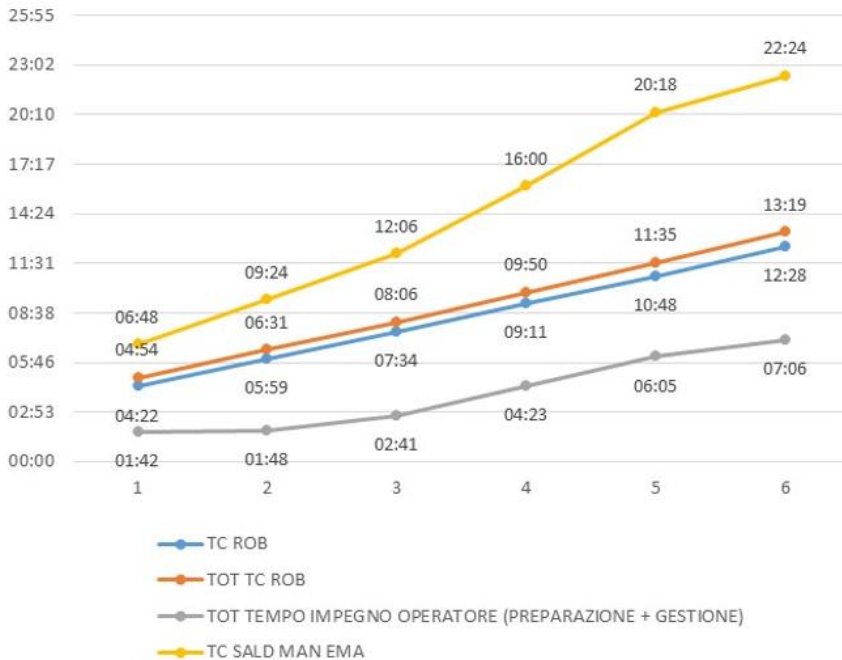


Figura 2 – Analisi tempi ciclo in saldatura: comparazione TIG vs Laser

- Possibilità di ulteriore riduzione (- 2 minuti) agendo sui tempi morti (erogazione gas protezione, sostituzione tavolo vibrante con distributore caps) e su velocità robot
- Possibilità di ridurre i tempi di tasteggio in caso di pala con spianatura della zona collarino

- ripetibilità e costanza qualitativa della saldatura
- zona termicamente alterata ridotta in un range di 0,3-0,4 mm di profondità rispetto ad 1-1,5 mm da fase TIG



SCOPE OF ACCREDITATION

Welding

Ecor International S.p.A.
Zona Industrial 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

Figura 3 – Accredитamento NADCAP del processo saldatura laser

3. Costi sostenuti

Tipologia di costi Sviluppo	Previsti	Realizzati
Personale	€ 232.100,00	€ 2.681,29
Strumenti e attrezzature	€ 0,00	€ 0,00
Consulenze	€ 140.000,00	€ 68.800,00
Spese generali	€ 69.300,00	€ 804,39
Materiali	€ 150.000,00	€ 0,00
TOTALE	€ 591.400,00	€ 72.285,68

Tipologia di costi Ricerca	Previsti	Realizzati
Personale	€ 177.500,00	€ 159.963,34
Strumenti e attrezzature	€ 0,00	€ 0,00
Consulenze	€ 110.000,00	€ 243.442,00
Spese generali	€ 53.250,00	€ 47.089,01
Materiali	€ 80.000,00	€ 39.167,40
TOTALE	€ 420.750,00	€ 489.661,75

4. Effetti del programma

La disponibilità di un'isola di saldatura ad elevata automazione con sistemi di misura degli oggetti in trattamento, una sorgente laser di potenza elevata, ha caratteristiche di trasversalità sia sulla tipologia di componenti della capofila sia su altre tipologie di prodotti potenzialmente trattabili.

Gli investimenti ed i risultati delle attività di ricerca risultano di utilizzo anche per operazioni di repairing e/o sono funzionali al superamento di limiti del processo laser indotti dalle condizioni geometriche al contorno. Risulta peraltro ampio il set di part number EMA trattabili con la saldatura laser automatica.

Si osserva che l'impianto consentirebbe di lavorare su almeno il 50% della produzione aeronautica attuale di Ecor per avere una misura della capacità del sistema. Il fatturato Ecor in tale settore peraltro è in continua crescita e questo potrebbe aprire alla produzione con sistema laser in automatico.

Esso inoltre è idoneo anche alla saldatura di componentistica per il settore delle macchine automatiche per le quali è richiesto uno standard qualitativo elevato della saldatura derivante dalle condizioni di Hygienic Design nel contatto prodotto.

Non ultimo l'ambito della Meccanica Avanzata i cui standard qualitativi bene si adattano alle prestazioni dell'investimento.

Le prestazioni operative dell'impianto di saldatura laser hanno confermato la possibilità di ridurre i costi di produzione rispetto alla produzione TIG. La quantificazione precisa sarà possibile nelle condizioni in cui il robot potrà essere portato alla velocità operativa vera. Tuttavia, la riduzione costi è imputabile alle seguenti variabili:

- Processo laser: esso permette velocità di saldatura di gran lunga maggiori del processo manuale; si parla di TS = 2,5 cm/min (TIG) contro TS = 78 cm/min (LASER); quindi circa 30 volte superiori.

- il “non” utilizzo di materiale di apporto, permette maggiore snellezza dell’impianto e grande semplificazione del processo di saldatura, oltre che un ovvio risparmio dovuto all’acquisto e gestione (non necessarie nel processo Laser).
- La testa laser va controllata, e se necessario, sostituito il vetrino di protezione, con bassa frequenza (in genere dipendente dalla pulizia del processo).
- L’elettrodo della torcia TIG va rifilato periodicamente con angolo prestabilito (si consiglia ad ogni inizio pala).
- Il processo di saldatura laser, considerato freddo, rispetto a quelli ad arco, permette di utilizzare un post-gas con tempi molto ridotti rispetto al TIG.
- I parametri di saldatura (es. potenza e velocità di saldatura) possono essere ancora ottimizzati, mentre il processo TIG, per sua natura, detiene nella velocità di saldatura il suo collo di bottiglia.
- L’efficienza delle operazioni a contorno della saldatura (es. controllo e prelievo del tappino, individuazione piano del collarino, ecc.) può essere ancora notevolmente aumentata lavorando sia sui singoli task che sulla loro interazione e sinergia.

L’automazione del sistema rende inoltre disponibile personale per lo svolgimento di ulteriore attività di produzione in quanto si può godere o di un incremento di tempo utile di due operatori pari al 50% della loro capacità operativa o di un incremento di produzione esauendo il tempo uomo disponibile.

Da un punto di vista delle condizioni di lavoro, si osserva che le condizioni di processo rappresentano, in termini di emissioni fumi, certamente il minimo generabile. Inoltre, l’operatore non è mai in contatto visivo diretto con la saldatura che pertanto non richiede uno stress visivo come nelle operazioni manuali come il TIG.

Anche l’uso di gas di protezione è minimizzato in quanto molto localizzato sulla zona di saldatura che avviene con un tempo dell’ordine di qualche secondo. Essendo inoltre il processo confinato in un ambiente dedicato, riduce il rischio di infortuni legati ad una saldatura in “campo aperto”.

L’efficienza energetica del processo laser è ampiamente riconosciuta industrialmente. Studi specifici evidenziano i rapporti nel dettaglio. In **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** è mostrato il Fattore di efficienza energetica (fattore che tiene in considerazione sia il consumo energetico diretto che quello indiretto). Esso sintetizza e racchiude anche informazioni sulla produttività e sui fattori di secondo livello di consumo energetico a esso legati.

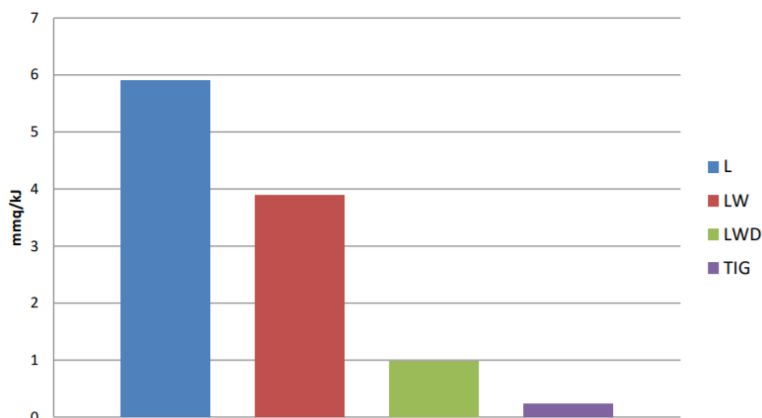


Figura 4 - Confronto sull'efficienza energetica fra differenti tecnologie nella saldatura di acciai strutturali al carbonio manganese

(fonte: G. Barbieri, F. Cognini, G. Di Girolamo, D. Mirabile Gattia, M. Moncada, Valutazione dell'efficienza energetica delle tecnologie di saldatura Electron Beam, Laser e arco ad elettrodo infusibile, Report Ricerca di Sistema Elettrico, Sett. 2016)

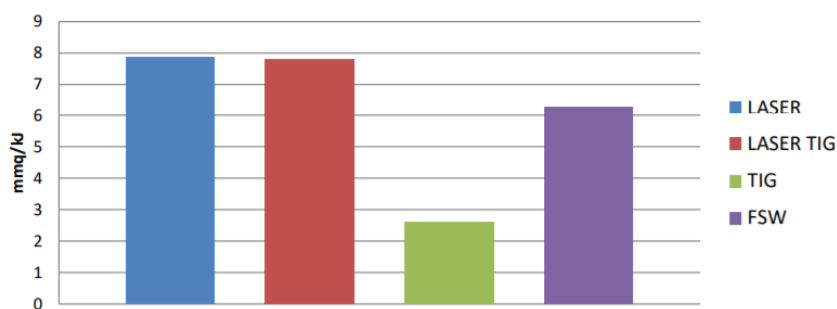


Figura 5 - Confronto fra tecnologie di saldatura laser, FSW e TIG per saldatura lega Al60682 – spessore 5 mm

(fonte: G. Barbieri, F. Cognini, G. Di Girolamo, D. Mirabile Gattia, M. Moncada, Valutazione dell'efficienza energetica delle tecnologie di saldatura Electron Beam, Laser e arco ad elettrodo infusibile, Report Ricerca di Sistema Elettrico, Sett. 2016)

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 catena 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	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.

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.