



Impianti di saldatura Böhler Welding per l'incremento della produttività

Francesco Ciccomascolo – voestalpine Böhler Welding

Daniele Tonel - M.T.S.

Cristiano Bergamin - voestalpine Böhler Welding

Fedro Gagno - voestalpine Böhler Welding

Abstract

Le sfide attuali nel mondo della saldatura, per quanto riguarda il processo MIG-MAG, sono sempre più connesse all'aumento della produttività in combinazione con elevata qualità e flessibilità; sia le prestazioni relative all'arco elettrico che determinano la velocità di saldatura e il tasso di deposito, sia l'efficienza nell'allestimento e la facilità d'uso sono determinanti da questo punto di vista.

Gli aspetti qualitativi in termini di proprietà chimico-meccaniche dei giunti, di integrità ed estetica e la ripetibilità del processo sono altrettanto cruciali per soddisfare i requisiti imposti; inoltre, la qualità del giunto saldato influenza la produttività stessa, in termini di operazioni di pulizia di ossidi e silicati, ripresa di eventuali incisioni, riparazioni di difetti non accettabili.

Gli impianti di saldatura Böhler Welding di ultima generazione, mediante processi MIG-MAG speciali e programmi di saldatura dedicati rispondono alle suddette crescenti esigenze di aumento della produttività, migliorando allo stesso tempo anche gli aspetti qualitativi.

La presente memoria prende in esame alcune applicazioni nell'ambito delle strutture in acciaio non legato e basso legato ad elevata resistenza, riportando evidenze oggettive in merito ai benefici ottenuti tramite le soluzioni Böhler Welding.

1. Gli impianti di saldatura Bohler Welding URANOS NX e TERRA NX

Le nuove linee di impianti di saldatura ad arco elettrico recentemente presentate da Böhler Welding e denominate con la sigla NX (NeXt evolution) sono caratterizzate da uno sviluppo considerevole dell'intelligenza a bordo macchina sia in termini di capacità di memoria che di velocità nei processi di calcolo e trasmissione delle informazioni a tutti i componenti dell'impianto stesso. L'unità centrale che rappresenta il cuore pulsante degli impianti NX è stata progettata per funzionare ad altissima velocità e mediante protocollo CAN-BUS che garantisce elevata affidabilità e feedback rapido. Grazie a questa ed altre innovazioni gli impianti della generazione NX presentano un controllo digitale estremamente veloce che permette una retroazione per il controllo e la regolazione dell'arco rapidissima assicurando un processo di saldatura di alta qualità anche a velocità di avanzamento molto elevate.

La gamma include svariati modelli a differenti livelli di duty cycle che coprono ogni esigenza per quanto riguarda la i processi MIG/MAG, TIG e MMA, sia per la saldatura manuale (semi-automatica) che automatica e robotica. Sono inoltre disponibili anche impianti multi-processo.

Per l'equipaggiamento MIG/MAG degli impianti NX sono stati progettati e messi a punto nei laboratori di saldatura Böhler Welding cinque processi speciali proprietari.

ArcDrive: processo MIG/MAG standard che si distingue per l'arco morbido, estremamente reattivo, preciso e caldo, offrendo una manovrabilità e un controllo senza pari sul processo di saldatura.

PulsDrive: processo MIG/MAG pulsato, risultato di un esteso programma di ricerca, che garantisce un arco di saldatura estremamente stabile grazie al trasferimento uniforme e pulsato del materiale in gocce di dimensioni minime e costanti.

CladPulse: processo MIG/MAG pulsato sviluppato per i processi industriali di placcatura e che garantisce elevati standard di sicurezza, affidabilità e competitività.

Nel paragrafo seguente sono riportati in dettaglio le caratteristiche salienti dei processi RapiDeep e QuickPulse.



Figura 1 – Impianto di saldatura URANOS NX 4000 GSM

2. Processi speciali di saldatura MIG-MAG Bohler Welding – RapiDeep e QuickPulse

RapiDeep e QuickPulse sono processi caratterizzati da una dinamica che consente di focalizzare l'arco ottimizzandone allo stesso tempo il controllo e la stabilità, incrementando la penetrazione con la medesima velocità di saldatura fino al 40% rispetto ai processi convenzionali, riducendo simultaneamente il rischio di incisioni marginali. Il controllo dell'arco migliorato consente anche di incrementare la velocità di saldatura a parità di altre condizioni con un beneficio evidente in termini di produttività. Infine, tali processi permettono di diminuire l'apporto termico riducendo deformazioni e tensioni residue e migliorando in molti casi le caratteristiche metallurgiche e meccaniche del giunto saldato. RapiDeep è stato sviluppato partendo da una modalità di trasferimento convenzionale mentre QuickPulse abbina i suddetti benefici all'ulteriore stabilità d'arco offerta dall'arco pulsato



Figura 2 – Focalizzazione dell'arco di RapiDeep e QuickPulse

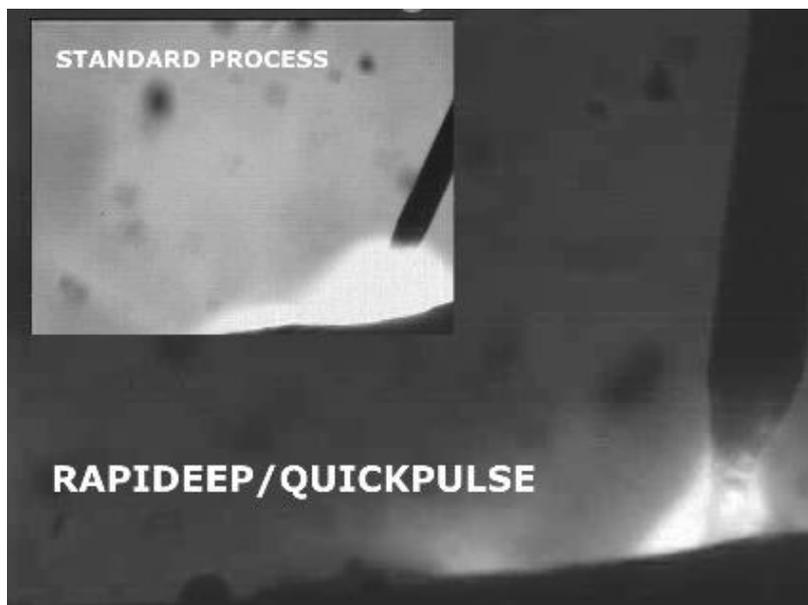


Figura 3 – Comparazione fra processo standard e RapiDeep/QuickPulse

La figura mostra quanto enunciato, ovvero un arco elettrico più concentrato e un trasferimento del metallo d'apporto più regolare e stabile.

3. Programmi di saldatura Bohler Arc

Böhler Arc è una libreria di curve sinergiche realizzate per i consumabili Böhler Welding, testate sull'intera finestra di saldabilità. Il processo di saldatura risulta essere ottimale, garantendo ripetibilità e qualità costante in quanto il sistema controlla e bilancia dinamicamente i parametri operativi.

Böhler Arc include una vasta libreria di materiali d'apporto e gas di protezione. Una volta scelto il processo di saldatura desiderato fra ArcDrive, RapiDeep, PulseDrive, QuickPulse e CladPulse l'operatore seleziona metallo d'apporto, gas di protezione e diametro e imposta la velocità del filo. L'impianto non necessita di ulteriori regolazioni per eseguire una saldatura ottimale.

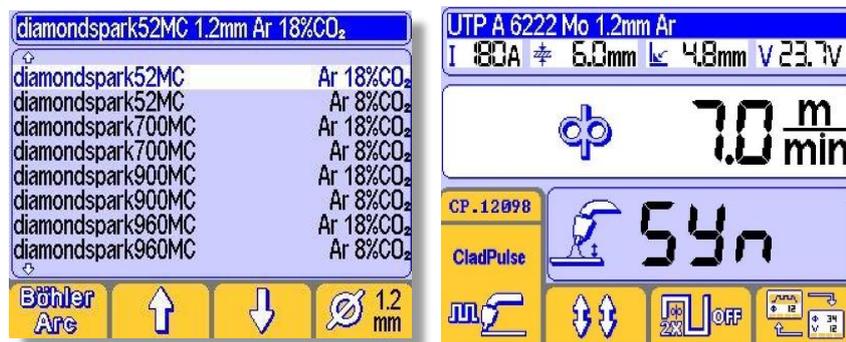


Figura 4 – selezione del programma sinergico Böhler Arc sul pannello dell'impianto

4. Casi Applicativi

4.1. Caso applicativo I – saldatura robotica single e multipass ad elevata produttività in MTS s.r.l. – vantaggi competitivi (+50% produttività)

MTS s.r.l., situata a Bosconero (TO) è una primaria azienda manifatturiera italiana attiva come terzista per gruppi internazionali nella fabbricazione di componenti per macchine movimento terra e per sollevamento, quali ad esempio basamenti, telai, elementi di bracci gru. Il reparto saldatura contempla sia postazioni semi-automatiche che isole robotizzate, tutte completamente equipaggiate con impianti Böhler Welding. I materiali in uso vanno dal tipo S355 J2+N agli acciai basso-legati ad elevata ed elevatissima resistenza, sia termomeccanici che bonificati fino al grado S1100

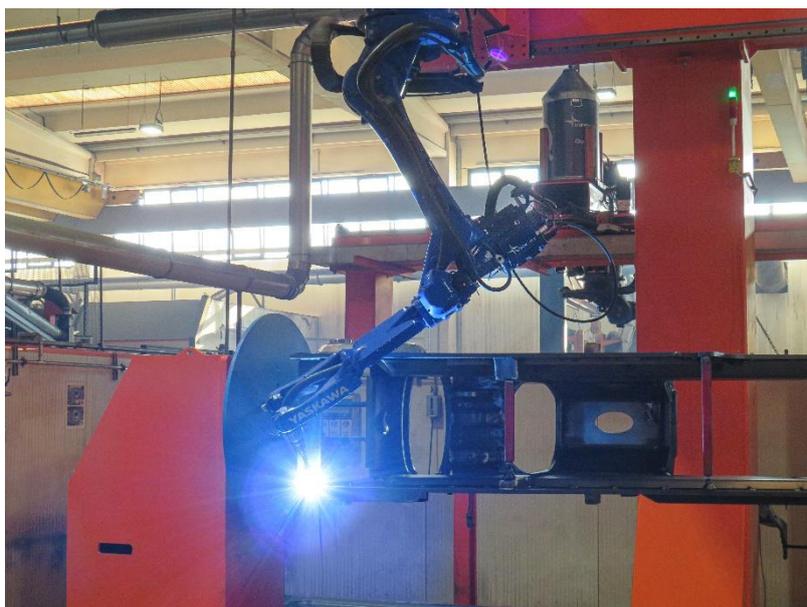


Figura 5 – Impianto robotico in MTS

L'esigenza di incrementare la produttività per il processo di saldatura MIG-MAG si traduce sia nell'aumento del deposito orario sia nella riduzione del tempo necessario per le operazioni di pulizia ed eventuali riparazioni. L'incremento del deposito orario è d'altronde strettamente correlato all'aumento della corrente di saldatura; pertanto, comporta necessariamente l'aumento della velocità di saldatura, al fine di mantenere approssimativamente costante le dimensioni dei cordoni ma anche per limitare l'apporto termico e di conseguenza non influenzare le proprietà meccaniche del giunto saldato. I limiti sono sicuramente la stabilità del processo, la corretta penetrazione e la comparsa di incisioni marginali.

MTS ha ottenuto benefici nella saldatura semi-automatica e soprattutto nella saldatura robotizzata utilizzando il processo RapiDeep ed ottimizzando il comportamento dell'arco elettrico grazie ai consumabili Böhler Welding ed il sistema Böhler Arc. Nella saldatura semi-automatica l'incremento di produttività si attesta in circa un + 20% mentre nella saldatura automatica, in cui il tempo di arco acceso è superiore ed il controllo dei parametri è più accurato, si ottengono miglioramenti ancora più evidenti. Ad esempio, la saldatura di un basamento che richiedeva 14 ore prima dell'introduzione di RapiDeep e altre ottimizzazioni di processo, viene ora eseguita in 7 ore e 30 minuti, ovvero con un guadagno che sfiora il 50%. Bisogna rimarcare che il beneficio non è solo relativo al tempo di saldatura ma anche alla riduzione dei tempi necessari alle operazioni di pulizia e molatura; infatti, MTS ha constatato che l'introduzione di RapiDeep ha anche ridotto sensibilmente il tasso di spruzzi e proiezioni e praticamente azzerato il rischio di incisioni marginali.

Per entrare nel merito dei risultati raggiunti le seguenti tabelle prendono in esame il caso delle saldature ad angolo su materiale base S 700 MC / S 690 QL eseguite in singola passata e multipass con impianto robotizzato, prima e dopo l'introduzione di RapiDeep. Le condizioni generali di saldatura sono riportate di seguito.

- » Impianto di saldatura URANOS NX 5000 PSR
- » Processo di saldatura: robotizzato (ArcDrive e RapiDeep)
- » materiale base: EN 10025-6 S690 QL o EN 10149-2 S700 MC (spessori tipici da 7 a 40 mm)

- » Metallo d'apporto: Böhler X70-IG d.1,2 mm (EN ISO 16834 G 69 5 M21 Mn3Ni1CrMo)
- » Gas di protezione: 95% Argon + 5%CO2 (EN ISO 14175 M20) portata 15 l/min in torcia
- » Temperatura preriscaldamento 18 °C
- » Max Interpass: 150 °C
- » Posizione di saldatura: PA

Giunto	Passata n.	Schema	Corrente [A]	Tensione [V]	Velocità Filo [m/min]	Velocità di avanzamento [cm/min]	Apporto Termico [kJ/mm]	Dimensione z [mm]	Tasso di deposito [kg/h]
Angolo passata singola	1		260	28	7	27	1,62	7	3,7
Angolo multipass (3 passate)	1		260	28	7	39	1,12	5	3,7
	2		260	28	7	39	1,12	5	3,7
	3		260	29	7	33	1,37	6	3,7

Tabella 1 – Parametri di saldatura prima dell'introduzione di RapiDeep (con ArcDrive)

Giunto	Passata n.	Schema	Corrente [A]	Tensione [V]	Velocità Filo [m/min]	Velocità di avanzamento [cm/min]	Apporto Termico [kJ/mm]	Dimensione z [mm]	Tasso di deposito [kg/h]
Angolo passata singola	1		350	31	11,9	41	1,60	7	6,3
Angolo multipass (3 passate)	1		350	30	11,7	78	0,81	5	6,2
	2		350	30	11,7	78	0,81	5	6,2
	3		350	30	11,9	57	1,11	6	6,3

Tabella 2 – Parametri di saldatura dopo l'introduzione di RapiDeep

Si evidenzia che a fronte di un incremento della velocità del filo è stata aumentata la velocità di avanzamento grazie a RapiDeep, tralasciando in tutti i casi la medesima

dimensione z del cordone. Per la saldatura in singola passata si è passati da 27 a 41 cm/min (guadagno +52%) o, in termini di tasso di deposito, da 3,7 a 6,3 kg/h

Per la saldatura multipass l'incremento della velocità di saldatura è stato da 39 a 78 cm/min (guadagno + 100%) per le passate 1 e 2 e da 33 a 57 cm/min (guadagno +72%) in passata 3. I tassi di deposito sono ovviamente incrementati anche in questo caso da 3,7 a più di 6 kg/h

Prendendo infine in esame gli apporti termici si nota che in generale sono in realtà diminuiti e si attestano nell'intervallo ideale per la saldatura degli acciai basso-legati alto-resistenziali del suddetto grado; infatti, le proprietà meccaniche dei giunti sono risultate essere ottimali e i controlli non distruttivi e l'esame delle macro non presentano difetti di sorta.



Figura 6 – Saldatura ad angolo in passata singola presso MTS



Figura 7 – Saldatura ad angolo multi-pass presso MTS

4.2. Caso applicativo II — saldatura ad elevata velocità di lamiere sottili di acciaio basso-legato altoresistenziale (incremento +20%)

Attualmente, nel settore impianti di sollevamento e automotive si evidenzia un trend industriale che porta alla riduzione di pesi e spessori per numerosi tipi di manufatti, implicando l'uso di acciaio basso-legato alto-resistenziale. Senza voler entrare troppo nel merito delle problematiche metallurgiche e microstrutturali, in questa sede ci limitiamo ad evidenziare che, per spessori sottili (fino a 5 mm), il ciclo termico relativamente blando che tali spessori comportano in saldatura può avere un effetto deleterio sia sulla resistenza del giunto sia sulle proprietà della zona termicamente alterata (ZTA). Tale problematica in ZTA può essere evidenziata analizzando il profilo di durezza che può presentare disuniformità e valori bassi, che individuano la presenza della cosiddetta softening zone.

La seguente esperienza valida la messa a punto di un procedimento ad elevata velocità di avanzamento per saldatura testa-testa su lamiere in acciaio termomeccanico tipo S700 MC. da 3 mm che consente di preservare le corrette proprietà in ZTA.

In particolare, è stata eseguita una saldatura robotizzata su un giunto preparato a lembi retti su supporto in rame e luce 1,2 mm utilizzando sia il processo ArcDrive che il processo RapiDeep ed il filo metal cored diamondspark 700-MC con i relativi programmi Böhler Arc.

Parametri e condizioni di saldatura solo riportati di seguito

- » Impianto di saldature: Böhler URANOS NX 5000 PSR
- » Processo di saldatura robotizzato (ArcDrive e RapiDeep)
- » Materiale base: lamiere EN 10149-2 S700 MC sp.3 mm
- » Metallo d'apporto: diamondspark 700-MC d. 1,2mm (EN ISO 18276-A T69 6 Mn2NiCrMo M M21 1 H5
- » Gas di protezione: 80% Argon + 20%CO2 (EN ISO 14175 M21) portata 18 l/min in torcia
- » Temperatura preriscaldamento 18 °C
- » Posizione della saldatura: PA

Processo	Corrente [A]	Tensione [V]	Velocità Filo [m/min]	Velocità di avanzamento [cm/min]	Apporto Termico [kJ/mm]
ArcDrive	263	26,7	7,7	100	0,42
RapiDeep	267	27,7	7,7	120	0,37

Tabella 3 – Parametri di saldatura con ArcDrive e RapiDeep

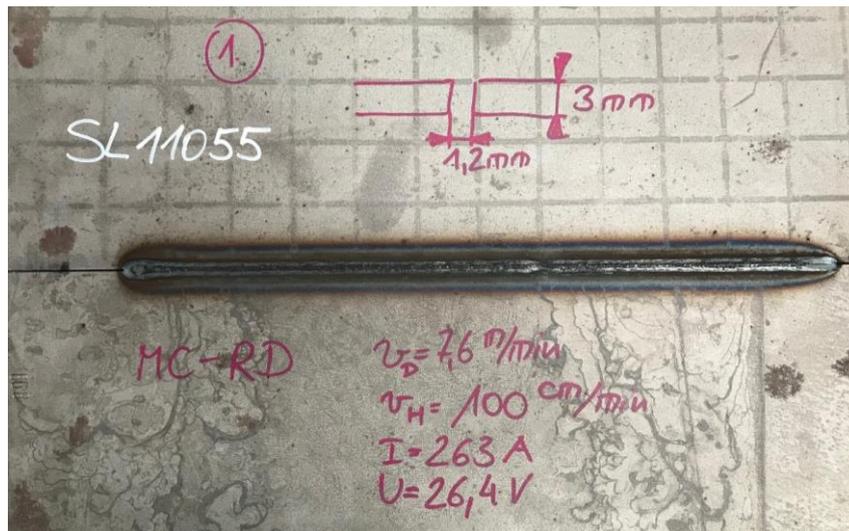


Figura 8 – Saldatura a lembi retti eseguita con ArcDrive a 100 cm/min

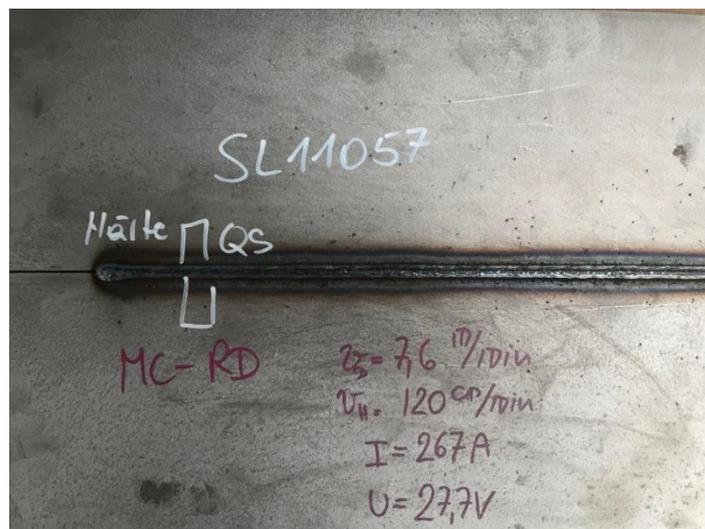


Figura 9 – Saldatura a lembi retti eseguita con RapiDeep a 120 cm/min

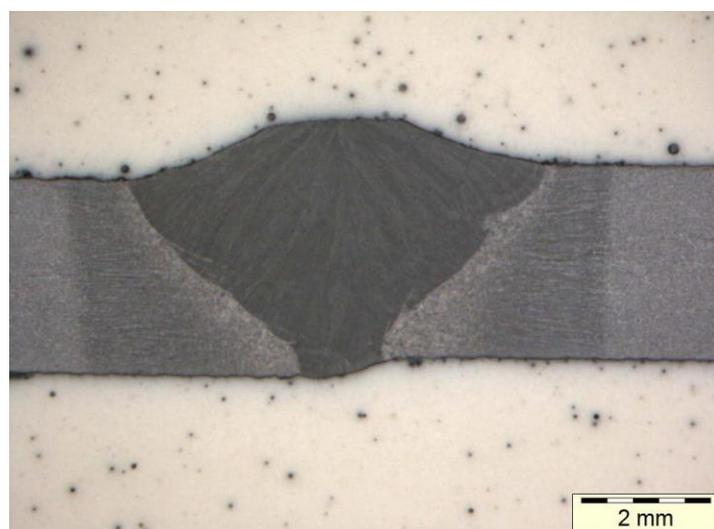


Figura 10 – Sezione macro del giunto eseguito con RapiDeep a 120 cm/min

Posizione della misura di durezza	MB Materiale Base [HV ₁₀]	ZTA Zona Termicamente Alterata [HV ₁₀]	ZF Zona Fusa [HV ₁₀]
0,5mm dalla superficie superiore	325; 322; 319 319; <u>331</u> ; 329	335; 337; <u>346</u> 346; 325; 330	281; 293; 290
0,5mm dalla superficie inferiore	<u>327</u> ; 313; 326 326; 325; 324	346; 348; 346 341; 349; <u>353</u>	<u>300</u> ; 299; 293

Tabella 4 – Profilo di durezza HV₁₀

Con il processo ArcDrive la velocità di saldatura ottenuta è stata 100 cm/min, già ragguardevole, mentre con il processo RapiDeep è stato possibile spingersi fino a 120 cm/min con un incremento di circa il 20%. Come si evince dalla foto, dalla Macro e dalla tabella il profilo della saldatura è comunque ottimale e la penetrazione è corretta. Il ridotto apporto termico, inferiore a 0,4 kJ/mm, ha consentito l'ottenimento di un profilo di durezza regolare senza picchi anomali e senza la presenza della softening zone, come volevasi.

4.3. Caso applicativo III – giunti ad angolo ad elevato tasso di deposito (+ 27%)

Un altro caso in cui è stato possibile rilevare dei benefici tangibili è stata l'esecuzione di una saldatura ad angolo in passata singola ad elevata produttività su lamiere in acciaio S355 J2 + N di spessore 8 mm, con filo pieno Böhler Q G 4 d. 1,2 mm. In questo caso si voleva trarre un'altezza di gola minima pari a 3,5 mm. Le condizioni di saldatura erano le seguenti:

- » Impianto di saldatura: Böhler TERRA NX 4000 PME
- » Processo di saldatura meccanizzato (ArcDrive e QuickPulse)
- » Materiale base: lamiera EN 10025-2 S 355 J2 + N sp.8 mm
- » Metallo d'apporto: Böhler Q G 4 d. 1,2 mm (EN ISO 14341-A G 46 4 M21 4Si1)
- » Gas di protezione: 80% Argon + 20%CO₂ (EN ISO 14175 M21) portata 18 l/min in torcia
- » Temperatura preriscaldamento 18 °C
- » Posizione della saldatura: PB

Partendo da una situazione iniziale ottimizzata con il processo ArcDrive per una velocità di saldatura di 50 cm/min, con un tasso di deposito teorico pari a 5,9 kg/h e apporto termico pari a 1,2 kJ/mm, l'utilizzo di QuickPulse, congiuntamente al programma sinergico Böhler Arc dedicato al filo, ha consentito di incrementare la velocità di saldatura fino a 75 cm/min conservando un'ottima estetica e penetrazione e senza incisioni marginali. In questo caso il tasso di deposito teorico è 7,5 kg/h e l'apporto termico è pari a 0,9 kJ/mm. L'incremento risulta quindi del 27% rispetto al caso precedente.

Processo	Corrente [A]	Tensione [V]	Velocità Filo [m/min]	Velocità di avanzamento [cm/min]	Apporto Termico [kJ/mm]	Tasso di deposito [kg/h]
ArcDrive	340	30	11	50	1,22	5,9
QuickPulse	360	32	14	75	0,92	7,5

Tabella 5 – Parametri di saldatura con ArcDrive e QuickPulse



Figura 11 – Saldatura ad angolo eseguita con ArcDrive

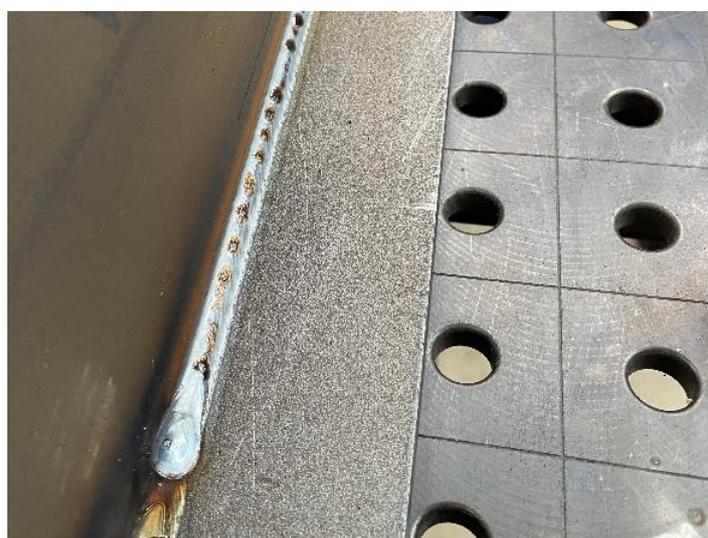


Figura 12 – Saldatura ad angolo eseguita con QuickPulse

La foto e la macro riportate di seguito mostrano un deposito dal profilo regolare con una dimensione di gola a pari a 4 mm, con penetrazione $s = 5,5$ mm. il cordone è ben raccordato con il materiale base e non si evidenziano incisioni marginali. Da notare infine che, come mostra la figura, i silicati e ossidi sul deposito sono peraltro localizzati centralmente e, pertanto, semplici da rimuovere. Come era ragionevole attendersi il profilo delle durezza HV_{10} , riportato nella tabella è in linea con le caratteristiche del materiale base e del metallo d'apporto e non presenta anomalie, sia in ZTA che in ZF.

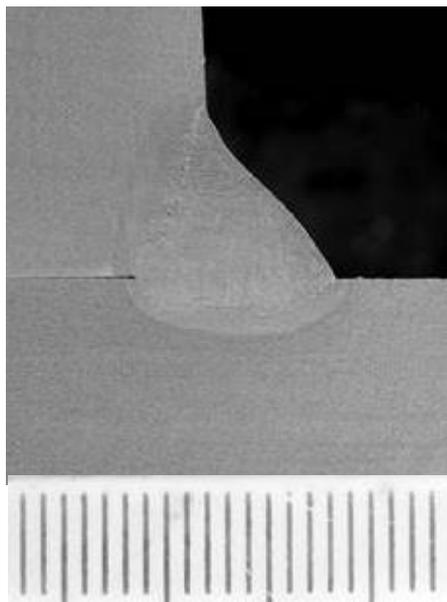


Figura 13 – Sezione macro del giunto eseguito con QuickPulse

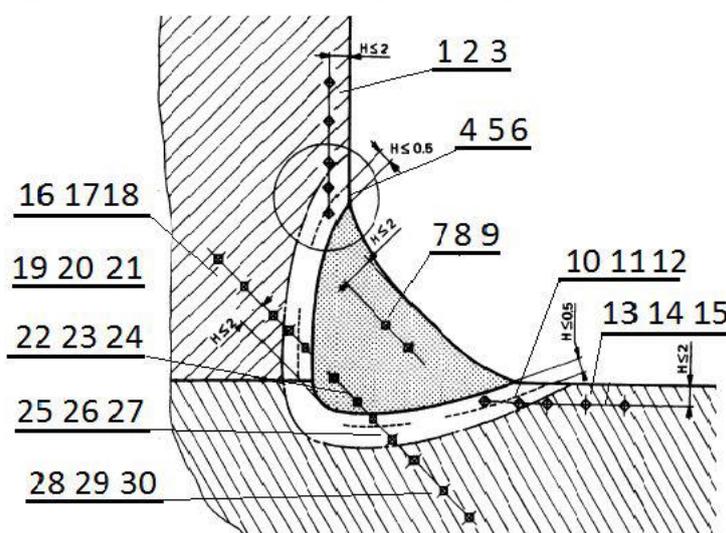


Figura 14 – Mappa delle misure di durezza

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
154	158	166	211	305	315	277	273	272	312	245	195	155	152	148
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
165	160	171	212	284	302	257	255	254	289	220	177	174	161	163

Tabella 6 – Profilo di durezza HV_{10} per il giunto eseguito con QuickPulse



5. Conclusioni

I casi illustrati dimostrano come sia possibile incrementare la produttività nella saldatura degli acciai non-legati e a basso-legati alto-resistenziali tramite l'utilizzo di impianti MIG-MAG Böhler Welding, impiegando processi mirati quali RapiDeep e QuickPulse, concepiti per incrementare la velocità di avanzamento migliorando nel contempo il controllo dell'arco elettrico.

Tali impianti e processi di saldatura sono efficaci sia per la saldatura semi-automatica che per la saldatura meccanizzata e robotica. L'ampia gamma disponibile permette di selezionare la soluzione migliore a seconda delle esigenze.

Ulteriore 'plus' è costituito dall'uso della libreria di programmi sinergici Böhler Arc che, congiuntamente ai consumabili Böhler Welding, consentono di ottimizzare le prestazioni dell'arco elettrico. I benefici impattano sia sui tassi di deposito sia meramente sulla velocità di saldatura, preservando comunque l'integrità e la funzionalità delle strutture saldate. I casi presentati sono suffragati sia da evidenze oggettive ottenute mediante test eseguiti della voestalpine Böhler Welding, sia dall'esperienza industriale maturata in aziende di primaria importanza nel settore della carpenteria medio-pesante come MTS