

SALDATURA E TAGLIO

# I processi nelle varie forme di applicazione

a cura della redazione

La tavola rotonda *“L’evoluzione dei processi di saldatura e taglio nelle varie forme di applicazione”* è la terza che vede la compartecipazione di Anasta e cade in corrispondenza della manifestazione fieristica Saldat. Per questo motivo

(responsabile dell’unità operativa assemblaggio presso il Centro Ricerche Fiat), Graziano Bogni (consulente di Cemsa, azienda specializzata nel campo della saldatura a resistenza), Maichi Cantello (direttore dell’Istituto RTM, orientato alla ricerca di

**Cresce la diffusione del laser nelle applicazioni di saldatura e l’impiego di gas ad elevato grado di purezza. Tra le tecnologie più innovative emerge la saldatura friction stir mentre le tendenze nel mondo industriale sono verso un’integrazione in linea, senza passaggi intermedi, tra la saldatura e il taglio. Se ne è parlato in una tavola rotonda organizzata da RMO in collaborazione con Anasta**



l’invito a partecipare è stato mandato a quelle aziende che aderiscono ad Anasta e partecipano a Saldat, così da permetter loro di presentare la propria posizione sul mercato ed illustrare quali sono state le evoluzioni nei processi di saldatura e taglio e le possibili applicazioni. Hanno partecipato, in ordine alfabetico: Fabrizio Bentini

soluzioni basate sul laser), Edoardo Capello (docente del Politecnico di Milano e responsabile del laboratorio Sitec), Antonio Pandolfo (direttore marketing della divisione impianti automatici per saldatura e taglio termico di Esab Saldatura), Alessandro Santamaria (amministratore delegato di Roboteco, concessionario esclusivo

Panasonic per i sistemi robotizzati di saldatura ad arco), Sebastien Seys (Special Project Manager del gruppo Air Liquide Welding che produce e commercializza prodotti per saldatura e taglio), Andrea Tonin (Product Manager per l’applicazione dell’automazione taglio di Fro, azienda del gruppo Air Liquide Welding) e Stefano Tonini

(direttore generale di Sapio Industrie, azienda che svolge attività nel settore dei gas industriali puri, compressi e criogenici). Moderatore dell'evento è stato, come oramai di consueto, Giuseppe Maccarini, presidente di Anasta.

**Giuseppe Maccarini:**  
*Possiamo cominciare parlando di robotizzazione e automazione della saldatura e della motivazione all'acquisto di questi sistemi.*

**Alessandro Santamaria (Roboteco):** Posso citare i risultati di una recente indagine americana nell'ambito della robotica di saldatura ad arco che ha rilevato un rovesciamento delle motivazioni all'acquisto negli ultimi dieci anni. In passato il principale obiettivo era quello di ottenere un beneficio sulla produttività; oggi invece, anche negli USA, la principale motivazione all'acquisto è la drammatica carenza di manodopera qualificata, cosa che ha stravolto le regole del gioco (se si eccettua il settore automotive in cui la robotica è una scelta obbligata). Il mestiere di saldatore rimane di fatto un mestiere usurante e reperire le idonee professionalità è sempre più difficile.

**Maccarini:** *Proseguendo nel discorso iniziato credo sia importante definire cos'è il laser o l'utensile laser.*

**Maichi Cantello (RTM):** Il laser è una tecnologia innovativa, anche se è presente da molto tempo sulla scena industriale. In questi anni il laser ha avuto ampia diffusione nel taglio, dove oramai è una tecnologia consolidata, mentre nella saldatura stiamo assistendo al suo sviluppo proprio in questo periodo. Quello che rende interessante il processo laser è la sua capacità di focalizzare una grande quantità di energia in una regione molto ristretta, tale da ottenere prestazioni di saldatura difficilmente ottenibili con altri

processi. La saldatura a fascio elettronico è abbastanza simile, ma il laser garantisce tanto l'alta qualità quanto un'elevata produttività.

**Sebastien Seys (ALW Italia):** Il procedimento a fascio elettronico è nato nel 1954 per l'industria nucleare ad applicazione civile; a partire dal 1970 si è sviluppata una collaborazione tra SAF e Alcatel per la produzione e la vendita delle macchine. In seguito lo Stato francese ha preso il controllo di Alcatel e nel 1972 c'è stata la vendita dell'unità di saldatura a fascio elettronico alla SAF che ha portato avanti la produzione e lo sviluppo di questo procedimento nel campo delle applicazioni industriali. Nel 1976, un imponente progetto per l'azienda petrolifera francese ci ha permesso di crescere nel campo della saldatura di tubi di grosso spessore, progresso che è continuato fino ai giorni nostri, con la messa a punto di soluzioni interessanti a livello di procedimento e di produttività.

**Stefano Tonini (Sapio Industrie):** Sapio è l'acronimo di Società Anonima Produzione Idrogeno e Ossigeno, gas usati inizialmente solo per il taglio e la saldatura. Fino a quindici anni fa, l'ossigeno utilizzato era abbastanza impuro e arrivava a stento al 99,5% di purezza. Allora si tagliava con ossitaglio, utilizzato per gli acciai, senza particolari problemi. Il passaggio al plasma prima e al laser poi ha fatto emergere il problema della purezza dei gas vista l'influenza che ha sulla velocità e sulla pulizia del taglio, nonché sulla produttività e sulla resa economica del processo. Già vent'anni fa avevamo capito che l'elevata purezza dei gas non era più una caratteristica richiesta dai soli laboratori di ricerca, ma andava promossa anche nelle applicazioni industriali di saldatura e taglio. Dopo aver raggiunto a livello

iniziale una purezza del 99,9%, ci siamo spinti a valori ancora superiori. Ciò ha comportato un notevole aumento dei costi degli impianti di produzione dei gas che hanno richiesto investimenti consistenti, successivamente ripagati dal fatto che ormai la richiesta del mercato si basa solo su prodotti ad elevata purezza.

**Maccarini:** *Ora parliamo della saldatura a resistenza.*

**Graziano Bogni (Cemsa):** La saldatura a resistenza è nata per l'esigenza di non richiedere un operatore specializzato, ossia il saldatore. Si preme il pedale o il pulsante di una macchina e la saldatura avviene per conto suo. Altra peculiarità è la possibilità di ottenere, grazie alla riduzione dei tempi di



esecuzione, un'elevata produttività pur se accompagnata da una richiesta di potenza istantanea molto elevata. L'evoluzione di questo processo di saldatura ha pertanto cercato di ovviare a questo tipo di problematica. Dalla saldatrice monofase si è così passati ai gruppi trifase con raddrizzatore, che consentono un carico

**Giuseppe Maccarini, presidente di Anasta.**

**Fabrizio Bentini** è responsabile dell'unità operativa assemblaggio presso il Centro Ricerche Fiat (CRF). L'unità, che fa capo all'Ente Tecnologie di Carrozzeria si occupa di tecnologie innovative di processo e in particolare di tutti i processi che ruotano intorno al ciclo di assemblaggio degli autoveicoli. Il CRF non si rivolge esclusivamente al Gruppo Fiat ma svolge un'attività di consulenza anche per le piccole e medie imprese, oltre a collaborare con l'Università e a partecipare a progetti europei. Il Gruppo di assemblaggio accorpa il Gruppo laser di cui il CRF è stato un po' un precursore, avendolo introdotto in Italia a metà degli anni Settanta.



equilibrato riducendo la corrente sulle fasi al momento della saldatura, specialmente in quella a punti. Un'altra evoluzione intervenuta successivamente è stata l'adozione dei cosiddetti 'gruppi a media frequenza'; si tratta di gruppi di alimentazione della saldatrice che lavorano a 1000 Hz il che permette di utilizzare sempre le tre fasi e ottenere una finezza di regolazione nei tempi e nell'energia per eseguire una saldatura molto più precisa. Le soluzioni odierne permettono di ottenere saldature caratterizzate da un'eccellente costanza della qualità.

**Maccarini:** *Parliamo del taglio termico automatizzato.*

**Andrea Tonin (ALW Italia):**

A partire dagli anni Sessanta il plasma, che permetteva di tagliare l'acciaio inossidabile, è andato sostituendo il procedimento classico a ossitaglio anche nel taglio degli acciai da costruzione dando impulso allo sviluppo di macchine per l'automazione del taglio.

Negli anni Ottanta, quando i controlli numerici sono entrati nella vita industriale comune, è stato possibile fare anche tagli sagomati usando pantografi più complessi dal punto di vista dell'attuazione elettrica, ma semplificati rispetto alle vecchie macchine a ossitaglio dal punto di vista pneumatico, con la possibilità di eseguire delle lavorazioni più complicate.

Ancora oggi il procedimento di taglio termico si evolve sull'onda di questa innovazione inseguendo miglioramenti produttivi e qualitativi. Prima la saldatura e il taglio erano legate all'abilità manuale degli operatori ma era difficile garantire una buona ripetitività e quindi una buona industrializzazione dei procedimenti produttivi. Oggi le operazioni di taglio e saldatura devono sempre di più essere integrate con procedimenti in linea con gli altri processi, per limitare gli interventi manuali e ridurre i tempi morti di lavorazione.

**Maccarini:** *I primi problemi col taglio al plasma che abbiamo riscontrato riguardavano la potenza impiegata perché i primi procedimenti richiedevano una potenza di 80 kW, eccessiva in Italia. L'adattamento ai vari processi di saldatura e taglio ha richiesto una serie di adattamenti nell'organizzazione dell'azienda che riguardavano energia elettrica, gas o altri elementi disponibili. Tutto ciò, negli anni Sessanta, rallentava la diffusione nel nostro Paese di questa tecnologia che risultava improponibile se non in applicazioni di laboratorio. Chiedo a Pandolfo di parlare della saldatura a frizione.*

**Antonio Pandolfo**

**(Esab Saldatura):** Dire frizione è corretto ma anche limitativo. Questo procedimento, detto compiutamente *friction stir welding*, deriva sì dalla saldatura per attrito, nella quale i due pezzi venivano messi in moto relativo uno nei confronti dell'altro per dare uno stato plastico, ma in questo caso vi è una componente in più, ossia un vero e proprio utensile di saldatura, un terminale tronco conico rotante che attraverso l'attrito, il rimescolamento del materiale (lo *stirring*), realizza la giunzione tra due lembi da unire. È un procedimento di saldatura allo stato solido (non avviene fusione dei materiali), dato che il materiale raggiunge solo il 70% della temperatura di fusione, diventando plastico per poi ricristallizzarsi subito dopo; pertanto con questo procedimento si possono eliminare molti dei problemi intrinseci della saldatura per fusione, come ad esempio tensioni residue, distorsioni, decadimento delle proprietà meccaniche nel giunto, senza dimenticare l'assenza di emissioni di radiazioni e fumi. È sicuramente il processo più innovativo di cui abbiamo parlato oggi. Sviluppato dall'Istituto britannico TWI nel 1991, si è diffuso molto velocemente come procedimento industriale e non rappresenta una semplice curiosità di laboratorio ma esistono già numerose applicazioni. La TWI ha cercato un pool di aziende per sponsorizzare questo progetto, lo sviluppo e l'introduzione nel mercato dell'industria. L'azienda che rappresenta è stata tra quelle che hanno aderito sin dall'inizio al progetto. In produzione industriale questo procedimento consente oggi di saldare tutte le leghe di alluminio, è possibile anche saldare il rame e le sue leghe, il piombo, lo zinco e il magnesio. Si è anche verificato in laboratorio di ricerca che materiali come il titanio e gli acciai austenitici potranno essere saldati con la *friction stir welding*.

**Maccarini:** *Qual è il ruolo dell'Università in questo contesto? Cosa fa l'Università per l'industria?*

**Edoardo Capello (Politecnico Milano):** È vero che storicamente Università e industria sono stati due mondi separati. Fino a poco tempo fa mancava un dialogo tra il mondo universitario e quello industriale ma oggi possiamo dire che le cose stanno cambiando e che questa mancanza di comunicazione sta finendo. Se ci rifacciamo ad altri modelli, per esempio quello tedesco, possiamo vedere come in Germania l'Università sia presente nelle aziende e queste ultime lo siano nell'Università. Esiste uno strato intermedio tra Università e industria che si occupa della ricerca industriale, dove vengono messe risorse da una parte e dall'altra. In Italia si sta cercando di colmare questa lacuna e credo che l'incontro tra queste due realtà torni utile a entrambe le parti. Non sarà un lavoro facile ma ci sono tutti i presupposti perché questo possa avverarsi avendo per l'Università il beneficio di nuovi stimoli e l'accesso a ulteriori finanziamenti per la ricerca di base. Per il mondo industriale la possibilità di dialogare con l'ambiente accademico permette di specializzarsi in qualcosa di molto particolare e differenziato dagli altri, e va quindi a rappresentare un punto di differenziazione rispetto a tecnologie molto semplici come quelle dei Paesi emergenti.

**Maccarini:** *Una domanda più concreta: sembra però che di progetti importanti tra le due realtà ve ne siano troppo pochi. Qualcuno ha affermato che è da almeno dieci anni che non vi sono progetti importanti tra le due realtà in Italia. L'industria non può aspettare a lungo se vuole mantenersi al passo con i cambiamenti che la coinvolgono. Esistono dei piani concreti o siamo ancora in una fase di preparazione?*

**Capello:** Dipende da cosa si

intende per progetti comuni. Attualmente Università e industria dialogano su diversi progetti di ricerca, come nel caso del laser. Il laboratorio di Lecco, per esempio, è aperto alle industrie così come a noi capita di entrare nelle industrie stesse, quindi esiste uno scambio concreto e non solo di intenti. Una grande fetta del finanziamento del Politecnico è destinata ad attività di ricerca per il mondo industriale. Mi risulta difficile affermare che non c'è contatto tra l'Industria e l'Università, anche perché i progetti sono quintuplicati negli ultimi tre anni.

**Maccarini:** *Negli ultimi progetti di opere pubbliche si sostiene l'importanza dell'apporto della ricerca universitaria e questo può mettere l'industria italiana in condizione di evolvere e di primeggiare in alcuni settori della tecnologia rispetto ad altri, sia a livello europeo che mondiale. Intendevo quindi parlare di procedimenti applicabili immediatamente.*

**Santamaria:** È comunque emerso un dato importante: quintuplicati in tre anni...

**Capello:** Confermo questo dato. Per quanto riguarda il progetto laser a Lecco abbiamo sviluppato applicazioni laser a stretto contatto con il mondo industriale. Ad esempio, presso il Sitec è stata sviluppata la prima applicazione industriale italiana di laser in fibra dedicata al taglio tubi, così come è stata sviluppata la prima applicazione industriale italiana di diodo laser per il trattamento termico. Esistono quindi contatti stretti e uno sviluppo d'innovazione importante per le industrie che si rivolgono a noi.

**Maccarini:** *Prendiamo atto del lavoro dell'Università. Cosa fa il centro automotive del CRF nel campo della saldatura e del taglio?*

**Fabrizio Bentini (Centro Ricerche Fiat):** Il centro ricerche si trova nella condizione intermedia tra

l'Università e l'azienda; le ricerche che più si avvicinano a un possibile interesse applicativo da parte dell'industria vengono studiate e sviluppate al fine di trasferirle in produzione. Nelle tecnologie di assemblaggio, lo scenario non evolve rapidamente come, ad esempio nell'informatica, e non ci aspettiamo nuove tecnologie nel breve periodo nel campo della saldatura, anche perché l'ultimo processo di saldatura, il *friction stir welding*, risale a soli dieci anni fa. Il nostro lavoro di supporto al gruppo Fiat è di due tipi: da un lato monitoriamo le diverse tecnologie lavorando con i fornitori, dall'altro cerchiamo di sviluppare delle soluzioni integrate. Lo scenario di riferimento è dettato dalla normativa e dall'orizzonte economico. La prima impone dei limiti ai consumi e quindi alle emissioni delle vetture che sono sempre più pesanti, per l'aggiunta di accessori al loro interno e per ottemperare ai requisiti di sicurezza. Per limitarne il peso, costruiamo veicoli con diversi gradi di acciaio e altre leghe comprese le materie plastiche e soluzioni ibride in cui plastica e acciaio sono usati insieme, per ottenere strutture particolarmente rigide e leggere. Per risolvere il problema di legare tutti questi elementi, cerchiamo di sviluppare internamente soluzioni proprietarie che fanno la differenza con la concorrenza. Volkswagen, che per prima ha sviluppato la saldatura laser e che la applica ai propri veicoli con una resa estetica molto apprezzata, ha ottenuto un vantaggio sui concorrenti che adesso si trovano a dovere recuperare terreno. Dall'altro lato è in corso una sorta di revisione delle tecnologie già esistenti. Per migliorare le prestazioni a crash si usano materiali altoresistenziali e microlegati. Questi sono molto difficilmente lavorabili con tecnologie convenzionali e cerchiamo strade alternative a quelle attuali. Qualcosa si riesce a fare con la saldatura a resistenza mediante sistemi

retroazionati, ma per gli elementi di carrozzeria interessati dalle prove di urto, la soluzione più performante è di realizzare giunzioni continue, eliminando i collegamenti puntuali, gestendo anche i problemi di corrosione. Tutte le tecnologie chiamate ibride, ossia che vedono l'applicazione di due o più tecnologie contemporaneamente, ad esempio saldatura a resistenza e incollaggio, clinciatura e incollaggio sono soluzioni che prevedono due tecnologie e consentono di innalzare le prestazioni a prezzo di una serie di sforzi tecnologici in azienda, ma anche di un costo aggiuntivo da valutare attentamente. Il problema di base, inoltre, è che tutto questo va calato nella realtà economica degli ultimi anni e non è garantito che la soluzione migliore sia sempre quella più sensata da adottare, anche economicamente. Faccio l'esempio del laser ma vale anche per qualsiasi procedimento. È possibile impostare la produzione di alcuni sottogruppi utilizzando solo tecnologia laser, ottenendo una significativa riduzione dei costi variabili, rispetto alla soluzione con tecnologia tradizionale. A monte di questo si avranno però dei costi di investimento superiori rispetto al tradizionale. In questo momento può succedere che l'azienda preferisca ridurre i rischi di investimento di partenza e accettare di accollarsi qualche costo variabile in più successivamente, nel caso in cui il modello vada bene.

**Maccarini:** *Parliamo dunque delle applicazioni della saldatura nel campo della robotica.*

**Santamaria:** Io posso portare il punto di vista di un'azienda come Panasonic che nel settore automotive sta muovendo i primi passi in Italia, anche se è già molto attiva in Giappone e negli Stati Uniti. Noi come Roboteco abbiamo solo sfiorato il mercato automotive a causa delle radici culturali della nostra

azienda. Ci siamo scelti invece una nicchia di mercato che è la saldatura di componenti in acciaio inossidabile, specialmente per il settore della ristorazione sia domestica che professionale, trovando in questo campo delle peculiarità che hanno fatto sviluppare l'azienda in questi anni. Grazie ad una sempre maggiore integrazione del controllo robot con la sorgente di saldatura, una sinergia di tipo digitale, siamo arrivati a controllare l'apporto termico sul pezzo da saldare in

della saldatura laser lo sentiamo tutti i giorni. L'apporto termico, cioè il disturbo che si dà al pezzo, è uno degli elementi guida nella scelta della tecnologia per conseguire risultati di qualità. Il laser permette questo salto di qualità con un apporto termico dieci volte inferiore. Tutto questo, unito alla produttività, porta l'applicazione laser ad essere economicamente conveniente in molti campi. Nel campo automobilistico i vantaggi sono evidenti e si andrà seguendo la

**Graziano Bogni,** dopo essere stato direttore di Isea, azienda produttrice tra l'altro di saldatrici elettriche e resistenze di tutti i tipi, collabora attualmente con Cemsa, società con un'esperienza pluriennale nel campo della saldatura a resistenza e che produce saldatrici a rulli, con e senza filo, a punti, di testa, anche a scintillio, a proiezione e elettroriscalatrici. La collaborazione è volta a sviluppare l'attività nel campo della saldatura a scintillio di macchine di elevata potenza per applicazioni tecnologicamente importanti e allo sviluppo delle macchine per elettroriscalatura.



maniera estremamente accurata potendo così approntare soluzioni impensabili fino a pochi anni fa. Con Panasonic, come costruttore sia di generatori di corrente che dei manipolatori antropomorfi, si riescono pertanto a ridurre i costi delle attrezzature ed ad ottenere tempi di esecuzione ciclo molto più rapidi, anche in ambiti dove i volumi di produzione sono medio-piccoli, cioè per aziende che altrimenti non potrebbero accedere a queste tecnologie a causa delle loro dimensioni e delle relative produzioni ridotte.

**Cantello:** La richiesta di qualità è un elemento importante nel mondo della saldatura e come centro di applicazione della tecnologia

strada aperta da Volkswagen, ma le applicazioni laser si estendono anche a molte parti meccaniche delle automobili, come motori, alberi, ingranaggi, sensori, frizioni, parti lavorate di macchine utensili, in sostituzione di altre tecnologie come la fresatura e il fissaggio con bulloni. L'aeronautica è un altro settore interessante, dato che la scelta di utilizzare materiali compositi spinge allo sviluppo di tecnologie di giunzione sempre più innovative. Nel campo degli elettrodomestici, con gli scambiatori di calore e per risolvere i problemi legati alla saldatura dei tubi, la qualità, la velocità di lavorazione e il risultato estetico fanno del laser un utensile decisamente interessante.

**Maccarini:** *Il settore gas ha dovuto modificare negli ultimi tempi il metodo di produzione. È stata la richiesta da parte dei procedimenti di saldatura e di taglio a causare il cambiamento oppure sono stati i produttori a spingere in questa direzione?*

**Tonini:** Il ruolo è stato duplice, grazie a una sinergia tra produttori di gas e utilizzatori. Una volta compreso il vantaggio competitivo di fornire gas più puri, abbiamo spinto verso i produttori di macchine da taglio e saldatura, cercando

**Maichi Cantello** dirige l'Istituto RTM che ha la doppia veste di centro di ricerche e di azienda che produce impianti e sviluppa applicazioni. Nata come centro di ricerca di tecnologia meccanica nel 1966, negli ultimi vent'anni RTM si è orientato sempre più verso lo studio delle applicazioni laser. L'attività principale è la ricerca applicata, e consiste nel mettere a punto dei processi tecnologici fino a fornire al cliente un impianto chiavi in mano, in particolare nel campo della saldatura.



di sensibilizzarli sul fatto che questi impianti richiedono un sistema di distribuzione gas molto complesso per poter mantenere purezze elevate dei gas, non solo alla produzione iniziale ma anche nello stoccaggio, con bombole e recipienti appositamente

dedicati e preparati per offrire garanzie nel tempo. Questo vale sia per i gas compressi che hanno recipienti ad alta pressione che per gas criogenici liquidi a bassa temperatura (-186 °C), dotati di telemetria e di impianti booster per poter poi alimentare il cliente con pressioni molto elevate fino a poco tempo fa impensabili. In generale tutto l'impianto di distribuzione deve garantire innanzitutto la sicurezza. Ecco il perché di materiali particolari elettropuliti, saldati con particolari procedimenti, e degli impianti di riduzione del gas ad hoc per garantire la purezza. In pratica è tutta una filiera che deve garantire purezze molto più elevate rispetto a una volta e che parte dalla produzione per arrivare a logistica, distribuzione e stoccaggio.

**Maccarini:** *L'applicazione industriale della saldatura e taglio vi ha costretto a rivoluzionare lo stoccaggio e la distribuzione per mantenere la purezza dei gas?*

**Tonini:** Qui si parla di percentuali di inquinamento di poche ppm sufficienti a danneggiare la produzione. Ad esempio, passare da 2 ppm a 10 ppm comporta variazioni drammatiche, e deve essere evitato assolutamente. E affinché non succeda tutta la filiera deve garantire che il gas arrivi puro fino al punto di utilizzo, ossia di taglio o saldatura.

**Maccarini:** *Il settore mostra segnali di ripresa?*

**Bogni:** Per ora non ci sono risposte chiare in materia. Riallacciandomi a quanto detto prima da Bentini, volevo dire che i sistemi di saldatura retroazionati, oltre al risultato finale del pezzo che deve essere conforme a quanto richiesto, danno la certezza che tutti i pezzi siano esenti da difetti. Si riesce quindi a ottenere la sicurezza della qualità dei pezzi e ad eliminare lo scarto intervenendo durante il processo di lavorazione attraverso la retroazione, con

controlli istantanei dei parametri desiderati; nel caso della saldatura il parametro principale è la corrente. Il discorso della media frequenza diventa interessante perché lavorando a 1000 Hz anziché a 50 Hz, si riesce a modificare il procedimento in atto nel millesimo di secondo successivo al rilevamento della necessità di intervento, ottenendo un controllo perfetto del procedimento. L'utilizzo della media frequenza non è in sé una grossa novità, ma si va imponendo sempre più e diventa necessario per ottenere determinati risultati a livello di produzione di qualità. I costruttori di macchine per saldatura tendono così a diventare anche i costruttori del sistema intero, fornendo automatismi di carico e scarico della macchina, facendola diventare più facilmente inseribile in un procedimento complesso e rendendola competitiva anche in altri procedimenti. Dopo aver parlato della saldatura a resistenza in media frequenza se dovessi indicare una linea di sviluppo per alcune applicazioni andrei a sondare la possibilità di lavorare con frequenze inferiori a quella industriale di 50 Hz che potrebbe essere una linea interessante dal punto di vista tecnico ed economico. Lavorare a 10 o 18 Hz darebbe il vantaggio di avere una componente reattiva dal carico molto più bassa, in proporzione alla frequenza. La saldatura in corrente alternata ha il problema di avere un basso rendimento oltre a squilibrare la linea, mentre quella in bassa frequenza permette di trattare molto bene l'intensità della corrente e si presta a quelle applicazioni in cui il millesimo di secondo non interessa. Purtroppo il costo sempre più alto dell'energia rende ancora più problematico l'utilizzo della soluzione trifase/raddrizzata che implica una perdita dal 15 al 20% circa dell'energia in calore sviluppato nei diodi del raddrizzatore, energia che oltretutto deve essere dissipata.

**Maccarini:** *La macchina da taglio si evolve e segue l'evoluzione della meccanica?*

**Tonin:** Sì, la macchina da taglio segue l'evoluzione della meccanica ma anche quella dell'elettronica di controllo. Oggi la macchina per il taglio al plasma, che è una tecnologia di base non particolarmente innovativa, richiede un utilizzo semplice, con un operatore a interagire con tutte le parti della macchina attraverso una sola interfaccia HMI (Human Machine Interface). Si tratta di sofisticate applicazioni di calcolatori che controllano non solo la macchina in sé, intesa come pantografo, ma anche tutta la parte di potenza, la parte gas e le varie periferiche di sicurezza ad essa annesse. Tutti i costruttori si stanno orientando in questa direzione. Inoltre si cerca di espandere la base d'utilizzo del taglio al plasma il più possibile. Dove prima c'era un netto dominio dell'ossitaglio oggi si

l'utilizzo del plasma è per spessori che, su acciai al carbonio, superano i 30 mm.

**Maccarini:** *Vediamo l'altra parte del taglio secondo Pandolfo.*

**Pandolfo:** Quanto affermato da Tonin e dagli altri relatori è corretto. Lo sviluppo degli impianti automatici di taglio in Italia va nella direzione di una maggiore produttività e del trasferimento di tutte le informazioni per la lavorazione all'interno della macchina. Ciò significa rendere la macchina indipendente dalle capacità dell'operatore. Un'altra tendenza è invece quella della ricerca della qualità del taglio, cercando di evitare ulteriori lavorazioni meccaniche di prepaazione alla saldatura. Un'integrazione in linea, senza passaggi intermedi, tra il taglio e la saldatura.

**Maccarini:** *Le applicazioni più attuali delle tubazioni.*

vista qualitativo che da quello della produzione. La clientela è diversa e anche le esigenze lo sono: si spazia dall'automotive all'industria meccanica, dall'aeronautica al settore militare, da quello navale a quello nucleare. Di recente abbiamo avuto richieste di applicazioni su tubi di grosso spessore, per esempio abbiamo realizzato un impianto per saldare tubi in acciaio inossidabile fino a uno spessore di 50 mm, il cui scopo era di fare una saldatura finita in una sola passata. Lavorando sottovuoto, a livello della protezione del giunto di saldatura, non esiste un altro sistema che sia in grado di proseguire la saldatura; un vuoto di  $10^{-5}$  mm di mercurio corrisponde a una protezione con un gas neutro a pressione atmosferica con una purezza di 0.01 ppm che sarebbe di difficile gestione. In sostanza, trovandoci sottovuoto non abbiamo bisogno di proteggere la saldatura e vi è un risparmio di gas. Inoltre riusciamo a risparmiare anche sul materiale di apporto. Il nostro cliente che saldava tubi di grande spessore ha ammortizzato il costo della macchina in un anno, risparmiando sui consumi.

**Maccarini:** *C'è sempre un problema di investimento così come di sottovuoto.*

**Seys:** Il vuoto è infatti sempre il punto in cui tutti si fermano, a posso fare un altro esempio: con un cannone di 45 kW un tubo di 30 mm di spessore in acciaio inossidabile lungo 6 m richiede 32 min. Con quest'ultimo impianto abbiamo avuto la possibilità di saldare longitudinalmente e in modo circolare.

**Maccarini:** *Parliamo ora di un tipo di saldatura di nicchia, quale la saldatura a frizione.*

**Pandolfo:** *La friction stir welding è nata come procedimento di nicchia ma si sta espandendo molto. Sono stati citati alcuni settori in cui vi sono applicazioni concrete a*

**Edoardo Capello** è docente al Politecnico di Milano e responsabile del laboratorio Sitec attivato dal Politecnico circa cinque anni or sono presso la sede di Lecco, che intende essere il punto di interesse per le applicazioni laser del Politecnico. L'Ateneo offre alcuni corsi dedicati alla formazione di personale competente sul laser in seno al corso di Ingegneria Meccanica, ed il laboratorio Sitec, che è caratterizzato da un forte taglio industriale, fornisce supporto alle aziende interessate al processo laser. L'attività prevede lo sviluppo di processi e la consulenza necessaria alle aziende che vengono anche accompagnate fino alla fase di acquisto dei sistemi. Trattandosi di un attore non direttamente coinvolto nel mercato, il laboratorio è in grado di fornire pareri il più possibile neutrali rispetto alle parti in causa.



va verso il plasma, utilizzando sorgenti controllate elettronicamente con ottima efficienze, diminuendo le portate di gas per economizzare il procedimento e ridurre il rumore. Oggi, l'interesse per

**Seys:** Lavoro per un'azienda che propone diversi tipi di procedimenti nel campo della saldatura e ritengo sia di grande importanza trovare una soluzione appropriata al pezzo da produrre, sia dal punto di

livello industriale di questo procedimento. In segmenti, quali l'aerospaziale e l'automobilistico la ricerca è rivolta al conseguimento di prestazioni superiori. Si cerca di realizzare un prodotto leggero ma performante, con la giusta robustezza. Il progettista va spesso a cercare delle leghe particolari con dei materiali che mettono in crisi chi deve andare poi a saldarlo, come alcune leghe d'alluminio nel settore aerospaziale, di difficile se non addirittura impossibile saldabilità per fusione. La *friction stir welding* è stata ritenuta da Boeing la tecnica adatta per giuntare i serbatoi dei razzi spaziali Delta. Anche nel settore automobilistico vi è una forte ricerca di leggerezza: un'azienda svedese realizza i telai dei sedili saldandoli con la *friction stir welding*, che assicura anche una buona resa estetica e tecnologica. Nel settore navale si costruiscono navi da crociera sempre più belle, sviluppate in altezza e con un maggior numero di cabine; per poter tenere basso il baricentro della nave la parte superiore della struttura deve essere leggera: ecco perché i ponti superiori vengono realizzati in lega di alluminio e vengono saldati con la *friction stir welding*. Questo è lo stato dell'arte di questo procedimento.

**Maccarini:** *Spesso si parla di estetica. Questo aspetto è pagante?*

**Santamaria:** Il valore aggiunto sta in quanto si riesce a ridurre sia la deformazione del pezzo durante la saldatura che le riprese estetiche del giunto post-saldatura. È sì un problema estetico ma pur sempre finalizzato ad una riduzione dei costi di prodotto.

**Bentini:** Nell'automotive quando si parla di estetica il driver è essenzialmente lo stesso. Per il progettista o per il tecnologo estetica significa riduzione degli interventi post saldatura. Ad esempio la possibilità di realizzare delle giunzioni offerta dal processo

di saldobrasatura laser che consente con un minimo di ripresa di realizzare giunzioni in zone in vista, come realizzato su alcuni modelli Volkswagen nella parte del tetto della vettura.

**Cantello:** È molto attuale il problema dell'estetica negli elettrodomestici in acciaio inossidabile, che devono essere

mondi leggermente diversi. Il taglio è una realtà industriale relativamente nota mentre la saldatura lo è meno, tanto che in alcune aziende non è nemmeno conosciuta. Chi la conosce pensa spesso che sia solo una tecnologia sostitutiva e questo è riduttivo. Il laser offre grandi possibilità di innovazione di prodotto se il tecnologo lavora a stretto

**Antonio Pandolfo** è direttore marketing della divisione impianti automatici per saldatura e taglio termico di Esab Saldatura, filiale italiana del gruppo multinazionale Esab, che quest'anno ha compiuto cento anni di attività. L'azienda si occupa di materiali per saldatura, macchine e impianti automatici e semiautomatici per saldatura e taglio termico delle lamiere.



anche belli e lucidi, come la rubinetteria. Un processo che permetta di saldare senza alcuna ripresa è ben visto e sarebbe positivo poter considerare la saldatura laser come un elemento di estetica: una giunzione che diventa elemento di design e bellezza.

**Tonini:** Oltre all'industria automobilistica, il lato estetico ha importanza rilevante anche per moto, biciclette e cappe nell'arredamento. Se il gas che usiamo non ha la purezza richiesta ce ne accorgiamo subito perché il taglio è sporco, sbordato, rigato e quindi crea problemi di ripresa del pezzo prima della saldatura.

**Maccarini:** *Sentiamo qual è il punto di vista dell'Università.*

**Capello:** Credo che taglio e saldatura laser siano due

contatto col progettista. Si può pensare a una maggiore diffusione della saldatura laser mediante un maggiore acculturamento del mondo industriale. L'Università lo sta facendo nella divulgazione delle informazioni, cosa che avviene anche col supporto di RMO e nella formazione del personale. Gli ingegneri meccanici di Lecco e Milano quando escono dal percorso formativo hanno già ben presente che cosa si può fare con il laser.

**Bentini:** A dispetto della sua fama fortemente conservativa, il settore automotive è stato uno dei primi a impiegare sorgenti laser ad alta potenza. Gli ingranaggi in Fiat si saldano in produzione già dalla fine degli anni Settanta. Secondo la nostra esperienza, non solo la semplice

sostituzione tecnologica non è il modo migliore di utilizzare il laser, ma è a volte il modo migliore di rimetterci. Vi sono state esperienze drammatiche anche in Fiat prendendo un elemento saldato a resistenza e dando un tratto laser al posto di un punto, provando poi a produrre così. In questo caso, la tecnologia è molto costosa e richiede personale altamente qualificato e quindi non è conveniente.

Oggi i processi laser vanno nella direzione di ridurre alcune limitazioni attraverso la riprogettazione del componente e di stressare molto la capacità di performance da un lato e di produttività dall'altro, offrendo più vantaggi che restrizioni nel passaggio da una tecnologia all'altra.

**Maccarini:** *Parliamo delle prospettive future. L'integrazione nell'azienda e nella programmazione della produzione.*

**Alessandro Santamaria** è amministratore delegato di Roboteco, azienda che fa parte del gruppo Salteco. Da tredici anni l'azienda collabora, quale concessionario esclusivo, con Panasonic, la multinazionale giapponese specializzata anche nei sistemi robotizzati di saldatura ad arco, e vanta circa 500 impianti installati in Italia.



**Santamaria:** La nostra azienda opera in un settore ormai maturo e parlare di robotica, quindi di tridimensionalità dell'automazione di saldatura, vuol dire parlare principalmente di un mercato di sostituzione. È difficile che vi siano delle realtà industriali che saldino significativamente e che non abbiano già investito in automazione tridimensionale. Gli sviluppi e le tendenze dei costruttori di robot vanno nella direzione di macchine specializzate per i vari processi industriali. In particolare nella saldatura ad arco, ci si sta orientando verso nuove forme di manipolatori antropomorfi, che da una parte riducono il rapporto peso/volume utile di lavoro e dall'altra aumentano la penetrabilità dell'utensile di saldatura. Sul fronte dell'affidabilità il componente robot ha conseguito risultati incontrovertibili: oltre il 95% delle richieste di assistenza su queste macchine non riguarda il robot ma tutto quello che comunemente si chiama 'periferia' robot.

Oggi abbiamo importanti progetti anche nel settore automotive. In tutto il mondo le automobili si saldano in tecnologia MIG con gas di protezione CO<sub>2</sub> mentre in Italia e in Europa persiste l'usanza di saldare con miscele di Argon e CO<sub>2</sub>, molto più costose. Grazie alla totale integrazione software tra la sorgente, cioè tra la saldatrice MIG ed il controllo robot, si possono oggi ottenere costi di esercizio nettamente più bassi ed un'ottima qualità del giunto saldato.

**Maccarini:** *Il futuro del laser*

**Cantello:** Confidiamo che questa tecnologia abbia grandi applicazioni in futuro. Si sta facendo un grosso sforzo sulle sorgenti laser che una volta prodotte su vasta scala diminuiscono di costo. Questo è uno degli obiettivi che porterà a una grande diffusione del laser, il cui costo è oggi ancora abbastanza elevato in quanto si tratta di una tecnologia relativamente nuova; nel taglio lo è certamente molto di meno

per cui i costi si sono ridotti. Non c'è motivo per cui una saldatrice laser costi più di una convenzionale e quello che ci aspettiamo in futuro è una sensibile riduzione dei prezzi. La richiesta forte di qualità del componente finale e di conseguenza anche dei pezzi che devono essere saldati fa sorgere la necessità di disporre di sensoristiche di controllo e di sistemi adattativi per la corretta gestione della sorgente laser, che permettano di avere un'automazione completa e di elevata qualità. È inutile avere tecnologie performanti se poi non siamo sicuri che il 100% dei pezzi venga saldato bene. Il laser è un processo che nasce in automatico, per cui tutto è affidato all'intelligenza a bordo macchina, molto meno a quella dell'uomo che deve impostare i parametri.

**Tonini:** L'obiettivo futuro è sicuramente di ridurre i costi presso gli utenti incrementando dall'altra parte tutti gli altri fattori di qualità. Da diversi anni il mercato dei gas laser e plasma supera abbondantemente quello dei gas tradizionali, aumentando il primo e diminuendo il secondo del 5% all'anno. L'elevata qualità del gas è un fattore determinante per il futuro e il nostro sforzo è rivolto anche alla qualità del servizio, per cui stiamo implementando molto la formazione verso i clienti per poter gestire in sicurezza i nostri gas. Sono dei prodotti ad alta pressione (200 bar) o a bassissima temperatura e l'ossigeno, che è un reagente, se non trattato nei giusti modi può causare degli incidenti. Starà poi al cliente decidere in autonomia se saldare solo in CO<sub>2</sub> anziché con miscele argon-elio o altre miscele.

**Bogni:** Mi riallaccio al discorso dell'estetica. L'evolvere della saldatura, affinché assicuri un'estetica sempre migliore, non è solo un fattore commerciale ma ha anche una rilevanza ai fini tecnologici. Una saldatura bella può non essere una buona saldatura. Una saldatura brutta

**Sebastien Seys** si occupa dei progetti speciali per la saldatura e il taglio in Safmatic, azienda francese che fa parte del gruppo Air Liquide Welding. L'azienda propone procedimenti laser di saldatura e taglio e può far leva su 50 anni di esperienza nel campo delle macchine speciali per rispondere alle specifiche esigenze delle applicazioni di saldatura e taglio.



è generalmente una cattiva saldatura. Questo è già un fattore discriminante. L'evoluzione della saldatura a resistenza deve tendere anche al conseguimento di buoni risultati dal punto di vista estetico. Proprio in questi giorni, in un caso riguardante dei componenti di arredamento, tra due tecnologie di saldatura che offrivano pari garanzie la scelta è caduta su quella che garantiva il migliore risultato estetico. Un'altra evoluzione seguita dai costruttori di saldatrici a resistenza è rappresentata dall'automazione, che si può ottenere in modo abbastanza spinto quando si parla di grossi numeri, cioè solitamente quando il cliente è un subfornitore dell'industria automobilistica in genere. Cemsà ha sviluppato delle macchine automatiche per la saldatura dei ceppi dei freni che producono un pezzo ogni quattro secondi. Chiaramente questo richiede un importante investimento e dei grandi

numeri. Al di fuori di questi settori ci può essere una certa automazione che però è slegata dal processo di saldatura come nel caso di dispositivi per il carico e lo scarico delle macchine che non sono significativi dal punto di vista tecnologico.

**Bentini:** Volevo chiedere se tra gli sviluppi previsti, vi è anche quello del rispetto della normativa sulla compatibilità elettromagnetica delle attrezzature perché in campo automotive l'applicazione di queste norme causerebbe non pochi problemi.

**Bogni:** Attraverso l'affinamento del procedimento di saldatura, che potrà garantire saldature valide con correnti e apporti termici inferiori, si arriverà a rientrare nei parametri indicati dalle normative attuali e future.

**Maccarini:** *La macchina da taglio integrata in una linea o in un processo di produzione.*

**Tonin:** Per il taglio termico l'evoluzione è di due tipi: *technology driven* o *market driven*. Noi siamo guidati dal mercato, ossia dalle richieste del cliente che in genere vanno nella direzione di automatizzare sempre di più i vari procedimenti e le lavorazioni d'officina. L'obiettivo di Fro è di fornire soluzioni che integrino in modo ottimale il taglio e la saldatura. Le parti preparate per essere saldate devono spesso essere predisposte con particolari tipi di giunti; pertanto si rendono necessarie oltre al taglio altre lavorazioni per asportazione di truciolo o lavorazione di marcatura. Quindi la macchina da taglio deve essere pensata per integrare queste lavorazioni al fine di ottimizzare la lavorazione della lamiera prima della saldatura in una sola stazione del ciclo produttivo. La macchina da taglio può essere sempre più considerata come una macchina utensile con altri tipi di utensili come foratrici o

fresatrici. Non è facile prevedere oggi se sarà la macchina utensile 'classica' che porterà il taglio al plasma o, viceversa, se sarà la macchina da taglio ad imbarcare un sempre maggiore numero di utensili. La tendenza è quella di fornire al cliente soluzioni che integrino tutto il procedimento produttivo cercando di diminuire sempre di più l'apporto umano limitando il *work in process*. Cito come esempio d'integrazione le *panel lines* per applicazioni navali, dove si mettono in linea taglio e la saldatura per creare pannelli con cui si costruiscono le navi.

**Pandolfo:** Secondo la mia opinione la tendenza sarà l'integrazione della macchina da taglio in linea, quindi un sistema integrato col magazzino lamiera e con quello di parti tagliate, che è già una realtà nel mondo del laser. È questa sarà la tendenza anche nel mondo del plasma, anche se il limite che abbiamo oggi è che una macchina plasma non può essere per lungo tempo non presidiata, perché ci sono delle parti di consumo che devono essere periodicamente sostituite. La tendenza è di realizzare parti di consumo che abbiano una durata maggiore per poter avvicinare il plasma al laser.

**Maccarini:** *Il pezzo di usura del taglio è sempre stato un problema, dalla punta ossiacetilenica in poi. Oggi il costo principale nel taglio è il pezzo di usura e dovendo durare sempre di più costerà anche sempre di più. Passiamo ai procedimenti di nicchia.*

**Seys:** Giustamente Bentini sosteneva che negli anni Settanta la Fiat aveva cambiato il procedimento di saldatura passando dall'*electron beam* al laser. In quegli anni i cannoni ad alta tensione per accelerare gli elettroni erano afflitti da due problemi: il primo era la necessità di una preparazione meccanica molto precisa, il secondo era rappresentato dalla gestione del fascio di

elettroni. Oggi noi abbiamo un cannone a bassa tensione che richiede una preparazione meccanica più rilassata e consente una gestione del flusso di elettroni più comoda e facile. Lavorando sul cannone e sui generatori siamo riusciti ad avere delle ottime prestazioni come testimonia il generatore che è uscito sul mercato due anni fa, che contiene anche i costi, e che va nella direzione di una soluzione di fascio di elettroni che sia economica e allo stesso tempo performante.

**Maccarini:** *Parliamo della saldatura friction stir: settori, materiali e prospettive future.*

**Pandolfo:** Per chiudere la questione del taglio direi che oggi ci sono delle questioni che riguardano gli spessori. Il laser è molto efficiente solo fino a un certo spessore, sopra il quale il plasma ha potenzialità maggiori. Un'azienda di taglio ha impianti laser, plasma e ossitaglio per far fronte a tutte le necessità, perché non sono sistemi antagonisti bensì complementari tra loro. Esiste una possibile integrazione tra la tecnologia laser e la *friction stir*. Con gli acciai altoresistenziali sono state fatte in laboratorio delle prove che hanno dato ottimi risultati: si è trattato di una *friction stir* che ha richiesto utensili particolari (devono ovviamente essere più duri del materiale da saldare) e sotto protezione gassosa per non far emergere certi ossidi che verrebbero incorporati danneggiando il giunto. Il laser assiste il procedimento *friction stir*, offrendo un apporto termico tale da ridurre la resistenza di rimescolamento del materiale. Il futuro della *friction stir* è di fare il grande passo dai laboratori di ricerche alla produzione sugli acciai.

**Santamaria:** È un procedimento 2D o anche 3D?

**Pandolfo:** In produzione attualmente si realizzano saldature longitudinali,

circonferenziali ed anche su due assi nel piano, con giunti testa-testa, ad angolo e a sovrapposizione. Giunzioni nello spazio 3D di geometria più complessa sono teoricamente possibili ma a tutt'oggi non trovano realizzazione, se non a livello di laboratorio. Risulterebbe infatti complicato il serraggio dei pezzi da saldare e la struttura del robot dovrebbe essere di robustezza tale da sostenere la forza che deve essere applicata dall'utensile sul giunto.

**Capello:** Il laser non ha ancora esaurito il suo potenziale di sviluppo dato che solo negli

sorgenti, per esempio, si arriva al taglio in profonda penetrazione così come con il miglioramento della qualità del fascio tutta la parte di fluidodinamica va ottimizzata. Anche la saldatura ha margini di miglioramento, primo tra tutti può migliorare la retroazione per incrementare l'affidabilità in termini di qualità del prodotto. Ci auguriamo una maggiore compenetrazione tra il mondo dell'Università e quello delle aziende, sia quando un'azienda con problemi si rivolge all'Università, sia in modo più organico magari mediante associazioni quali Anasta.

**Andrea Tonin** è Product Manager per l'applicazione dell'automazione taglio di Fro, azienda del gruppo Air Liquide Welding che produce e commercializza prodotti per saldatura e taglio. Oltre che di prodotti consumabili per saldatura, Fro si occupa anche di impianti di tutti i tipi per la saldatura e per il taglio termico. L'azienda è presente sul mercato italiano da molti anni e dispone di un vastissimo parco macchine installato. Fro è in grado di fornire soluzioni che vanno dalla saldatrice per hobby fino ai grandi impianti di saldatura per applicazioni navali.



ultimi dieci anni c'è stato l'ingresso di tre nuove sorgenti laser: i laser in fibra (e da poco le sorgenti a disco) i diodi laser e la nuova tecnologia 'slab' per le sorgenti CO<sub>2</sub>. Questo è importante perché il fascio laser è lo strumento dell'applicazione, per cui le nuove sorgenti con una grande qualità del fascio permettono di fare cose nuove, meglio e più rapidamente. Per quanto riguarda le applicazioni, sia sul taglio che sulla saldatura c'è ancora molto da capire e da fare. Con queste nuove

**Maccarini:** *Anasta è un'associazione di produttori che alla fine hanno il problema principale di fare degli utili, comunque i discorsi fatti fin qui dimostrano che il mondo della saldatura in Italia è vivace e ha dei numeri. Anasta è anche un mezzo per la divulgazione delle informazioni: norme a favore della sicurezza del processo, ecologia, rumore, interferenze elettromagnetiche, tutela della salute dell'utente. Nel campo della ricerca possiamo essere solo utili per la segnalazione e*

*nell'associazione devono convivere le aziende di piccole dimensioni accanto a quelle più grandi, quindi quelle più autonome nella ricerca con quelle che lo sono meno. A volte tentiamo di raggruppare le aziende che non riescono a fare da sole R&S.*

**Capello:** Ci sono anche associazioni universitarie rappresentative del mondo dei tecnologi e sarebbe auspicabile che ci fosse anche un dialogo tra le associazioni di questo tipo e l'Anasta, per un discorso di divulgazione strutturato. L'associazione degli utenti è ovviamente il vostro interlocutore privilegiato

formare le persone che, in una fase preliminare, per valutarle. Ci sono molte occasioni per borse di studio, diverse tesi di laurea o dottorati di ricerca che non sono altro che l'occasione per un'azienda di avere delle persone che lavorano su un progetto finalizzato di suo interesse per sei mesi o un anno, e nel frattempo valutarne le qualità per un futuro inserimento nell'azienda. In Italia invece, i tempi dell'azienda e della ricerca non combaciano quasi mai, in quanto l'azienda si rivolge all'istituto di ricerca solo quando ha un problema insormontabile che non riesce a risolvere al suo interno.

0-100 e 100-0 in cui si riesca a fare di una vettura la versione tre e cinque porte e anche la station wagon, riducendo quasi a zero l'impatto sulla produzione del tipo di modello che viene richiesto maggiormente dal mercato in un dato periodo. Questo problema è risolvibile solo da chi ha una conoscenza profonda non solo del processo laser in particolare, ma di tutto il processo produttivo, inteso come conoscenza globale della realtà produttiva per cui si sta sviluppando la soluzione.

**Capello:** Anche in Italia è attivo il dottorato, ma azienda e Università sono due mondi che faticano a dialogare e c'è poca informazione per cui i dottorati di ricerca finalizzati e le borse di studio annuali su tematiche mirate sono cose già attivate ma non sono molto sviluppate, anche se speriamo prendano piede in futuro. L'Università non può essere considerata solo qualcosa a cui rivolgersi quando un'azienda si trova davvero nei guai.

**Cantello:** In collaborazione con l'IIS di Genova abbiamo attivato un corso per *International Welding Engineer* che è un titolo riconosciuto a livello europeo e che va proprio nella direzione di formare delle persone.

**Maccarini:** Ringrazio tutti per la partecipazione ed esprimo la soddisfazione dell'Anasta per l'invito di RMO. Per quel che riguarda il contatto con altre associazioni abbiamo avuto esperienze negative con le associazioni di ricerca perché sono finalizzate verso poche aziende. Tutto ciò di cui si è largamente dibattuto nel corso della tavola rotonda, le aziende che parteciperanno a Saldat avranno modo di dimostrarlo anche dal punto di vista pratico. La nostra associazione tende invece ad aprirsi sempre di più verso l'associazione degli utenti, meno verso quelle di ricerca che sono indirizzati a poche aziende.

**Stefano Tonini** è direttore generale di Sapiro Industrie, azienda presente sul territorio nazionale da oltre ottant'anni e oggi parte del gruppo americano Air Products and Chemicals. Sapiro svolge attività nel settore dei gas industriali, puri, compressi e criogenici, ed è sempre stata presente nel campo della saldatura in qualità di produttore di gas e miscele per saldatura. Per quanto riguarda i gas compressi, saldatura e taglio rappresentano tuttora il core business di Sapiro, che da dodici anni circa offre anche assistenza e fornitura di materiali e impianti di saldatura, compresi i consumabili.



perché sono vostri clienti ma il ruolo di Anasta potrebbe essere di snodo tra il mondo della ricerca e quello dell'applicazione.

**Bentini:** Per quanto riguarda i rapporti tra Università e impresa, io che mi occupo di laser mi reco spesso in Germania, dove ho l'impressione che il loro approccio sia molto efficiente. Esistono veri e propri campus con centri di ricerca nei quali entrano le aziende sia per

La risposta non è ovviamente immediata e non può essere prevista in anticipo da una ricerca di base, ma deve essere portata all'attenzione del Centro di ricerche e/o dell'università dall'utilizzatore finale. Per esempio nel campo dell'automotive, abbiamo un panorama sempre più frammentato e dei mix produttivi che variano di anno in anno se non di mese in mese. Dovremmo essere in grado di accettare sulla stessa linea di produzione un mix