



CEMIVET

ERASMUS+ Programme Key Action2: Strategic
Partnerships
'Circular Economy in Metal Industries VET'
2020-1-DE02-KA202-007578

WP4 (IO4)

Training courses



Curriculum 1. Economia circolare e sostenibilità nella saldatura – che cos'è e perchè è importante

Scopo e obiettivo di apprendimento del curriculum

L'obiettivo di questo curriculum è di introdurre i principi dell'economia circolare e di spiegarne la loro importanza per lo sviluppo del processo di lavoro di saldatura.

Al completamento di questo curriculum, lo studente sarà in grado di:

- Definire il concetto di economia circolare e riconoscerne i principi fondamentali.
- Spiegare l'importanza dei principi di economia circolare per lo sviluppo del settore metalmeccanica e, in particolare, per la pratica della saldatura.
- Spiegare l'impatto ambientale dei processi di saldatura e delle implicazione per la stessa del consumo di materie prime.
- Valutare la possibilità di implementare principi di economia circolare nei processi di saldatura.

Target

Insegnanti e formatori professionali, saldatori specialisti.

Materiale didattico

Topic 1. Che cos'è l'economia circolare?

L'economia circolare può essere definita come il sistema economico con l'obiettivo di eliminare, o per lo meno ridurre gli scarti dei processi economici e produttivi attraverso il riuso e il riciclo dei differenti prodotti, così come l'estensione del loro ciclo di vita. L'economia circolare contribuisce a differenti obiettivi chiave globali, partendo dalla protezione dell'ambiente e la preservazione della fauna selvatica (la cui sopravvivenza è messa a dura prova dal consumo eccessivo) e termina con una reale razionalizzazione dell'uso di materie prime non rigenerabili e prevenendone così il rapido esaurimento ed eliminando i danni all'ambiente posti dalla loro estrazione. Per maggiori informazioni, si prega di leggere la seguente scheda informativa sviluppata dal progetto Erasmus+ "CEMIVET" qui: <http://cemivet.eu/circular-economy-factsheets/> .

Topic 2. Perchè l'economia circolare è importante per il settore metalmeccanico e la saldatura? Quali sono le sfide e i problemi di questo settore e dell'area di attività che aiuterebbe a risolvere?

La saldatura è uno dei più importanti processi dell'industria metalmeccanica e ingegneristica in termini di volumi di produzione, scala di applicazione.

Allo stesso tempo, la saldatura e i relativi processi tecnologici “consumano” una parte molto significativa di materiali in esaurimento (es. metalli) e producono volumi molto significativi di residui, rifiuti ed emissioni inquinanti.

Pertanto, l'implementazione e il rispetto dei principi dell'economia circolare nei processi di saldatura possono aiutare a risolvere diversi problemi globali:

- 1) prevenire il rapido esaurimento delle materie prime disponibili e di altre risorse (ad es. minerale di ferro);
- 2) ridurre l'elevato impatto ambientale negativo della produzione di metalli e altre materie prime e materiali di consumo per la saldatura;
- 3) ridurre l'impatto ambientale negativo delle industrie e dei processi di saldatura sull'ambiente e sulle persone.

Per maggiori informazioni, si prega di leggere la seguente scheda informativa sviluppata dal progetto Erasmus+ “CEMIVET” qui: <http://cemivet.eu/circular-economy-factsheets/>.

Topic 3. Come possiamo cambiare/aggiustare l'esecuzione dei processi e operazioni di saldatura al fine di seguire i principi di economia circolare?

Seguire i principi di economia circolare richiede una significativa revisione dei processi di saldatura partendo dal design dei prodotti saldati, la pianificazione e garanzia di qualità di tutte le operazioni di saldatura.

Inoltre, richiede un'intensa e collaborativa comunicazione tra il designer di prodotto, gli ingegneri di produzione e gli operatori di saldatura.

Possono essere distinti differenti problemi o carenze di organizzazione nel lavoro che contribuisce all'incremento dell'inquinamento, utilizzo di materiali e consumabili, così come l'accumolo di rifiuti nel processo di saldatura:

- Problemi di comunicazione – incapacità nel definire chiari obiettivi e chiari piani di lavoro del processo di saldatura – clienti, designer e saldatori devono avere responsabilità congiunte nel comprendere e implementare correttamente gli ordini; mancanza di trasparenza e cooperazione costante tra il dipartimento tecnologico (ingegneri di saldatura, tecnologo), saldatori esperti e operatori di saldatura; una mancanza di informazioni condivise tra il dipartimento di marketing, che conosce le richieste del cliente e le preferenze ambientali, e il reparto di saldatura, che si focalizza principalmente sulla qualità del prodotto; resta da risolvere la questione della portata e delle modalità di tale scambio.
- Mancanza di concentrazione, mancanza di volontà, insufficiente motivazione dei saldatori nell'esecuzione di problemi di lavoro tipici della gestione di processi di produzione individualizzati - gestione delle differenze di tempo di lavoro necessario per produrre prodotti standard e quelli appositamente progettati (un telaio classico potrebbe richiedere 8 ore, mentre una costruzione speciale - fino a 3 settimane); in caso di

produzioni personalizzate, i clienti spesso richiedono cambiamenti e aggiustamenti, mentre l'introduzione di nuovi parametri nel processo di saldatura può portare ad effetti indesiderati, e impararne a gestirli potrebbe richiedere interi volumi di produzione e tempo.

- Problemi causati da difetti del materiale, che richiedono il controllo dall'ufficio acquisti e controllo qualità.
- Assicurare la qualità del processo nella fase iniziale dell'implementazione robotica; l'impiego di operatori di saldatura (con una carenza di saldatori) per azionare robot può portare – durante il periodo di implementazione – ad accrescere il consumo di materiali e di energia (maggiore tasso di carenza), tuttavia, l'implementazione della supervisione e del controllo di processo – guidati da saldatori esperti – è la ragione per aumentare l'efficienza e la qualità della produzione.

Topic 4. Che tipo di competenze, capacità e attitudini nei saldatori e negli operatori di saldatura sono necessarie per l'implementazione di principi di economia circolare?

Il progetto Erasmus+ CEMIVET ha sviluppato un profilo di competenze che rivela le competenze, le capacità e l'attitudine necessaria per i saldatori specialisti per implementare i principi di economia circolare: <http://cemivet.eu/circular-economy-competences/>.

Il progetto ha sviluppato delle schede informative contenenti raccomandazioni sul contenuto dei curricula dei corsi professionali per saldatori contenenti le competenze necessarie per l'implementazione dei principi di economia circolare nei processi di lavoro. Si possono leggere qui: <http://cemivet.eu/circular-economy-factsheets/>.

Ci sono altri progetti Erasmus+ che hanno sviluppato curricula e materiali per corsi professionali per la saldatura che includono competenze e risultati di apprendimento relativamente alla sostenibilità dei processi di lavoro.

Il progetto Erasmus+ "Health, Safety and Environment Training curriculum development for joining technologies" fornisce diversi risultati pertinenti. Una speciale attenzione deve essere prestata alla matrice delle competenze presentata nel documento "O1 Harmonised Curriculum for HSE implementation in Joining" (pagina 36) che include competenze relative alla saldatura, sicurezza e protezione dell'ambiente: <https://erasmus-plus.ec.europa.eu/projects/search/details/2016-1-BE02-KA202-017322#!>

Il progetto Erasmus+ "EU weld" ha sviluppato un curriculum completo contenente aspetti generali della saldatura (materiali utilizzati nella saldatura per fusione, saldabilità e trattamento termico dei materiali, garanzia di qualità e qualifiche nella saldatura, norme specifiche di salute e sicurezza nei processi di saldatura), così come nozioni di base dei processi di saldatura per fusione (ossi-gas saldatura, processi di saldatura manuale ad arco metallico – saldatura TIG, saldatura ad arco metallico a gas

GMAW, saldatura ad arco sommerso, saldatura laser, saldatura a fascio di elettroni, saldatura al plasma). <http://www.camis.pub.ro/euweldlms/>

Il progetto MAKE IT ridefinisce il profilo professionale di “Saldatore europeo praticante”, fornendo informazioni sulle competenze pertinenti ai diversi processi di saldatura, comprese le competenze relative alla prestazione lavorativa sostenibile. Questo progetto ha anche sviluppato un sistema di qualificazione settoriale europeo secondo l'approccio LoS e ha stabilito uno schema europeo armonizzato per il riconoscimento dell'apprendimento precedente (RPL) nel settore della saldatura, che può essere uno strumento utile per la progettazione e l'implementazione dei moduli di formazione relativi a applicazione dei principi dell'economia circolare nella saldatura. I materiali di questo progetto possono essere trovati qui: [MAKE-IT \(makeitproject.eu\)](http://makeitproject.eu).

Il progetto Erasmus+ "WeldChance" ha sviluppato un manuale per la progettazione dei curricula innovativi per la formazione professione e l'organizzazione dei processi di formazione in saldatura: [Training-manual VWTS final.pdf \(struka.hr\)](#)

Tasks per l'apprendimento autonomo

Discuti i processi di saldatura con cui lavori o che studi rispondendo alle seguenti domande:

- 1) Quali principi di economia circolare sono particolarmente rilevanti e importanti per questi processi di saldatura? Perché?
- 2) Cosa è necessario fare per rendere questo processo di saldatura più “verde” (più rispettoso dell'ambiente) e più efficace in termini di risparmio di costi di materiali, materiali di consumo ed energia?
- 3) In che modo contribuisce personalmente a lavorare in modo più ecologico e sostenibile sul posto di lavoro? Quali sfide e problemi incontrate nel farlo?
- 4) Si prega di ricercare e reperire eventuali dati sull'impatto ambientale negativo dei processi di saldatura praticati/studiati. Si prega di analizzare le dinamiche dei dati rilevati in qualsiasi periodo di tempo e trarre conclusioni.

Auto-valutazione dei risultati di apprendimento

Rispondi per iscritto alle seguenti domande:

- 1) Cos'è l'economia circolare?
- 2) Quali principi di economia circolare sono importanti per la saldatura? Perché?

- 3) In che modo il rispetto dei principi dell'economia circolare nella saldatura può aiutare a risparmiare sui costi delle aziende?
- 4) Quali sono i maggiori impatti negativi della saldatura sull'ambiente?
- 5) Quali materie prime vengono consumate e consumate dai processi di saldatura?
- 6) Quali sono i principali fattori di supporto e gli ostacoli all'implementazione dei principi dell'economia circolare nei processi di saldatura?

Curriculum 2. Utilizzo intelligente, circolare ed ecologico di materiali e materiali di consumo nella saldatura.

Scopo e risultati di apprendimento del corso

Lo scopo di questo corso è introdurre le istruzioni e i suggerimenti per un uso sostenibile dei materiali e dei materiali di consumo nella pratica della saldatura.

Dopo aver completato questo corso, gli studenti saranno in grado di:

- Applicare i principi dell'uso accorto dei materiali e dei materiali di consumo nei processi di lavoro della saldatura.
- Eliminare/ottimizzare procedure e processi che portano all'aumento del volume di residui e/o scarti.

Destinatari

Insegnanti e formatori professionali, studenti professionali, saldatori (livello EQF 4).

Materiale di apprendimento

Topic 1. Come si generano residui e scarti nei processi di saldatura? Quali sono le principali fonti di residui e scarti?

I processi di saldatura producono diversi residui e scarti, inclusi gas, residui di materiali metallici saldati, resti di materiali di consumo per saldatura (filo ed elettrodi), residui di materiali di imballaggio e altro. Qui discuteremo in modo più dettagliato il risultato e l'impatto di alcuni di questi riposizionamenti e rifiuti che hanno l'impatto più negativo per l'ambiente e le persone.

Uno di questi rifiuti sono i gas e fumi di saldatura. Ad esempio, Nakhla, Shen, Benthea nel loro articolo (2012) affermano che la saldatura MAG molto popolare nella saldatura dell'acciaio produce uno dei più alti tassi di emissione di fumi di saldatura. La saldatura MAG permette di regolare diverse dimensioni di archi per i metalli saldati e gli spessori delle lamiere.

L'utilizzo di gas attivi è uno dei fattori chiave che definiscono l'influenza della saldatura MAD sull'esposizione dei saldatori a sostanze pericolose come gas e fumi. Il cambiamento della composizione chimica dell'anidride carbonica del gas inerte che si trasforma in monossido di carbonio durante la saldatura MAGC, aumenta l'impatto di tali gas pericolosi per i saldatori e per l'ambiente. Lavorando con processi a gas attivo si genera anche una forte produzione di fumi di saldatura (principalmente ossidi di ferro), soprattutto quando si applica la saldatura MAGC di acciai non legati e bassolegati e creati dalla decomposizione termica dell'anidride carbonica che viene utilizzata come gas inerte.

La saldatura MAGM di acciaio non legato o bassolegato produce anche la formazione di CO quando il gas misto contiene anidride carbonica. La saldatura MAGM quando viene utilizzata nella saldatura dell'acciaio al cromo-nichel produce fumi a base di ossido di nichel. La saldatura MAG con elettrodi a filo animato produce maggiori quantità di fumi di saldatura rispetto alla saldatura con elettrodi a filo pieno, oltre ad aumentare l'intensità dell'arco e la velocità di avanzamento del filo.

L'elaborazione del monossido di carbonio crea anche il rischio di concentrazione di monossido di carbonio nell'ambiente di lavoro causando pericolo per la salute e anche per la vita delle persone che lavorano in tale ambiente. Altre sostanze tossiche, come l'ossido di manganese, che si crea quando la saldatura di tipo MAGM dell'acciaio cromo-nichel con filo pieno, in alte concentrazioni irrita le vie respiratorie e può danneggiare il sistema nervoso, nello stesso processo di saldatura originando l'ossido di nichel può provocare cancro quando si utilizza composti di cromo VI per la saldatura MAGM di acciaio cromo-nichel con elettrodo a filo animato. È necessario utilizzare impianti di estrazione e sistemi di filtraggio funzionanti in modo efficace per impedire l'immissione di questi gas e fumi pericolosi nell'aria ambiente.

L'uso estensivo di gas scudo ha anche un impatto negativo sull'ambiente e crea spese aggiuntive per le imprese, comprese le implicazioni ambientali e i costi del trasporto su larga scala dei gas industriali utilizzati per la saldatura. Vengono applicati alcuni passaggi pratici per risolvere questi problemi, come l'utilizzo di regolatori di saldatura che riducono la quantità di gas utilizzato mantenendo la saturazione della regione di saldatura con un flusso di gas inferiore. Inoltre, il trasporto di questi gas ha una significativa impronta ambientale. I processi criogenici per la liquefazione di CO₂ e argon consumano molta elettricità e producono emissioni vinte.

Per maggiori informazioni:

Environmental Impacts of Using Welding Gas By Dr. Hany Nakhla, Dr. Ji Y. Shen, & Mr. Malcom Bethea 2012,

<https://cdn.ymaws.com/www.atmae.org/resource/resmgr/Articles/Nakhla-Environmental-Impacts.pdf>

Golbabaeei, F., & Khadem, M. (2015). Air Pollution in Welding Processes — Assessment and Control Methods. In (Ed.), Current Air Quality Issues. IntechOpen.

<https://doi.org/10.5772/59793>

Topic 2. Che tipo di residui e scarti riceviamo nei processi di saldatura? Quali residui/rifiuti possono essere riutilizzati e riciclati?

Le principali emissioni/fonti di inquinamento del processo di saldatura eseguito nell'ambiente di lavoro (inquinamento dell'aria, dell'acqua, del suolo, ecc.) sono le seguenti: Gas industriali, aerosol e polveri generate durante i processi di saldatura: gas argon durante la saldatura con TIG, NO_x, CO, CO₂ PM_{2,5} e PM₁₀ polvere in sospensione, polvere totale con composti separati MnO₂, Fe₃O₄, CuO₂, NiO₂, particelle di cromo da saldatura di austenitici acciaio, vapori di acido nitrico dal decapaggio chimico delle saldature, Al₂O₃ in caso di saldatura dell'alluminio.

Radiazioni UV, polveri, rumore, in particolare nelle stazioni di taglio al plasma o a gas, fumi di saldatura, gas attivo in caso di residui di saldatura MAG dopo la pulizia delle acque reflue trattate chimicamente dal processo di decapaggio (fango neutralizzato con particelle di metalli pesanti coagulate e residui di macinazione) il taglio con frese a getto d'acqua genera anche inquinamento dell'acqua e grandi quantità di abrasivo utilizzato.

Vi sono inoltre resti e rifiuti prodotti sul posto di lavoro che possono essere raggruppati in due gruppi:

- Rifiuti non pericolosi: rottami metallici, rottami di ferro, carta/cartone di imballaggio, legno, rifiuti industriali di tipo 1, residui metallici, residui di macinazione, polveri, bacchette per elettrodi e cappucci per bacchette per saldatura di elettrodi, filo per saldatura, aghi per saldatura in tungsteno, indumenti protettivi, pezzi di ricambio delle saldatrici, dischi abrasivi e altri utensili abrasivi,
- Rifiuti pericolosi: olio esausto, imballaggi che hanno contenuto PR, stracci o materiale imbevuto di PR, RAEE, batterie usate, pezzi di ricambio delle saldatrici.

Alcune emissioni vengono prodotte durante la fase di preparazione, esecuzione dei giunti saldati, controllo qualità e finitura della superficie:

- Rifiuti del processo di preparazione o residui di aperture di taglio (il più delle volte trattati come rottami segregati, a seconda della forma e delle dimensioni, utilizzati anche per la produzione secondaria, ad esempio recinzioni); rumore, scintille, spruzzi, polvere di macinazione, solventi.

- Le polveri e i trucioli del processo di macinazione e pulitura vengono raccolti da aspiratori e filtri, quindi conferiti per lo smaltimento a ditte esterne
- Emissioni in fase di saldatura: fumo, luce, scorie, proiezioni; il fumo viene filtrato con filtri contenenti sacchetti di pulizia separati da aria compressa, la polvere viene eliminata; i gruppi aspiranti vengono regolarmente controllati dai rivenditori e sostituiti se necessario.
- Emissioni da lavorazioni post-saldatura: residui di materiale di smerigliatura e lucidatura, emissioni dal forno di trattamento termico, residui di sabbiatura e materiali di decapaggio e passivazione superficiale, residui di linee di verniciatura.

Molto spesso i processi e le operazioni di saldatura lasciano anche grandi quantità di rifiuti di plastica, cartone e legno sotto forma di imballaggi di vario tipo, pallet danneggiati, oli e materiali di consumo (raccolti da ditte esterne); cartone utilizzato come materiale di riempimento e protezione per l'imballaggio dei propri prodotti.

Topic 3. Come gestire gli scarti e gli scarti derivanti dai processi di saldatura (separazione, cernita, raccolta, riutilizzo)?

Possono essere applicate diverse tipologie di procedure di raccolta e riciclaggio dei rifiuti prodotti sul posto di lavoro:

- Una volta implementato il sistema di gestione dei rifiuti nell'azienda, persone delegate alla raccolta e allo smistamento dei rifiuti in produzione, con registro dei rifiuti (registri ambientali nazionali per i rifiuti di imballaggio e materiali chimici)
- i rifiuti vengono smaltiti secondo procedure definite, vengono utilizzati i servizi di società specializzate nella raccolta dei rifiuti che assistono nello smaltimento dei residui di filtri pericolosi
- procedure generali di gestione dei rifiuti, note interne controllate con informazioni sulla gestione dei rifiuti, guide ambientali
- applicazione di procedure generali di gestione dei rifiuti, note interne controllate con informazioni sulla gestione dei rifiuti, guide ambientali.
- procedure sulla sequenza delle operazioni di lavoro: se ritagliate, quindi essere sbavate, piegate, saldate
- modalità di raccolta delle diverse tipologie di materiale residuo: acciaio CR17, acciaio magnetico, acciaio inox; contenitori di raccolta per diversi tipi di resti
- procedure di programmazione della macchina CNC in regime economico
- polvere filtrata tramite estrazione e smaltita correttamente, polvere di

macinazione raccolta in loco (mescolando lo sporco normale) e smaltita a regola d'arte; ciò comporta il problema del calcolo della quantità di emissioni di polveri e metalli, nonché questioni relative ai contributi ambientali e alla raccolta e allo smaltimento dei rifiuti, inclusi i rottami possono essere affidati a società esterne specializzate

- utilizzo di scarti di legno come biocarburante.

I dipendenti e gli apprendisti dell'azienda acquisiscono conoscenze su queste e altre procedure attraverso la formazione e lo sviluppo di competenze nel campo della raccolta e del riciclaggio dei rifiuti.

La gestione dei residui nei processi di lavoro di saldatura consiste in diverse semplici regole:

- Mantenere i registri giornalieri di tutti i materiali di saldatura consumati, come la bacchetta di saldatura, i solventi utilizzati nella preparazione della superficie.
- Tenere chiusi ed ermetici i contenitori con i composti organici volatili usati (solventi) per evitare l'evaporazione. Gli operatori che utilizzano tali materiali devono averli sempre a vista sul posto di lavoro e monitorarne l'utilizzo.
- I residui della saldatura devono essere differenziati secondo le esigenze di smaltimento utilizzando fusti separati o altri contenitori per bacchette di saldatura inutilizzabili, rottami metallici, materiali di imballaggio.
- La cernita prevede la separazione del rottame metallico riciclabile (per dimensioni, qualità ecc.) dal rottame non riciclabile. Durante la cernita il rottame di metalli ferrosi viene separato dai metalli non ferrosi mediante magneti.
- I solventi di scarto e i residui contaminati, come stracci e attrezzi inutilizzabili imbevuti di solvente di scarto, devono essere smaltiti in contenitori di rifiuti pericolosi.
- È necessario impedire il rilascio di residui di saldatura, inclusi trucioli e rottami metallici, solventi di scarto nell'ambiente, in particolare nel suolo e nell'acqua.
- Seguire e, se necessario, aggiornare il sistema di gestione dei rifiuti in azienda, assolvendo agli incarichi di raccolta e cernita dei rifiuti in produzione, iscrizione dei residui e dei rifiuti negli appositi registri (registri ambientali nazionali rifiuti di imballaggio e materiali chimici).
- Lo smaltimento dei rifiuti avviene seguendo procedure ben definite, lo smaltimento dei rifiuti pericolosi può essere delegato a ditte specializzate nella raccolta dei rifiuti.
- I saldatori dovrebbero seguire procedure chiare e trasparenti sulla sequenza delle operazioni di lavoro nel tentativo di evitare non conformità e aumentare il volume dei resti.
- La polvere viene filtrata tramite estrazione e smaltita correttamente, la polvere di macinazione viene raccolta nel sito (mescolando lo sporco normale) e smaltita in modo professionale.

- I resti di legno utilizzati per l'imballaggio di materiali di saldatura e metalli possono essere utilizzati come biocarburante.

Topic 4. Come ridurre il volume dei residui e degli scarti derivanti dai processi di saldatura?

Si può suggerire un'ampia gamma di metodi per ridurre il volume delle emissioni in ogni fase del processo di lavoro.

Nella fase di progettazione di prodotti e costruzioni saldati:

- ridurre al minimo il volume dei giunti, tenendo conto del volume dei rifiuti e delle opzioni di gestione risultanti dalla progettazione;
- posizionamento dei pezzi da tagliare dalle lamiere;
- registrare e garantire la tracciabilità dei materiali in fogli rimanenti dopo il taglio per l'utilizzo nella produzione di altre parti e prodotti;
- ottimizzazione del progetto del giunto di saldatura.

Nella fase di selezione del processo tecnologico di saldatura:

- selezionare i processi di saldatura più economici e rispettosi dell'ambiente per ciascun caso, prendendo in considerazione i requisiti tecnologici e di prodotto (senza compromettere la qualità ma evitando regimi di saldatura eccessivi, ad es. molto spesso l'uso dell'arco sommerso la saldatura per lamiere spesse aiuta a risparmiare sul taglio del bordo preparatorio delle lamiere e a ridurre le emissioni di questo processo);
- requisiti eccessivi per la saldatura in fase di progettazione diventano spesso la principale fonte di aumento dell'inquinamento e dei rifiuti; molto spesso questi mancanze nella progettazione e nella preparazione tecnologica del processo di saldatura si verificano a causa della rapida / frettolosa esecuzione del progetto, della mancanza di "pazienza" e del tempo per calcoli di alta qualità del volume necessario di materiali.

Per evitare i resti nel processo di taglio della lamiera, i pezzi da tagliare dalle lamiere devono essere posizionati con gli spazi intermedi che includono la larghezza di taglio e le tolleranze di misurazione. I restanti materiali in lamiera devono essere contrassegnati e registrati per garantirne la tracciabilità e consentirne l'utilizzo nella produzione di altre parti e prodotti. Maggiori quantità di scarto e maggiore consumo di materiale si hanno nel caso di lavorazioni in piccola serie, dove i particolari tagliati non occupano tutta la superficie della lastra; gli spazi liberi possono quindi essere riempiti con parti per ordini futuri. La disposizione degli elementi sul foglio dovrebbe anche tenere conto del posizionamento di elementi più piccoli all'interno dei fori praticati nei dettagli più grandi. Ciò che non può più essere utilizzato nel processo produttivo viene talvolta utilizzato per la produzione di "sottoprodotti".

- Selezione adeguata e ottimale dei regimi di saldatura secondo i requisiti tecnologici del caso concreto;

- selezione ottimale delle procedure e dei regimi di saldatura in base ai tipi di giunti richiesti, controllo della selezione dei regimi di saldatura ed evitare l'applicazione di regimi eccessivi in termini di impatto termico; mentre si eseguono saldature rispettando i limiti di impatto termico definiti nella procedura di saldatura.
- Eseguire un adeguato controllo di qualità delle lamiere, evitando le pratiche di economia sulla qualità dei metalli utilizzando materiali economici e di bassa qualità (arrugginiti, contaminati, di bassa qualità), ciò che richiede preparazioni aggiuntive e comporta emissioni aggiuntive; la scelta e l'utilizzo di consumabili di saldatura meno "contaminanti", come, ad esempio, la saldatura con fili di saldatura pieni produce emissioni molto inferiori rispetto all'utilizzo di filo di saldatura a base di "polvere".

L'applicazione di sapienti procedure di preparazione delle materie prime per la saldatura e regimi di saldatura ottimali consentono inoltre di risparmiare sulle operazioni di trattamento superficiale dopo la saldatura (metallizzazione e sabbiatura)

Il rigoroso controllo di qualità dei fogli di lavoro aiuta a prevenire le non conformità prima della saldatura.

L'utilizzo di materiali abrasivi per il trattamento superficiale delle saldature può essere ridotto utilizzando più frese, piastre di molatura.

È possibile ridurre al minimo il volume dei lavori di saldatura mantenendo un'elevata qualità della saldatura (evitando le riparazioni delle saldature); la riduzione delle emissioni viene perseguita migliorando la qualità delle saldature, selezionando e perfezionando la composizione dei gas di protezione e dei fili di saldatura.

Si consiglia di ottimizzare il volume e l'intensità della saldatura elaborata dalla preparazione del bordo prima del processo di saldatura, di applicare le saldature X, nonché di ridurre al minimo le zone dell'area di saldatura.

Possono essere applicate soluzioni che consentono di ridurre le successive spese di lavoro per la pulizia della connessione. Il passaggio al lavoro con l'utilizzo di robot di saldatura e taglio laser (soprattutto di tipo fibra) aiuta ad eliminare il fattore umano e le non conformità. Tghis può anche consentire un maggiore utilizzo del materiale di partenza e riducono gli scarti attraverso il nesting ottimizzato. I robot eseguono saldature in modo ripetibile, che, con la giusta scelta di mezzi e parametri del processo tecnologico, porta alla riduzione dei difetti.

In caso di saldatura MAG si consiglia l'uso di gas protettivo (gas misto: argon [proprio silo] 92%+ Co2 e ossigeno che aiuta a evitare gli schizzi e fornisce un migliore burn-in; l'arco focalizzato (1000 gradi) evita il calore irradiato sul pezzo in lavorazione; aumento della temperatura di 1-2 gradi a una distanza di 30 cm dal corpo.

I saldatori esperti possono favorire una saldatura "più veloce" cercando di utilizzare meno materiali e risparmiare emissioni (tuttavia, comporta il rischio di errori e non conformità che possono aumentare l'utilizzo di materiali, materiali di consumo e spreco del processo di saldatura).

La saldatura a filo consente all'operatore di utilizzare solo la quantità di materiale necessaria alla lavorazione, senza produrre scarti dovuti all'utilizzo di metalli eccedenti le effettive necessità produttive.

L'utilizzo di macchine a controllo numerico (taglio al plasma, laser) limita notevolmente l'impatto dannoso dei processi di saldatura sul funzionamento di altre stazioni (lavorazione in uno spazio macchina chiuso).

Solitamente l'assicurazione della qualità della saldatura comporta rigorose procedure di gestione della qualità, l'approvazione del WPS e la preparazione delle istruzioni di saldatura, l'esecuzione di pezzi di prova di saldatura, la certificazione dei processi di saldatura applicati e dei saldatori in azienda con gli organismi internazionali/nazionali di audit e certificazione approvati, la norma DIN 15085-2 (compreso 3834).

La saldatura può anche essere parzialmente sostituita con avvitatura e rivettatura.

Per quanto riguarda il trattamento superficiale delle saldature, l'impatto ambientale di questo processo dipende molto dalla qualità e dalla pulizia del giunto saldato ricevuto. Ad esempio, la qualità e l'impatto ambientale del decapaggio delle saldature dipendono fortemente dalla qualità della pulizia della superficie dopo la saldatura (le scorie rimanenti prima del decapaggio richiedono ulteriori operazioni di decapaggio con implicazioni ambientali negative). Il trattamento superficiale mediante verniciatura richiede un calcolo ottimale del volume di vernice necessario e la scelta del sistema di verniciatura ottimale (C2, C3, C4, C5) in base alla corrosività dell'ambiente di utilizzo del prodotto, evitando una verniciatura eccessiva.

L'uso della sabbiatura dei metalli per il trattamento delle saldature è più rispettoso dell'ambiente rispetto alla sabbiatura a causa dell'uso ripetuto di materiali abrasivi.

Anche la scelta del saldatore col giusto profilo e livello di qualificazione per i processi di saldatura previsti è importante per ottenere una saldatura sostenibile e circolare: qui i responsabili della produzione e delle risorse umane possono utilizzare quadri di competenze dei saldatori allineati con i livelli di complessità delle costruzioni/oggetti saldati.

Esistono anche diverse pratiche/metodi applicati per ridurre il volume dei materiali principali (ad es. metalli) e dei materiali di consumo nel processo di saldatura. Per esempio:

- Concentrazione degli acquisti di materie prime, integrazione di materiali dall'ingegneria per valorizzare le materie prime.

- L'applicazione di un design leggero e di una costruzione modulare dei prodotti consente anche di risparmiare materiali.

- Il design degli elementi finiti e le tecniche di simulazione delle prestazioni del prodotto consentono di non sovradimensionare i cordoni di saldatura e l'estensione delle saldature stesse. Di conseguenza, si generano risparmi sulla quantità di metallo depositato, sull'energia consumata, ecc.

Nel caso di taglio della lamiera prima dell'imbutitura maggiori quantità di residui e maggiore consumo di materiale si verificano nel caso di piccole serie, dove i particolari tagliati non occupano l'intera superficie della lamiera. Gli spazi liberi possono quindi essere riempiti con elementi per ordini futuri. La disposizione degli elementi sul foglio dovrebbe anche tenere conto del posizionamento di elementi più piccoli all'interno dei fori praticati nei dettagli più grandi. Qui è molto importante il corretto smistamento dei residui di lamiera e dei consumabili di saldatura in base al tipo di materiale.

Ciò che non può più essere utilizzato nel processo produttivo a volte può essere utilizzato per la produzione di "sottoprodotti".

Anche in questo caso sono rilevanti misure di sicurezza da mantenere costantemente, ad es. guarnizioni sui regolatori gas installate dopo aver impostato le condizioni di processo e vari livelli di accesso alle impostazioni di processo della macchina.

Nel campo del trattamento delle saldature si possono prendere in considerazione opzioni per applicare ripetutamente i materiali e i materiali di consumo usati. Ad esempio, le acque reflue filtrate delle unità di decapaggio e dei bagni possono essere riutilizzate per lo stesso scopo.

La lavorazione della superficie del giunto saldato comporta diverse operazioni, come la pulizia di tutti i residui e delle contaminazioni che si verificano dal flusso di saldatura, levigatura e lucidatura delle superfici dei giunti saldati.

Per quanto riguarda la molatura delle saldature è importante valutare le superfici delle saldature stesse prima di questa operazione per verificarne la rispondenza ai requisiti qualitativi standard prefissati. In tal caso, la macinatura non è necessaria. Profili ruvidi, punti di partenza mal formati, sottosquadri affilati, spruzzi di saldatura aderenti devono essere rimossi mediante un'accurata [molatura](#) o sabbiatura.

Per maggiori informazioni: [Surface preparation - SteelConstruction.info](https://www.steelconstruction.info)
(approfondimento in lingua inglese)

Un'altra strategia per ridurre le emissioni e gli sprechi del processo di saldatura è l'utilizzo di apparecchiature di saldatura ecologiche. Questo è un punto focale del regolamento UE sulle prestazioni ecologiche delle saldatrici entrato in vigore dal **1° gennaio 2021**.

Le nuove normative dell'UE affrontano i requisiti di progettazione ecocompatibile delle apparecchiature di saldatura che includono gli aspetti ambientali delle apparecchiature di saldatura (come il consumo di energia quando il prodotto viene utilizzato) e garantiscono un livello di efficienza di utilizzo delle risorse. Si stima che entro il 2030 i requisiti per la progettazione ecocompatibile di cui al presente regolamento si tradurranno in un risparmio energetico annuo di 1,09 TWh, corrispondente a un risparmio annuo totale di circa 0,27 milioni di tonnellate di CO₂, un guadagno per l'ambiente ed un risparmio in termini di costi.

Per soddisfare i requisiti di efficienza energetica, l'attrezzatura di saldatura deve essere in linea con l'efficienza della fonte di alimentazione e il consumo energetico in stato di inattività:

- Apparecchiature di saldatura alimentate da sorgenti di alimentazione trifase con uscita in corrente continua (DC). L'efficienza minima della sorgente di alimentazione deve essere dell'85% e il consumo energetico massimo in stato di inattività deve essere di 50 W.
- Apparecchiature di saldatura alimentate da sorgenti di alimentazione monofase con uscita in corrente continua (DC). L'efficienza minima della sorgente di alimentazione deve essere dell'80% e il consumo energetico massimo in stato di inattività deve essere di 50 W.
- Apparecchiature di saldatura alimentate da sorgenti di alimentazione monofase e trifase con uscita in corrente alternata (AC). L'efficienza minima della sorgente di alimentazione deve essere dell'80% e il consumo energetico massimo in stato di inattività deve essere di 50 W.

I fornitori di attrezzature per la saldatura sono tenuti ad aderire ai requisiti di efficienza delle risorse aggiornati, all'efficienza delle risorse aggiornate e ai requisiti di informazione per garantire che le attrezzature di saldatura fornite siano più rispettose dell'ambiente.

Il consumo energetico del prodotto e qualsiasi altro parametro dichiarato non deve deteriorarsi dopo un aggiornamento del software o del firmware se misurato con lo stesso standard di prova originariamente utilizzato per la dichiarazione di conformità, salvo esplicito consenso dell'utente finale prima dell'aggiornamento. Non si verificherà alcuna variazione delle prestazioni a seguito del rifiuto dell'aggiornamento. Un aggiornamento del software non deve mai avere l'effetto di modificare le prestazioni del prodotto in modo tale da renderlo non conforme ai requisiti di progettazione ecocompatibile applicabili per la dichiarazione di conformità. Per maggiori informazioni sulla Direttiva: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/1784/oj>

Nel campo della formazione professionale una delle principali innovazioni tecnologiche che permettono di ridurre il volume dei resti è l'utilizzo dei simulatori di saldatura.

C'è esperienza nell'uso di queste tecnologie di simulazione in molti paesi. Ad esempio, in Polonia, gli studenti dell'Università di Tecnologia di Cracovia acquisiscono le competenze di base e il know-how della saldatura lavorando sul simulatore di saldatura "VRTEX 360".

Il simulatore di saldatura utilizza la tecnologia della realtà virtuale che replica le condizioni di saldatura reali. Semplicemente indossando gli occhiali VR, si può avere una visione realistica del bagno di saldatura e sentire i suoni reali. "VRTEX 360" è inoltre dotato di una visiera a grandezza naturale e dei dispositivi di saldatura. Il simulatore aiuta a insegnare le basi del processo di saldatura ad arco e consente agli utenti di acquisire la cosiddetta memoria muscolare, ovvero esercitarsi con i movimenti della mano corretti per, tra le altre cose, mantenere l'angolo e la direzione corretti della torcia. Il dispositivo offre agli utenti l'opportunità di conoscere processi di saldatura estesi, diverse tecniche di processo che utilizzano molti tipi di materiali saldati, primari e secondari. Gli studenti imparano a conoscere diversi tipi di giunzioni e impostazioni di attrezzature di saldatura, ecc. E tutto questo a basso costo, perché senza l'effettivo consumo di materiali e con un ridotto consumo di energia.

Una caratteristica molto utile del simulatore è anche la possibilità di usufruire di diverse modalità di addestramento: presentazione delle impostazioni di una macchina "reale", istruzioni della postazione di lavoro, modalità lezione, la cosiddetta saldatura demo (dimostrazione di un giunto perfettamente eseguito), modalità con suggerimenti durante la saldatura virtuale, prova di flessione virtuale (consente di valutare immediatamente la correttezza dell'esecuzione del giunto saldato) o ripetizione. Quest'ultima funzionalità consente allo studente e al suo tutor di seguire il processo di saldatura virtuale dall'inizio, verificare dove hanno commesso errori e correggerli facilmente.

Video del simulatore di saldatura (in lingua polacca):

<https://www.youtube.com/watch?v=iBwKd6fIRH0&t=4s>

Reali applicazione della realtà aumentata per la formazione di saldatori che permette di preservare l'ambiente e di ridurre i costi:

Video in lingua inglese:

<https://www.youtube.com/watch?v=npdmFfG6yda>

<https://www.youtube.com/watch?v=6e2pEXL4IXY>

Un caso di applicazione della realtà aumentata per la formazione di saldatori apprendisti presso l'azienda Volkswagen (video in inglese):

<https://www.youtube.com/watch?v=Ypb77z2nk9g>

Il progetto Erasmus+ DIGIWELD fornisce strumenti digitali per studenti, apprendisti in saldatura e per saldatori che vogliono tenersi al passo con le nuove abilità e competenze richieste per le nuove tecnologie di saldatura. Il progetto offre un sistema di apprendimento digitale aperto e innovativo (SIMTRANET) e materiali didattici sulla tecnologia di saldatura, fornendo uno strumento di apprendimento flessibile per coloro che desiderano migliorare le proprie competenze esistenti. Prevede curricula per la formazione dei saldatori tramite simulatori e aggiornamento delle Linee Guida UE per l'European/International Welder IAB – 089r5 – 14 e strumento digitale da inserire nei simulatori come moduli dedicati alla formazione degli apprendisti (16-20 anni). I materiali didattici e i curricula per la formazione con i simulatori di saldatura digitale sono disponibili qui: <http://www.digiweld.eu/>

Il progetto "Digital training for European Welding Inspectors" (D-EWI) offre un innovativo corso di formazione digitale per gli ispettori di saldatura con materiali educativi digitali aperti per supportare l'implementazione di tecnologie digitali innovative per l'insegnamento e l'apprendimento professionale iniziale che la formazione continua nel campo della ispezioni saldature: [D-EWI • Results \(dewiproject.eu\)](http://www.dewiproject.eu) (disponibili anche in italiano)

Attività per l'apprendimento autonomo

Testare/applicare alcuni dei modi e dei metodi sopra descritti per un uso intelligente e sostenibile dei materiali di saldatura e dei materiali di consumo nella pratica lavorativa. Rispondi alle seguenti domande:

1. In che misura il modo/metodo applicato funziona nel processo di saldatura del calcestruzzo? Quali sono i conseguenti risparmi di materiali e materiali di consumo?
2. Quali sono le carenze/sfide nell'applicare questo modo/metodo di saldatura intelligente e sostenibile? Qualche suggerimento su come affrontare queste sfide?

Auto-valutazione dei risultati di apprendimento

Analizza le operazioni di saldatura eseguite e rispondi alle seguenti domande:

1. Applico metodi di utilizzo intelligente e sostenibile dei materiali di saldatura e dei materiali di consumo? In caso affermativo, in quali processi di saldatura vengono applicati questi metodi?
2. Quali quantità di materiali di saldatura e materiali di consumo di solito risparmio nel mio lavoro? E' un limite o è possibile ridurre ulteriormente i consumi?
3. Quali nuovi metodi e modi potrei applicare per ridurre ulteriormente il consumo di materiali di saldatura e materiali di consumo nel mio lavoro?

Curriculum 3. Preparazione intelligente e circolare di materiali e pezzi per la saldatura.

Scopo e risultati di apprendimento del corso

L'obiettivo di questo corso è quello di acquisire il know-how e le competenze per la preparazione esperta e rispettosa dell'ambiente di pezzi metallici per la saldatura.

Dopo aver completato questo corso, gli studenti saranno in grado di:

- Selezionare modi e materiali rispettosi dell'ambiente per il taglio dei bordi e la preparazione della superficie del foglio.
- Scegliere le operazioni preparatorie della superficie e dei bordi dei pezzi e dei fogli per ridurre il volume e l'intensità del processo di saldatura.
- Applicare il know-how su come preparare le superfici e i bordi dei fogli di lavoro per minimizzare le zone dell'area di saldatura.

Target di riferimento

Docenti e formatori professionali, studenti di scuole professionali, saldatori (livello EQF 4)

Materiali di apprendimento

Topic 1. Modi e materiali rispettosi dell'ambiente per il taglio dei bordi e la preparazione della superficie del foglio. Operazioni preparatorie della superficie e dei bordi dei pezzi e dei fogli per ridurre il volume e l'intensità del processo di saldatura.

1. Il controllo del materiale è necessario prima della produzione, quando i fogli applicati nella produzione vengono controllati per le superfici alla consegna; la preparazione della produzione comporta il confronto tra i singoli ordini per garantire l'utilizzo del materiale; la precisione dimensionale deve essere verificata con macchina VQC e verificata sul primo pezzo.
2. La preparazione del bordo è definita dai seguenti parametri: 1) tipo di processo di saldatura, 2) posizione di saldatura, 3) accesso per arco ed elettrodo, 4) volume di metallo saldato depositato che dovrebbe essere ridotto al minimo, 5) costo di preparazione dei bordi, 6) restringimento e distorsione. Per maggiori informazioni (in inglese): <http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/~pmoze/esdep/master/wg03/I0300.htm>.

3. In alcune tecnologie di saldatura, come la saldatura a fessura stretta, la preparazione del bordo può essere eseguita anche mediante taglio a fiamma, cosa che aumenta la produttività e riduce parzialmente gli sprechi.

Topic 2. Preparazione delle superfici e dei bordi dei fogli di lavoro per minimizzare le zone di saldatura.

Una preparazione inadeguata e insufficiente delle superfici metalliche prima della saldatura molto spesso porta a non conformità e utilizzo non economico dei materiali, crea ulteriore spreco.

1. La pulizia della superficie del materiale prima della saldatura è molto importante per rimuovere lo sporco e la sporcizia prevenendo la contaminazione della purezza di una saldatura. Questa azione può aiutare a evitare la porosità delle saldature, poiché il grasso, l'olio o l'umidità sulla superficie provocano l'intrappolamento del gas di saldatura durante il processo di saldatura.
2. Durante la saldatura si verifica una certa contaminazione della superficie saldata: l'ossidazione si verifica quando l'ossigeno raggiunge senza ostacoli il cordone di saldatura. L'ossidazione della superficie rende il metallo non resistente alla corrosione e richiede un trattamento aggiuntivo. Per prevenirlo vengono utilizzati monitor dell'ossigeno durante lo spurgo delle saldature. Per maggiori informazioni (in inglese): <https://www.aquasolwelding.com/welding-preparation>
3. Le sbavature causate da laser e punzoni possono essere rimosse con diverse rettificatrici per piani, piastre di rettifica e rulli con il nastro trasportatore; piegatura delle parti. Per ridurre il volume di tale rettifica si consiglia di applicare l'approccio dello stampaggio a freddo e/o tecnologie di saldatura specifiche, che consentono di evitare bave, come la saldatura più veloce.

Topic 3. Utilizzo di acciaio prodotto più rispettoso dell'ambiente nei processi di lavoro relativi alla giunzione e alla saldatura.

La questione delle tecnologie di produzione dell'acciaio più verdi e dell'acciaio più rispettoso dell'ambiente è piuttosto ampiamente discussa tra ricercatori, esperti e industriali. Ecco un link a un interessante articolo su questo argomento: <https://weldingvalue.com/it/2021/06/quanto-siamo-pronti-per-il-green-steel/#34807d89>

Tasks per l'apprendimento autonomo

Seleziona 1 -2 procedure di preparazione dei materiali che non hai mai applicato prima nel tuo lavoro e provale in presenza di supervisore, tecnico o ingegnere. Riferire sui risultati del test indicando se ha avuto successo, qual è l'impatto sul consumo o sui materiali e materiali di consumo, quali problemi o sfide sono stati

incontrati nell'applicare la raccomandazione scelta e come questi problemi possono essere risolti (da fare in seguito).

Autovalutazione dei risultati dell'apprendimento

Esamina e discuti i processi e le procedure applicati della preparazione della superficie e dei bordi in termini di adattamento ai principi di prestazioni sostenibili e "circolari" rispondendo alle seguenti domande:

- 1) In che misura le operazioni di preparazione della superficie applicata e di taglio dei bordi contribuiscono a ridurre il volume della saldatura e il relativo fabbisogno energetico?
- 2) Che tipo di scarto viene generato dalle operazioni di preparazione della superficie e taglio dei bordi? Quali sono le quantità medie di questi rifiuti?
- 3) È possibile saltare/aggirare le operazioni di preparazione della superficie e taglio del bordo modificando i parametri di saldatura? Quali sono i vantaggi/svantaggi di tale soluzione?

CURRICULUM 4. Operazioni di saldatura intelligenti e circolari.

Scopo e risultati di apprendimento del corso

L'obiettivo di questo corso è acquisire il know-how e le capacità di applicare soluzioni tecnologiche intelligenti e circolari dei regimi di saldatura.

Dopo aver completato questo corso, gli studenti saranno in grado di:

- Riconoscere le caratteristiche di soluzioni tecnologiche intelligenti e circolari e regimi di saldatura.
- Saper rispettare i limiti dell'impatto termico definito nel procedimento di saldatura.
- Applicare il know-how sui regimi esperti nella saldatura (regime di impulsi, regimi sinergici, saldatura ad arco sommerso e le sue combinazioni, utilizzando la saldatura a contatto invece della saldatura a giunto pieno).
- Know-how per applicare i processi CNC (taglio al plasma, laser) cercando di limitare l'impatto dannoso dei processi di saldatura sull'operazione nelle altre fasi (ad esempio, lavorazione nello spazio macchina chiuso).

Target

Docenti e formatori professionali, studenti di scuole professionali, saldatori (livello EQF 4).

Materiali di apprendimento

Topic 1. Le caratteristiche di soluzioni tecnologiche intelligenti e circolari e regimi di saldatura.

La sostenibilità della saldatura dipende dalla velocità di saldatura, dai costi del sistema di saldatura, dalla qualità delle materie prime, dal tempo di lavorazione applicato, dai metalli d'apporto utilizzati e dalla qualità del cordone. Anche la produzione dei componenti e dei materiali di consumo del sistema di saldatura svolge un ruolo importante poiché richiede l'estrazione delle materie prime.

Per quanto riguarda il ruolo delle tecnologie e delle attrezzature di saldatura applicate, l'affidabilità e la versatilità dei sistemi di saldatura contribuiscono all'efficienza dei processi di saldatura consentendo agli operatori di utilizzare una tecnologia adeguata per aumentare la velocità di saldatura, mantenendo costantemente un'elevata qualità e mantenendo le condizioni ideali, permettendo così di fare a meno di intere celle di produzione e contribuendo a ridurre il consumo di energia e risorse produttive.

Le soluzioni tecnologiche nei diversi processi di saldatura possono aiutare a prevenire l'accumulo di residui e migliorare l'intensità e l'efficienza del lavoro. Ad esempio, l'utilizzo di processi che coinvolgono l'elettrodo senza fine (MAG) aiuta a evitare i resti di elettrodi saldati e le pause per cambiare gli elettrodi. Per queste ed altre caratteristiche il processo MAG è altamente sostenibile e pulito, così come la saldatura ad arco metallico con gas laser. Questi processi di saldatura sono molto rapidi e richiedono meno materiale d'apporto.

Parametri del processo di saldatura che aiutano a ridurre le emissioni nocive:

1. **Amperaggio:** iniziare la saldatura dall'amperaggio più basso possibile che consenta una sufficiente penetrazione della saldatura.
2. **Utilizzo di gas:** non utilizzare gas CO₂ al 100% su una miscela di gas argon, poiché aumenta il calore nell'arco e aumenta la vaporizzazione e i fumi del metallo.
3. **Pulizia della superficie metallica prima della saldatura:** pulire adeguatamente la superficie metallica prima della saldatura per evitare i fumi, in particolare rimuovere i residui di solventi, vernice, olio, inibitori di ruggine, zinco su acciaio zincato. Utilizzare un prodotto di sverniciatura per rimuovere i contaminanti e qualsiasi residuo che rimane prima di iniziare la saldatura.
4. **Attrezzatura per la saldatura:** nella scelta dell'attrezzatura per la saldatura un'azienda dovrebbe prestare attenzione all'impatto ambientale del relativo processo di saldatura e al modo in cui l'attrezzatura contribuisce a ridurlo.

Ecco alcuni suggerimenti per processi di saldatura economici:

1. **Eliminare la sovrasaldatura controllando il corretto dimensionamento delle saldature e utilizzando le stampe.**
2. **Ridurre la quantità di rinforzo** nelle saldature a passaggio multiplo su un giunto scanalato mirando appena sopra il filo per evitare il riempimento insufficiente.

3. **Utilizzare la polarità corretta:** nelle applicazioni in cui la penetrazione non è importante o desiderata, come i riporti duri, utilizzare DC- per ottenere tassi di deposizione maggiori.
4. **Ridurre gli spazi vuoti,** che aumentano il volume di saldatura necessario per ottenere la stessa capacità di carico.
5. **Controllare l'utilizzo del gas di protezione** non utilizzando più flusso del necessario, oltre a verificare la presenza di picchi e perdite.
6. **Aumentare il diametro dell'elettrodo** per la saldatura a bastoncino o la saldatura mig per ottenere tassi di deposizione più elevati.
7. **Considerare il raccordo intermittente anziché continuo per le saldature che non trasmettono il pieno carico della struttura** dopo aver consultato il personale tecnico.
8. **Selezionare il processo corretto** in base all'applicazione.
9. **Posizionare correttamente il lavoro** per un'efficienza ottimale massimizzando la saldatura in posizione piana o orizzontale.
10. **Usa gli infissi.**
11. **Utilizzare procedure e processi che eliminano gli spruzzi** – Prendere in considerazione l'utilizzo di gas 90/10 anziché C25 o CO2 100%, nonché la saldatura pulsata anziché la saldatura CV.
12. **Mantenete in buono stato la vostra attrezzatura per la saldatura.**
Per maggiori informazioni (in inglese): [12 Ideas to Reduce Welding Costs | WELDING ANSWERS](#)
13. Applicare regimi di saldatura, che non richiedono la preparazione meccanica delle superfici prima della saldatura, ad esempio l'arco speciale EWM per la saldatura dell'acciaio non richiede la preparazione dei materiali per la saldatura.
Per maggiori informazioni (in inglese): [Using Eco-Friendly Welding Processes to Minimize Pollution \(blueandgreentomorrow.com\)](#)
14. La qualità e l'impatto ambientale del decapaggio delle saldature dipendono fortemente dalla qualità della pulizia della superficie dopo la saldatura (le scorie rimanenti prima del decapaggio richiedono ulteriori operazioni di decapaggio con implicazioni ambientali negative). Pertanto è necessario pulire la superficie dei pezzi saldati prima del decapaggio.
15. Il trattamento superficiale mediante verniciatura richiede un calcolo ottimale del volume di vernice necessario e la scelta del sistema di verniciatura ottimale (C2, C3, C4, C5) in base alla corrosività dell'ambiente di utilizzo del prodotto, evitando una verniciatura eccessiva.
16. L'uso della sabbatura metallica per il trattamento superficiale è più rispettoso dell'ambiente rispetto alla sabbatura a causa dell'uso ripetuto di materiali abrasivi.
17. L'uso delle saldature X aiuta a ridurre al minimo le zone dell'area di saldatura ea ridurre il volume del successivo trattamento superficiale delle saldature.
18. L'uso di frese e piastre abrasive per il trattamento superficiale e la finitura delle saldature aiuta a ridurre l'uso di materiali abrasivi.
18. Il consumo di gas di saldatura può essere notevolmente ridotto utilizzando speciali valvole di protezione sul contenitore del gas:
<https://www.youtube.com/watch?v=TikJL1VSp3Q>
L'apertura di queste valvole aiuta a regolare la quantità di gas. Una regola pratica per questo: **quantità di gas (litri/minuto) = diametro del filo (millimetri) x 10.**

Ad esempio, se si utilizza un elettrodo a filo con un diametro di un millimetro, dieci litri al minuto sono sufficienti in un'officina chiusa. Se c'è un tiraggio, è necessario un po' più di gas.

19. Utilizzo di strumenti che aiutano a definire i parametri di saldatura ottimali: <https://weldingvalue.com/2020/03/find-right-tig-welding-parameters/#27e461fb> (in inglese)

Topic 2. Tipici regimi di saldatura intelligente (regime di impulsi, regimi sinergici, saldatura ad arco sommerso e sue combinazioni, utilizzando la saldatura a contatto invece della saldatura a giunto completo).

Saldatura ad arco sommerso (SAW)

I ricercatori tedeschi suggeriscono che nella saldatura di una lamiera spessa 20 mm di acciai strutturali, LAHW è l'opzione migliore per quanto riguarda l'impatto ambientale causato, a causa della sua elevata densità di potenza che consente di procedere alla saldatura con il minor numero di passaggi e volume di saldatura complessivo, come oltre a consentire elevate velocità di saldatura, elevata produttività e minori consumi di energia elettrica e gas. Secondo questi autori, il minor impatto ambientale in LAHW è assicurato dal miglior rapporto tra potenza consumata e tempo di saldatura, quando la bassa efficienza è sovracompensata dal risparmio di tempo di saldatura. Il materiale di riempimento e l'energia elettrica possono essere ottimizzati mediante l'allargamento della larghezza della faccia della radice e un angolo di apertura più piccolo. Il consumo di energia elettrica potrebbe essere ridotto in modo significativo aumentando l'efficienza della sorgente del fascio.

Hanno anche identificato che il processo MMAW a causa delle basse prestazioni, della necessaria preparazione del bordo e del rivestimento dell'elettrodo porta agli effetti ambientali più elevati. Questo effetto può essere ridotto al minimo applicando spazi di radice e angoli di apertura più piccoli.

La riduzione degli angoli di apertura comporta una riduzione del livello di impatto ambientale di circa il 40%.

Sproesser et al suggeriscono anche che i movimenti dei robot di saldatura per tutte le tecnologie richiedono un consumo di elettricità inferiore. La preferenza della tecnologia LCA a causa degli effetti ambientali positivi dovrebbe essere valutata alla luce dei diversi requisiti del processo di saldatura, come la preparazione dei bordi, le diverse posizioni di saldatura e la mobilità delle attrezzature.

I saldatori che lavorano con processi di saldatura manuale affrontano rischi per la salute più elevati rispetto ai processi automatici, il che suggerisce di ridurre al minimo l'applicazione dei processi di saldatura manuale e di tenere i saldatori fuori dalla zona di processo nei processi di saldatura automatica. La valutazione dei rischi della saldatura per la salute non dovrebbe limitarsi all'impatto dei fumi di saldatura, ma includere anche altri fattori, come i pericoli elettrici, termici e da radiazioni che si verificano sul posto di lavoro. L'uso della saldatura ad arco sommerso per lamiere spesse aiuta a risparmiare sul taglio del bordo preparatorio delle lamiere e a ridurre le emissioni derivanti da questo processo. Per maggiori informazioni: Sproesser, G., Chang, YJ., Pittner, A., Finkbeiner, M., Rethmeier, M. (2017). Sustainable Technologies for Thick Metal Plate Welding. In: Stark, R., Seliger, G., Bonvoisin, J. (eds) Sustainable Manufacturing. Sustainable Production, Life Cycle

Engineering and Management. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48514-0_5

Nimker e Wattal (2020) hanno studiato l'utilizzo delle scorie della saldatura ad arco sommerso (SAW) come nuovo flusso per la sostenibilità. Nel testarlo hanno aggiunto alcuni elementi di lega alla scoria frantumata per regolare la composizione risultante del metallo di saldatura secondo l'American Welding Society (AWS) A5.17 e le caratteristiche operative come la stabilità dell'arco. Selezionando variabili controllabili come la velocità di saldatura, la tensione dell'arco, la velocità di avanzamento del filo di saldatura e la distanza tra ugello e piastra come parametri di processo, hanno confrontato le saldature prodotte con flusso fresco, scoria pura e scoria riciclata. L'analisi della resistenza meccanica, della microstruttura e dei difetti di saldatura mostra un miglioramento significativo nei campioni di saldatura prodotti con scorie riciclate, mentre i test di trazione e di impatto hanno rivelato che le saldature realizzate con scorie riciclate erano in grado di soddisfare i requisiti AWS.

Per maggiori informazioni: Deepanjali Nimker & Reeta Wattal (2020) Recycling of submerged arc welding slag for sustainability, *Production & Manufacturing Research*, 8:1, 182-195, DOI: 10.1080/21693277.2020.1774813

In caso di saldatura MAG, l'utilizzo di gas protettivo (gas misto: argon [proprio silo] 92%+ Co₂ e ossigeno aiuta a evitare gli schizzi e offre un migliore burn-in; l'arco focalizzato (1000 gradi) evita il calore irradiato sul pezzo; la temperatura salire di 1-2 gradi a una distanza di 30 cm dal corpo.

Una saldatura più rapida aiuta anche a risparmiare materiali di saldatura e riduce le emissioni, tuttavia comporta rischi di errori e non conformità che possono aumentare l'utilizzo di materiali, materiali di consumo e spreco del processo di saldatura.

Il regime di impulso nella saldatura aiuta a controllare l'apporto termico ea regolare il volume di energia, utilizzando regimi sinergici di saldatura che aiutano a controllare e ottimizzare il consumo di energia.

Utilizzo della saldatura ad arco sommerso o combinazione di regimi di saldatura con saldatura ad arco sommerso per la saldatura di lamiera di alto spessore (es. nella saldatura di lamiera da 100 mm la radice della saldatura viene saldata mediante saldatura semiautomatica, la restante saldatura con il trattore di saldatura ad arco sommerso utilizzando il filo di 4 mm di diametro), che permette di ridurre il numero di passaggi di saldatura.

L'uso più ampio della saldatura a contatto (saldatura a punti) invece della saldatura a giunzione completa aiuta anche a risparmiare i materiali di consumo per la saldatura ea risparmiare tempo.

Altri processi di saldatura sostenibili sono la saldatura ad attrito, la saldatura sottovuoto e la saldatura diffusiva. La saldatura per attrito utilizzando l'energia termica dell'attrito elimina la necessità di flusso e materiali ausiliari, la saldatura sottovuoto utilizza per saldare l'idrogeno, la saldatura diffusiva combina sia la pressione che il calore per produrre giunti di alta qualità eliminando anche la necessità di flusso.

L'organizzazione del lavoro di saldatura può anche migliorare significativamente la sostenibilità dei processi di saldatura. Qui possono essere applicati diversi approcci di

organizzazione del lavoro snella. Manzanares-Cañizares et al. (2015) analizzano l'applicazione della metodologia lean 5S nell'organizzazione del lavoro in saldatura. La metodologia 5S mira a migliorare e mantenere l'organizzazione, l'ordine e la pulizia dei luoghi di lavoro. L'obiettivo è quello di migliorare le condizioni di lavoro aumentando la sicurezza attraverso l'eliminazione o la mitigazione dei rischi. Nel nostro caso, la metodologia ha un duplice scopo: migliorare le condizioni di lavoro riducendo il rischio per le persone coinvolte nella fabbricazione dei prodotti, riducendo allo stesso tempo il rischio di cordoni di saldatura difettosi. La metodologia si basa sull'analisi olistica e sul controllo dei processi di saldatura in produzione seguendo 5 fasi dell'organizzazione del lavoro snella:

SEIRI—SORT: identificare e separare i materiali necessari e non necessari, scartando questi ultimi;

SEIT ON—SET IN ORDER: stabilire come localizzare e identificare i materiali necessari in modo che possano essere facilmente e rapidamente reperiti, utilizzati e riforniti;

SEISO-SHINE: individua ed elimina le fonti di sporco, garantendo la pulizia delle attrezzature e del posto di lavoro

SEIKETSUS-STANDARDISE: distinguere le situazioni produttive normali da quelle anomale utilizzando semplici regole

SHITSUKES-SUSTAIN: lavorare con le regole e i principi stabiliti nelle fasi precedenti.

Lo studio di Manzanares-Cañizares et al (2022) indica che l'utilizzo di questa metodologia nell'organizzazione dei processi di lavoro di saldatura può migliorare significativamente la sostenibilità dei processi di saldatura riducendo le operazioni di trasporto non necessarie all'interno dell'azienda, migliorando lo stoccaggio dei materiali, prevenendo della contaminazione delle lamiere e dei materiali di consumo per saldatura, prevenendo la contaminazione incrociata nell'uso di materiali diversi, riducendo le non conformità nella saldatura e migliorando le condizioni ergonomiche di lavoro.

Per maggiori informazioni: Manzanares-Cañizares, C.; Sánchez-Lite, A.; Rosales-Prieto, V.F.; Fuentes-Bargues, J.L.; González-Gaya, C. A 5S Lean Strategy for a Sustainable Welding Process. Sustainability 2022, 14, 6499. <https://doi.org/10.3390/su14116499>.

Tasks per l'apprendimento indipendente

Seleziona 1 -2 procedure di saldatura esperte descritte che non hai mai applicato prima nel tuo lavoro e provale in presenza di supervisore, tecnico o ingegnere. Riferire sui risultati del test indicando se ha avuto successo, qual è l'impatto sul consumo o sui materiali e materiali di consumo, quali problemi o sfide sono stati incontrati nell'applicare la raccomandazione scelta e come questi problemi possono essere risolti (da fare in seguito).

Auto-valutazione dei risultati di apprendimento

Quali procedure e suggerimenti di saldatura economici sono i più rilevanti e adatti per i processi di saldatura praticati? Perché?

Quali risparmi si possono ottenere applicando le pratiche di saldatura esperte usate preferite? Come questi guadagni potrebbero essere mantenuti e aumentati?

Curriculum 5. Controllo dell'utilizzo dei materiali di saldatura e dei consumabili per la saldatura intelligente e circolare.

Scopo e risultati di apprendimento del corso

L'obiettivo di questo corso è acquisire know-how e competenze sul controllo e la distribuzione dei materiali e dei consumabili di saldatura secondo i principi dell'economia circolare.

Dopo aver completato questo corso, gli studenti saranno in grado di:

- riconoscere e segnalare tempestivamente i casi di eccessivo consumo di materiali e consumabili di saldatura,
- organizzare un adeguato controllo di qualità delle lamiere, evitando le pratiche di economia sulla qualità dei metalli utilizzando materiali economici e di bassa qualità (es. arrugginiti, contaminati),
- con l'approvazione/supervisione degli ingegneri di saldatura per selezionare e utilizzare consumabili di saldatura meno "contaminanti", come, ad esempio, fili di saldatura solidi che producono emissioni molto inferiori rispetto all'utilizzo di filo di saldatura a base di "polvere".

Target

Docenti e formatori professionali, supervisor e tecnici di saldatura (livello EQF 5).

Materiali di apprendimento

Topic 1. Riconoscere e segnalare tempestivamente i casi di eccessivo consumo di materiali e consumabili di saldatura.

Nell'articolo "**How To Reduce Energy Consumption When Welding**" (26 aprile 2022) gli autori analizzano le possibilità di risparmiare sui costi energetici della saldatura a fronte dell'impatto significativo della saldatura sull'eccessivo consumo di energia che ha un impatto negativo sul riscaldamento globale.

Forniscono quattro suggerimenti per ridurre il consumo di energia durante la saldatura:

1. Esaminare l'efficienza energetica delle apparecchiature di saldatura, calcolare i costi operativi totali del consumo energetico dell'apparecchiatura durante la saldatura e quando è inattiva per decidere in merito alla sostituzione dell'attuale

apparecchiatura di saldatura con le più recenti apparecchiature di saldatura con maggiore efficienza energetica, gas di protezione sostenibili e altri miglioramenti .

2. Affrontare il consumo energetico inattivo utilizzando sistemi di raffreddamento integrati che interrompono il consumo energetico durante il funzionamento al minimo, ciò che consente di ottenere un'efficienza al minimo superiore all'80%, applicando la modalità standby nelle apparecchiature di saldatura più vecchie o spegnendo l'alimentazione durante la saldatura è inattivo.
3. Utilizzo della tecnologia inverter, che consente di produrre più potenza in uscita utilizzando una potenza in ingresso molto inferiore, quando la potenza in ingresso viene convertita in corrente continua, riducendo sostanzialmente la potenza in ingresso e aumentando l'efficienza energetica complessiva.
4. Utilizzo di strumenti di monitoraggio dell'alimentazione, che aiutano a tenere traccia del consumo di energia durante il processo di saldatura, in particolare applicando software e applicazioni basate su Internet in questo campo, che forniscono i dati chiave, tra cui tensione, arco di saldatura, informazioni sul calore, ecc., ciò che aiuta a prendere decisioni rilevanti sul risparmio energetico. . La maggior parte di questi strumenti ha anche un'interfaccia user-friendly con semplici controlli digitali che consentono un facile accesso alle statistiche disponibili.

Per maggiori informazioni (in inglese): <https://usgreentechnology.com/how-to-reduce-energy-consumption-when-welding-2/>

I materiali di saldatura possono essere controllati in modo sostenibile seguendo le raccomandazioni fornite di seguito:

1. Il documento di pianificazione per l'uso dei materiali di saldatura dovrebbe essere preparato da ingegneri di saldatura o altri membri del personale responsabili e questo documento dovrebbe servire come base per l'emissione di materiali di saldatura per il periodo di tempo definito (settimana, 2 settimane, ecc.) .
2. Il contenuto di umidità degli elettrodi di saldatura deve essere controllato prima dell'emissione e, se necessario, gli elettrodi devono essere nuovamente asciugati.
3. I capisquadra predispongono per ogni saldatore l'apposito modulo o documento di rilascio del materiale di saldatura, che dovrebbe prevedere la separazione dei diversi tipi di elettrodi (es. elettrodi bassolegati/a basso contenuto di idrogeno).
4. Gli elettrodi di diverso tipo e caratteristiche devono essere conservati nei luoghi di lavoro nelle diverse scatole per evitare un uso improprio.
5. Gli elettrodi inutilizzati e danneggiati devono essere raccolti nelle apposite scatole o contenitori per il riutilizzo o il riciclaggio.

6. I materiali di consumo per saldatura devono essere conservati correttamente con un'umidità relativa fino al 70%, al riparo dalle intemperie o da altre condizioni avverse. Gli impianti di stoccaggio devono essere installati in modo da mantenere la temperatura costante alle variazioni della temperatura esterna (riscaldamento, condizionamento).

Per maggiori informazioni (in inglese):

<https://www.canadianmetalworking.com/canadianfabricatingandwelding/product/welding/managing-welding-consumables>

Topic 2. Selezione e utilizzo di materiali di consumo per saldatura meno "contaminanti", come, ad esempio, fili di saldatura solidi che producono emissioni molto inferiori rispetto all'utilizzo di filo per saldatura a base di "polvere".

Attualmente esistono diverse opzioni e soluzioni tecnologiche su come ridurre l'impatto ambientale negativo dei materiali di consumo per saldatura, in particolare su come affrontare la contaminazione dei luoghi di lavoro e dell'ambiente di saldatura con i fumi derivanti dall'uso degli elettrodi di saldatura. Ad esempio, i fumi di saldatura possono essere ridotti applicando un nano-rivestimento di elettrodi di saldatura convenzionali con alluminio (Sivapirakasam, 2015). Un filo di saldatura dell'anima prima del suo rivestimento di flusso viene immerso in un sol contenente iso-propossido di alluminio, per ottenere un sottile film di rivestimento di nanoallumina. Tali elettrodi nano-rivestiti riducono la concentrazione di fumi fino al 62% nella zona di respirazione del saldatore, se testati rispetto alla concentrazione della controparte non rivestita. Si è inoltre notata una sostanziale riduzione della concentrazione di costituenti metallici nei fumi degli elettrodi rivestiti.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652615008653>

Analogamente si possono applicare elettrodi ricoperti di rame, che riducono anche la produzione di fumi negli ambienti di lavoro: <https://www.welding-alloys.com/news/sustainability-starts-at-the-cored-wire/>

Tasks per l'apprendimento autonomo

Describe and discuss your currently applied procedures and practices of control of usage of welding materials and consumables. To what extent and how these procedures and practices help to save materials and consumables of welding?

Auto-valutazione dei risultati di apprendimento

Come controllate il consumo, i materiali e i materiali di consumo nella saldatura? Come si informano i saldatori sui rischi di un consumo eccessivo e si istruiscono su come affrontare questi rischi?

Tendi a selezionare e utilizzare materiali di consumo per saldatura meno "contaminanti", come, ad esempio, fili per saldatura solidi che producono emissioni molto inferiori rispetto a quando si utilizza filo per saldatura a base di "polvere"? Quali sono i fattori che supportano tale decisione? Quali fattori non consentono di utilizzare consumabili di saldatura meno "contaminanti"?



CEMIV'ET

“The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.”