

Innovative digital tools for training in the field of welding

Materiali didattici digitali per simulatore di saldatura

IO2 – MATERIALI DIGITALI PER L'APPRENDIMENTO PER IL SIMULATORE DI SALDATURA

Index

1. Sintesi	2
2. Competenze Digitali – Introduzione a Computer e Simulazione	3
Programma del corso	3
Unità Didattica	5
3. Processi di saldatura	20
3.1. Saldatura ad arco di metallo a gas (GMAW)	20
Programma del corso	20
Unità Didattica	23
3.2. Saldatura a gas (GW)	49
Programma del corso	49
Unità Didattica	51
3.3. Saldatura manuale ad arco di metallo (MMA)	66
Programma del corso	66
Unità Didattica	70
3.4. Saldatura a gas inerte di tungsteno (TIG)	96
Programma del corso	96
Unità Didattica	100
4. Garanzia di qualità nella saldatura	128
Programma del corso	128
Unità Didattica	133

Sintesi

DIGIWELD Innovative digital tool for training in the field of Welding è un progetto finanziato da Erasmus+ che affronta la Comunicazione del Consiglio Europeo "Rethinking Education: Investing in skills for better socio-economic outcomes, che afferma l'importanza di promuovere l'uso della tecnologia per un apprendimento efficace e per ridurre le barriere all'istruzione, consentendo agli individui di apprendere ovunque, in qualsiasi momento, in percorsi di apprendimento individualizzati.

Questo progetto mira a sviluppare:

- Una proposta di aggiornamento della European EWF-IAB-o89r5-14 Guideline (ovvero la European Welder Guideline) che supporta l'introduzione di un nuovo modulo sulle Competenze Digitali e l'uso dei simulatori di saldatura nella formazione pratica, in condizioni specifiche, in quanto praticabili e strumenti innovativi per l'istruzione e la formazione dei futuri saldatori,
- Uno strumento digitale da inserire nei simulatori come moduli dedicati alla formazione di giovani tirocinanti (dai 16 ai 20 anni).

In questo senso, i Partner DIGIWELD (sei entità provenienti da Belgio, Spagna, Italia e Romania con esperienza in Educazione, Saldatura e nello sviluppo di simulatori di saldatura) si sono riuniti per proporre una componente aggiornata delle Linee guida europee di istruzione e formazione per la saldatura per attirare giovani tirocinanti al conoscenze e responsabilità della professione del saldatore. Un altro obiettivo era creare un sistema di apprendimento digitale aperto e innovativo (SIMTRANET) nel campo della tecnologia di saldatura ad arco e dei materiali didattici digitali che consentissero ai tirocinanti di accedere alle informazioni e di esercitarsi utilizzando simulatori di saldatura. Per raggiungere gli scopi DIGIWELD, i partner stanno anche lavorando per creare le condizioni affinché gruppi internazionali di tirocinanti partecipino attivamente a gare di formazione e saldatura simultanee nelle condizioni più sicure possibili utilizzando simulatori stand-alone specifici o aule virtuali.

Il presente risultato è uno dei compiti che è stato svolto nell'ambito del progetto **DIGIWELD Intellectual Output (IO) 2- Materiali didattici digitali per simulatore di saldatura**. Si concentra sul lavoro svolto dai partner DIGIWELD verso lo sviluppo dei materiali didattici digitali dedicati ai processi di saldatura MIG/MAG, TIG e MMA e al Quality Assurance in Welding, che saranno caricati su SIMTRANET, un sistema di apprendimento digitale creato nell'ambito di DIGIWELD. Inoltre, tenendo conto delle restrizioni imposte dalla pandemia di COVID-19, i partner DIGIWELD hanno deciso di sviluppare un materiale supplementare per i processi di saldatura: Gas Welding.

Vuole essere un'analisi critica verso i punti di vista di standardizzazione, applicabilità e pertinenza, concentrandosi sulla compatibilità di questi contenuti con la European Welder Guideline, tenuto conto che questi materiali didattici digitali sono basati sugli aggiornamenti proposti per la European Welder Guideline (EWF -IAB-o89r5-14 Linee guida). Pertanto, gli argomenti affrontati dal Modulo 2 Processi di saldatura (processi di saldatura MIG/MAG, TIG e MMA) e dal Modulo 3 Quality Assurance in Welding, parte del corso DIGIWELD, sono in linea con la citata Linea Guida.

Pertanto, questo Technical Report spiega come l'allineamento tra i soggetti/temi della European Welder Guideline sia stato assicurato dai partner DIGIWELD coinvolti nello sviluppo dei contenuti di apprendimento e come sia stata condotta la revisione tecnica verso la versione finale dei suddetti moduli/contenuti, considerata la loro conformità alla standardizzazione. La loro applicabilità e rilevanza per l'istruzione, la formazione e le conoscenze teoriche dei tirocinanti è conforme alla European Welder Guideline e allo stato dell'arte più aggiornato.

Digital Competences – Introduzione al computer e alla simulazione

1.1 Nome del corso

Introduzione al computer e alla simulazione

1.2 Durata del corso

4 ore

1.3 Scopo del corso

Lo scopo del corso è quello di garantire l'accumulo di competenze digitali necessarie per l'utilizzo di dispositivi digitali che creano realtà virtuale e aumentata. L'implementazione dell'ambiente virtuale e della realtà aumentata nella formazione pratica dei futuri saldatori garantisce l'accesso delle nuove generazioni a una modalità di formazione vicina alla realtà in cui vivono e svolgono le loro attività quotidiane. L'unità si occupa degli aspetti riguardanti la metodologia e gli strumenti utilizzati nella formazione digitale, i sistemi di gestione dell'apprendimento e una breve presentazione dei simulatori di saldatura.

1.4 Obiettivi del corso

- Comprendere come utilizzare gli strumenti digitali nella formazione teorica e pratica
- Essere in grado di utilizzare e sfruttare i moduli sviluppati in LMS
- Per sapere come funzionano i simulatori di saldatura

1.5 Contenuti

1. Formazione di strumenti e metodologie digitali

- 1.1. Strumenti digitali utilizzati nella formazione sulla saldatura
- 1.2. Vantaggi e svantaggi degli strumenti digitali nella saldatura

2. Sistema di gestione dell'apprendimento

- 2.1. Ambienti virtuali di apprendimento
- 2.2. Definizione e caratteristiche dell'LMS
- 2.3. Impostazioni e funzionalità di LMS
- 2.4. LMS: sfide e vantaggi
- 2.5. Soluzioni disponibili per lo sviluppo di LMS

3. Simulatori di saldatura

- 3.1. Sistemi di simulatori di saldatura
- 3.2. Realtà aumentata
- 3.3. Realtà virtuale
- 3.4. Differenza tra simulatore di saldatura e sistema di saldatura reale
- 3.5. Allestimento di simulatori di saldatura

1.6 Partecipanti

Caratteristiche dello studente:

Studenti IFP presso specializzazione in saldatura.

1.7 Requisiti di accesso

Requisiti del livello di istruzione:

Certificato di scuola secondaria (EQF 3)

Conoscenza precedente necessaria	Conoscenza di base della saldatura Conoscenza di base delle TIC
Requisiti di età:	Gli studenti devono avere almeno 16 anni

1.8 Attività di valutazione

- Test teorico su ogni unità: domande a risposta multipla
- Configurazione pratica del simulatore

1.9 Bibliografia (usata o supplementare)

- [1] Savu SV - Simulatore di saldatura, strumento digitale alternativo per la formazione pratica dei futuri saldatori, ASR Conference, Buzau, 2015
- [2] Esempio open source (basato su Moodle): <https://themefisher.com/moodle-bootstrap-themes/>
- [3] Prodotto LMS disponibile in commercio: <https://learnbox.co.za/off-the-shelf-lms/>
- [4] Università di Craiova, LMS - <https://ciso1.central.ucv.ro/evstud/>
- [5] Susannah J. Whitney, Ashley KW Stephens - Uso della simulazione per migliorare l'efficacia dell'addestramento alla saldatura dell'esercito, Commonwealth of Australia, 2014
- [6] Soldamatic - Addestramento aumentato per la saldatura, <http://www.soldamatic.com/soldamatic2018/>
- [7] Lincoln Electric - VRTEX360 Virtual Welding Trainer, <https://www.lincolnelectric.com/en-gb/equipment/training-equipment/vrtex360/pages/vrtex-360.aspx>
- [8] BEApplied Research, HoloLens Plant Maintenance, <https://www.youtube.com/channel/UCdXVL3uTXP-icWKB7K2Yivw>
- [9] Phoenix Contact - Realtà aumentata in uso per l'industria 4.0 e la tecnologia degli edifici, <https://www.youtube.com/watch?v=UHW12bLH7U>
- [10] Lily Prasuethsut, Meta pensa che Pokémon Go sia perfetto per le cuffie AR, <https://www.wearable.com/ar/meta-pokemon-go-2962>
- [11] Rapporti di settore, mercato globale della realtà aumentata per testimoniare una crescita di pronuncia durante il 2024 - Principali attori chiave come Google Inc., Microsoft Corporation, Vuzix Corporation, Samsung Electronics Co., Ltd., Qualcomm Inc., Oculus VR, LLC, EON Reality, Inc . Infinity Augmented Reality Inc e altri, <https://industryreports24.com/430907/global-augmented-reality-market-to-witness-a-pronounce-growth-during-2024-top-key-players-like-google-inc-microsoft-corporation-vuzix-corporation-samsung-electronics-co-ltd-qualcomm-i/>
- [12] Husain Sumra, I migliori occhiali per realtà aumentata del 2019: Snap, Vuzix, Microsoft, North e altro, <https://www.wearable.com/ar/the-best-smartglasses-google-glass-and-the-rest>
- [13] Google, <https://virtualrealitypop.com/what-is-real-vr-content-3e66e3810894>
- [14] MindRend Technologies, simulatore di robotica VR, <https://www.youtube.com/channel/UCDWYIQAzV8qlhxa4yXbjmpQ>
- [15] Fronius Virtual Welding, <http://www.funworld.com/en/funworldtech/projects-and-partners/fronius-virtual-welding>
- [16] Salda simulatore VR, <http://weld-vr.com/en/>
- [17] Lincoln Electric VRTEX 360 `` <https://www.lincolnelectric.com/de-de/support/application-stories/Pages/Pitt-Community-College.aspx>

NUMERO UNITÀ: Unità didattica 1
TITOLO UNITÀ: *Introduzione al computer e alla simulazione*
PRESENTAZIONE DELL'UNITÀ

La presente unità didattica garantisce l'accumulo di competenze digitali necessarie per l'utilizzo di dispositivi digitali che creano realtà virtuale e aumentata. L'implementazione dell'ambiente virtuale e della realtà aumentata nella formazione pratica dei futuri saldatori garantisce l'accesso delle nuove generazioni a una modalità di formazione vicina alla realtà in cui vivono e svolgono le loro attività quotidiane.

L'unità si occupa degli aspetti riguardanti la metodologia e gli strumenti utilizzati nella formazione digitale, i sistemi di gestione dell'apprendimento e una breve presentazione dei simulatori di saldatura. Il primo modulo copre argomenti relativi agli strumenti digitali utilizzati nella formazione sulla saldatura e quali sono i vantaggi e gli svantaggi dell'utilizzo degli strumenti digitali nella saldatura. Il secondo modulo introduce i tirocinanti negli ambienti di apprendimento virtuale dove possono apprendere e interagire con strumenti digitali o con altri tirocinanti. I sistemi di gestione dell'apprendimento (LMS) sono i migliori strumenti digitali per registrare gli utenti, fornire contenuti e valutare le prestazioni dei tirocinanti. In questo modulo vengono presentati il modo in cui un LMS può essere definito, impostato e quali sono le funzionalità di un LMS, nonché i vantaggi e gli svantaggi di un LMS. I tirocinanti apprenderanno anche le soluzioni disponibili per lo sviluppo del proprio LMS. Il terzo modulo si occupa di simulatori di saldatura. Un tipico sistema di simulazione di saldatura è presentato nell'introduzione del modulo. La realtà virtuale (VR) e la realtà aumentata (AR) vengono spiegate al fine di fornire ai partecipanti le conoscenze necessarie per poter comprendere e utilizzare come funzionano queste tecnologie. Alla fine del modulo una breve presentazione della differenza tra simulatore di saldatura e sistema di saldatura reale, nonché un breve esempio relativo all'impostazione di un simulatore di saldatura. La realtà virtuale (VR) e la realtà aumentata (AR) vengono spiegate al fine di fornire ai partecipanti le conoscenze necessarie per poter comprendere e utilizzare come funzionano queste tecnologie. Alla fine del modulo una breve presentazione della differenza tra simulatore di saldatura e sistema di saldatura reale, nonché un breve esempio relativo all'impostazione di un simulatore di saldatura. La realtà virtuale (VR) e la realtà aumentata (AR) vengono spiegate al fine di fornire ai partecipanti le conoscenze necessarie per poter comprendere e utilizzare come funzionano queste tecnologie. Alla fine del modulo una breve presentazione della differenza tra simulatore di saldatura e sistema di saldatura reale, nonché un breve esempio relativo all'impostazione di un simulatore di saldatura.

OBIETTIVI

Gli obiettivi dell'unità didattica sono:

- Comprendere come utilizzare gli strumenti digitali nella formazione teorica e pratica
- Essere in grado di utilizzare e sfruttare i moduli sviluppati in LMS
- Per sapere come funzionano i simulatori di saldatura

CONTENUTI
4. Formazione di strumenti e metodologie digitali

- 4.1. Strumenti digitali utilizzati nella formazione sulla saldatura
- 4.2. Vantaggi e svantaggi degli strumenti digitali nella saldatura

5. Sistema di gestione dell'apprendimento

- 5.1. Ambienti virtuali di apprendimento
- 5.2. Definizione e caratteristiche dell'LMS
- 5.3. Impostazioni e funzionalità di LMS

- 5.4. LMS: sfide e vantaggi
- 5.5. Soluzioni disponibili per lo sviluppo di LMS

6. Simulatori di saldatura

- 6.1. Sistemi di simulatori di saldatura
- 6.2. Realtà aumentata
- 6.3. Realtà virtuale
- 6.4. Differenza tra simulatore di saldatura e sistema di saldatura reale
- 6.5. Allestimento di simulatori di saldatura

SVILUPPO DEI CONTENUTI

1. Formazione di strumenti e metodologie digitali

Questo modulo copre argomenti relativi agli strumenti digitali utilizzati nella formazione sulla saldatura e quali sono i vantaggi e gli svantaggi dell'utilizzo degli strumenti digitali nella saldatura. Vengono presentate diverse applicazioni software utilizzate nella formazione dei saldatori per mostrare l'importanza e la rilevanza degli strumenti digitali nel processo di apprendimento.

Ci sono due modi in cui le informazioni vengono trasmesse agli studenti: il primo si riferisce al fatto che l'insegnante è al centro dell'attività di apprendimento e il secondo mette lo studente al centro di tutte le attività. L'utilizzo di strumenti digitali nell'attività di apprendimento può essere applicato con successo alla seconda opzione, considerando l'affinità dei giovani per tutto ciò che significa connettività e rendere disponibili le informazioni in qualsiasi luogo, tempo e modo.

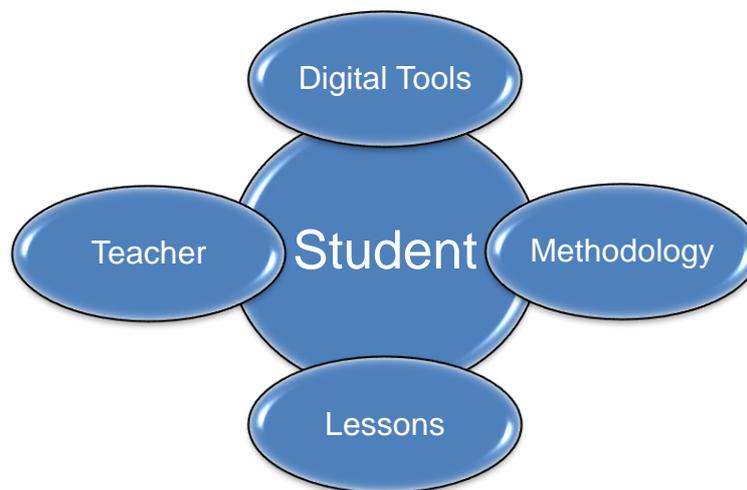


Fig. 1.1 Apprendimento centrato sullo studente

L'apprendimento centrato sullo studente può essere raggiunto se vengono seguite alcune regole:

- Essere chiari su come promuovere, misurare e celebrare la comprensione
- Modellazione **come pensare** per studenti
- Aiutare gli studenti a capire cosa vale la pena capire
- Diversificare ciò che accetti come prova di comprensione
- Creazione di curriculum e istruzione attorno a una necessità di sapere
- Collaborare con gli studenti per creare la rubrica o la guida al punteggio
- Consentire agli studenti di scegliere lo scopo del progetto
- Consentire agli studenti di scegliere il proprio modulo multimediale che rifletta lo scopo della lettura
- Utilizzo del prompt di scrittura su richiesta come valutazione sommativa
- Inquadrare l'apprendimento in termini di processo, crescita e scopo

1.1. Strumenti digitali utilizzati nella formazione sulla saldatura

Gli strumenti digitali utilizzati principalmente nella formazione delle persone nella professione di saldatore sono in gran parte dedicati agli aspetti teorici presentati in formato digitale (doc., Pdf., Ppt., Immagini e video) nonché al processo di valutazione relativo alle materie insegnate. Di recente, le informazioni sono incorporate in applicazioni dedicate all'apprendimento che includono sia documenti elettronici che immagini video e animazioni, tutte compilate in modo interattivo.



Fig. 1.2 Esempio di strumenti digitali utilizzati nella formazione sulla saldatura

un. App di apprendimento FutureWeld, b. App di valutazione FutureWeld, c. App di apprendimento Microbond, d. App di valutazione Microbond

Il passo successivo è combinare formazione teorica e pratica e ciò può essere ottenuto attraverso simulatori di saldatura. I simulatori di saldatura possono supportare la valutazione teorica, pratica e online o offline dello studente.



Fig. 1.3 Simulatori di saldatura [1]

RICORDA SUGGERIMENTI

1. Per strumenti digitali si intende qualsiasi applicazione software o dispositivo elettronico utilizzato nella formazione
2. Le applicazioni software sono principalmente utilizzate per la formazione teorica e l'esame delle conoscenze dei partecipanti
3. I simulatori di saldatura possono essere utilizzati sia per la formazione teorica e pratica nella saldatura, sia per il processo di esame

1.2. Vantaggi e svantaggi degli strumenti digitali nella saldatura

L'uso di strumenti digitali di saldatura presenta sia vantaggi che svantaggi per il processo di apprendimento e formazione dei futuri saldatori. I principali vantaggi della saldatura simulata sono:



Fig. 1.4 Vantaggi dell'utilizzo di strumenti digitali nel processo di apprendimento

Economico

- Costi ridotti con manutenzione di energia e simulatore
- Riduzione dei costi con insegnanti / formatori
- Riduzione dei costi con preparazione dei materiali di base e aumento dei tempi d'arco dei tirocinanti
- È possibile simulare componenti industriali specifici per strutture saldate

Ecologico

- Nessuna emissione tenendo conto che tutte le operazioni di saldatura sono simulate
- Nessun materiale di scarto che possa influire sull'ambiente
- Bassa impronta di carbonio tenendo in considerazione il basso consumo di energia

Sicurezza

- La formazione si svolge in un ambiente sicuro senza pericoli dovuti a calore, radiazioni e gas
- Nessun rischio per l'alimentazione elettrica trifase

Educativo

- Interfaccia utente semplice in ambiente VR / AR
- Maggiore potenziale di autoapprendimento e autovalutazione
- Sviluppo del sistema di punteggio della competizione che porterà ad aumentare la preparazione all'apprendimento dei tirocinanti
- Diversi livelli di difficoltà per esercizi pratici
- Copertura dei principali processi di saldatura ad arco
- Apprendimento a distanza tramite connessione internet tra server e simulatori di saldatura
- Analisi approfondita delle saldature e dei processi di saldatura eseguiti dai tirocinanti

In termini di svantaggi, la simulazione dei processi di saldatura non può sostituire la saldatura reale. Sono state identificate due categorie di svantaggi:



Fig. 1.5 Svantaggi dell'uso di strumenti digitali nel processo di apprendimento

Risorse umane

- Mancanza di competenze digitali degli insegnanti / formatori riguardo all'integrazione dei simulatori di saldatura nel processo di apprendimento
- Mancanza di competenze digitali degli insegnanti / formatori riguardo all'integrazione delle applicazioni software di saldatura nel processo di apprendimento

Tecnologia limitata

- I simulatori di saldatura consentono la formazione pratica al fine di migliorare le competenze dei tirocinanti ma non copre gli altri aspetti legati ad esempio alla preparazione del materiale di base
- Esistono alcune limitazioni tecnologiche riguardanti l'accensione dell'arco che differiscono dalla saldatura reale
- Non tutti i processi di saldatura possono essere digitalizzati nel simulatore di saldatura

2. Sistema di gestione dell'apprendimento

Gli strumenti digitali possono essere definiti come qualsiasi dispositivo e tecnologia di trasmissione della conoscenza dall'insegnante allo studente con applicazioni informatiche, supporti di corsi online o formazione pratica attraverso dispositivi che utilizzano la realtà aumentata, la realtà virtuale, ecc.

Gli strumenti digitali sono progettati per aiutare gli studenti e l'insegnante nel processo di apprendimento. Questo sottocapitolo contiene informazioni di base sugli strumenti digitali e metodologie specifiche per il processo di apprendimento in un ambiente digitale.

2.1. Ambienti virtuali di apprendimento

Virtual Learning Environment (VLE) consiste in un sistema digitale che fornisce materiali didattici (corsi, presentazioni, video, animazioni e applicazioni software) agli studenti che utilizzano le pagine web online. Utilizzando una connessione Internet sui propri strumenti digitali (computer, tablet, smartphone, ecc.) Gli utenti possono accedere alle informazioni sia dentro che fuori la scuola 24 ore su 24 e 7 giorni su 7. Un VLE supporta la registrazione degli studenti, il monitoraggio delle loro attività, la collaborazione e la comunicazione tra studenti, insegnanti e valutazione. Esistono tre diversi tipi di VLE:

- Open source - sono offerti gratuitamente per l'uso e l'adattamento, ma nella maggior parte dei casi sono richiesti alcuni costi per le attività di supporto



Fig. 2.1 VLE open source [2]

- Su misura - sono sviluppati da istituti di istruzione e formazione per soddisfare le proprie esigenze



Fig. 2.2 VLE su misura [4]

- Of-the-shelf - i prodotti sono soluzioni confezionate che vengono poi adattate per soddisfare le esigenze dell'organizzazione acquisti, piuttosto che la messa in servizio di su misura.

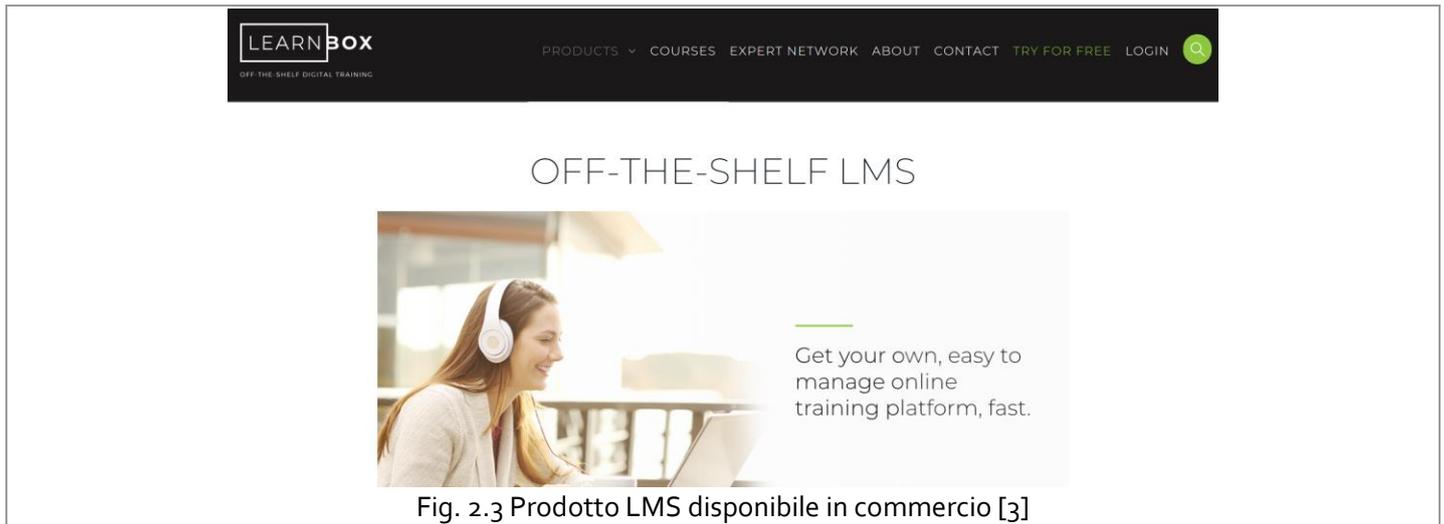


Fig. 2.3 Prodotto LMS disponibile in commercio [3]

2.2. Definizione e caratteristiche dell'LMS

Un Learning Management System (LMS) è la stessa cosa di Virtual Learning Environment (VLE). Un altro nome per LMS è Course Management System (CMS). Come definizione generale, il Learning Management System è un'applicazione software o una tecnologia basata sul web per la pianificazione, l'implementazione e la valutazione di uno specifico processo di apprendimento. Le caratteristiche principali di LMS sono:

- Possibilità di caricare o creare e fornire contenuti relativi a materiali didattici
- Monitorare la partecipazione degli studenti e la valutazione continua per migliorare il processo di apprendimento e le prestazioni degli studenti
- Strumento per funzionalità interattive come discussioni in thread, videoconferenze, forum, ecc

2.3. Impostazioni e funzionalità di LMS

Le funzionalità di un LMS sono definite nella maggior parte dei casi dallo sviluppatore. Tuttavia, le funzionalità minime dovrebbero essere fornite da qualsiasi LMS.

Rapporti

Gli insegnanti possono trarre vantaggio dai rapporti LMS per valutare le prestazioni degli studenti. Le informazioni riguardanti il tempo di studio individuale, i moduli utilizzati durante il processo di apprendimento, i casi di studio e qualsiasi altra attività svolta dagli studenti rappresenteranno input per l'analisi.

Analisi

Questa caratteristica consentirà all'insegnante di valutare le prestazioni degli studenti e di trovare la migliore soluzione per colmare le lacune di conoscenza.

Personalizzazione

Le piattaforme di supporto LMS consentono allo sviluppatore di personalizzare l'esperienza di e-Learning. Iniziare con il logo dell'azienda e incorporare tutti i materiali didattici in una struttura consolidata aumenterà le prestazioni del sistema di gestione dell'apprendimento. Lo sviluppatore può anche creare un percorso di apprendimento personalizzato per ogni studente al fine di migliorare il processo di apprendimento. In caso di utilizzo di strumenti digitali come i simulatori per la formazione pratica, l'insegnante / formatore può decidere quale valutazione, metodo può essere utilizzato per la valutazione delle competenze e abilità dello studente. Un'altra componente importante è legata ai tipi e ai formati dei materiali educativi. L'LMS dovrebbe accettare almeno documenti in formato doc e pdf, presentazioni e tipi di video comuni come avi, mp4, ecc.

Valutazione

Rappresenta una delle caratteristiche più importanti dell'LMS. Il sistema consente la valutazione durante il corso attraverso test a risposta multipla al fine di determinare quanto bene gli studenti lo conoscano, nonché come sono in grado di applicare le informazioni in contesti del mondo reale.

Comunicazione

Questa funzione consente ai partecipanti di condividere conoscenze ed esperienze al fine di migliorare il processo di apprendimento. Inoltre, gli studenti possono lavorare insieme agli stessi progetti e studi di casi nello stesso tempo.

2.4. LMS: sfide e vantaggi

I vantaggi dell'LMS nel processo di apprendimento sono ben noti alle istituzioni che utilizzano il sistema. Almeno tre vantaggi principali possono essere identificati quando un LMS viene implementato e utilizzato nel processo di apprendimento.

Le sfide sono elevate anche quando un LMS viene implementato per più di uno studio di programma. I modelli digitali per corsi, presentazioni, video e applicazioni software devono coprire tutti gli aspetti relativi allo sviluppo di materiali didattici. Una delle principali sfide è legata all'armonizzazione e allo scambio di informazioni tra due sistemi di gestione dell'apprendimento. Gli studenti di scuole diverse dovrebbero essere in grado di scambiare informazioni con altri colleghi utilizzando le funzionalità dell'LMS.

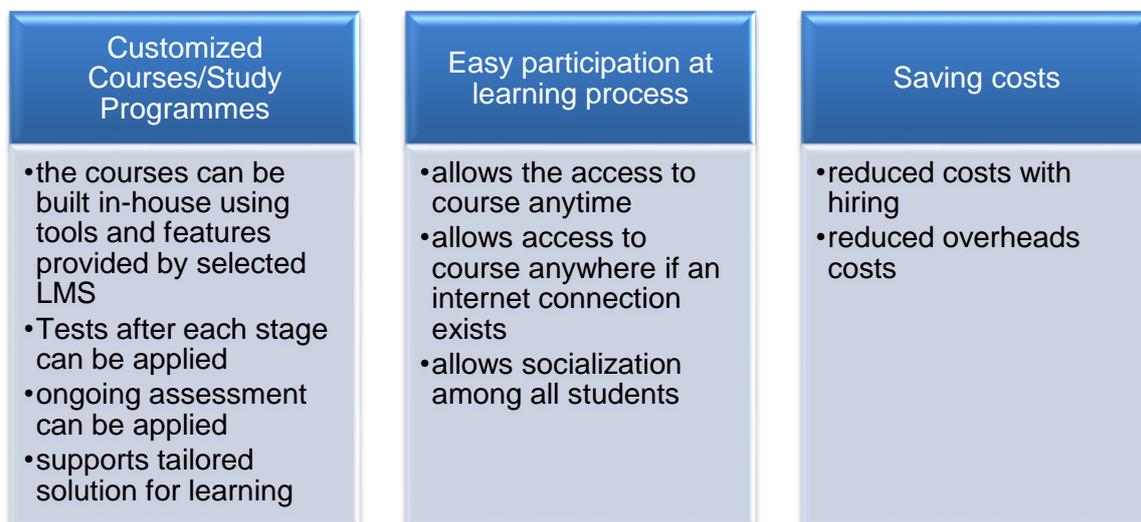


Fig. 2.4 Vantaggi dell'utilizzo di LMS nel processo di apprendimento

2.5. Soluzioni disponibili per lo sviluppo di LMS

Sono disponibili diverse opzioni per lo sviluppo di un LMS. Le opzioni per lo sviluppo di un LMS sono in diretta correlazione sia con gli aspetti tecnici (piattaforma, struttura, ecc.) Sia con quelli finanziari. Di seguito viene presentato un diagramma delle opzioni LMS.



Fig. 2.5 LMS - opzioni di sviluppo

Installato vs Webbased

C'è una grande differenza tra LMS installato nel tuo computer / server come applicazione dedicata e un sistema di gestione dell'apprendimento sviluppato su una piattaforma web. Adottare una soluzione installata sul proprio server significa sia la necessità di un adeguato supporto tecnico sia maggiori costi per l'installazione dell'applicazione. Il supporto tecnico e la manutenzione dell'applicazione saranno realizzati dal proprio personale, ed i costi finanziari

sono principalmente legati al costo effettivo dell'applicazione. Se questa applicazione è personalizzata, i costi di acquisizione saranno maggiori. La seconda opzione è anche la più consigliata. L'implementazione di un LMS online ridurrà i costi di acquisizione e il personale IT della piattaforma online supporterà la manutenzione. Inoltre, LMS è in continuo sviluppo e aggiornamento,

Cloud vs ospitato

Queste opzioni sono importanti anche quando si implementa un LMS. Se viene adottata la variante HOST, il controllo LMS è disponibile esclusivamente per lo sviluppatore. Il vantaggio di questa opzione è che lo sviluppatore LMS avrà il pieno controllo dell'applicazione e potrà apportare tutte le modifiche che ritiene appropriate. Tuttavia, il controllo completo comporta anche responsabilità relative alla sicurezza dei dati e agli aggiornamenti disponibili per il server. La seconda variante, CLOUD, non fornisce il pieno controllo dell'applicazione ma solo il suo utilizzo. Dal punto di vista del processo di apprendimento e degli insegnanti / formatori questa opzione è la migliore considerando che tutta l'attenzione sarà data allo sviluppo dei corsi, presentazioni, video e casi studio pratici che gli utenti useranno.

Gratuito vs commerciale

LMS gratuiti sono disponibili in una varietà di soluzioni software. Se il budget assegnato allo sviluppo di LMS è piccolo, questa opzione è la migliore da considerare. Tuttavia, c'è un grosso svantaggio, vale a dire che l'installazione della piattaforma e la sua manutenzione saranno a carico del proprio personale. Si consiglia di acquistare una piattaforma LMS che offra un'ottima esperienza in termini di aspetto, interfaccia, accesso ai documenti, valutazione delle prestazioni, ecc.

Open source vs closed source

Il software open source (OSS) è distribuito in base a un contratto di licenza che consente la condivisione, la visualizzazione e la modifica del codice del computer da parte di altri utenti e organizzazioni. **Il software di origine penna è disponibile per il pubblico in generale per l'uso e la modifica dal suo design originale gratuitamente.** Ciò che significa è che un pezzo di software può evolversi ed essere iterato da altri sviluppatori in qualsiasi parte del mondo. Idealmente, ciò significa che il software è migliorato nel tempo, ma spesso può richiedere molte svolte e svolte interessanti con tutta questa evoluzione e può cambiare completamente forma e forma. Tuttavia, il software open source è vulnerabile agli sviluppatori canaglia che scelgono di rompere le cose a proprio vantaggio.

Il software closed source (CSM) può essere definito come software proprietario distribuito in base a un contratto di licenza ad utenti autorizzati con limitazioni private di modifica, copia e ripubblicazione. In generale, i principali fattori di differenziazione tra aperto e chiuso si riducono ad alcuni fattori:



Fig. 2.6 Differenziatori chiave tra OSS e CSM

3. Simulatori di saldatura

L'evoluzione tecnologica ha consentito l'utilizzo di simulatori per la formazione di apprendisti saldati al fine di ottenere le competenze necessarie per l'inserimento nel mercato del lavoro. La maggior parte dei simulatori moderni è gestita da un personal computer e utilizza un software, che consente una varietà di processi. Questi includono l'impostazione (ovvero la selezione dei materiali, il tipo di saldatura e le impostazioni di saldatura), la valutazione delle prestazioni e la fornitura di feedback, in linea con il secondo e il terzo principio di formazione. [5]

3.1. Sistemi di simulatori di saldatura

I simulatori di saldatura sono costruiti utilizzando tecnologie moderne come la realtà virtuale (VR) o la realtà aumentata (AR). Queste tecnologie forniscono la visualizzazione del simulatore e un feedback visivo. Nei sistemi VR, un display montato sulla testa (HMD) crea l'LVE. Il saldatore non può vedere la pistola e le superfici di saldatura effettive; invece, vedono una rappresentazione virtuale di questi proiettata sull'HMD. Nei sistemi AR, un'immagine

digitale o un'animazione viene sovrapposta all'immagine reale che può essere visualizzata attraverso i monitor. A differenza dei sistemi VR, nei sistemi AR, il saldatore può vedere la pistola e le superfici di saldatura con cui sta interagendo. In entrambi i sistemi VR e AR, le immagini virtuali vengono utilizzate per fornire un feedback visivo. Generalmente è incluso anche un monitor separato per consentire agli istruttori di visualizzare le prestazioni degli studenti e rivedere il feedback dopo il completamento della saldatura.



Fig. 3.1 Simulatori di saldatura AR e VR
a. Simulatore di saldatura AR [6], b. Simulatore di saldatura VR [7]

3.2. Realtà aumentata

La tecnologia di realtà aumentata (AR) consente il mescolando il mondo reale e virtuale. Le applicazioni AR possono tradurre quella particolare immagine codificata in un elemento virtuale sullo schermo. Alcune app per fotocamere includono anche l'opzione per aggiungere elementi virtuali a una foto, insieme a una certa misura di rilevamento 3D che consente loro di spostarsi nell'immagine come se facessero parte della scena. L'AR è una vista diretta o composita dal vivo di un ambiente fisico, reale, sovrapposto a elementi virtuali, che sono stati aumentati (migliorati) da input sensoriali generati dal computer come suoni, video, grafici o dati GPS. Le applicazioni più comuni conosciute dagli utenti sono legate ai codici di scansione QR e ai giochi come Pokemon Go.

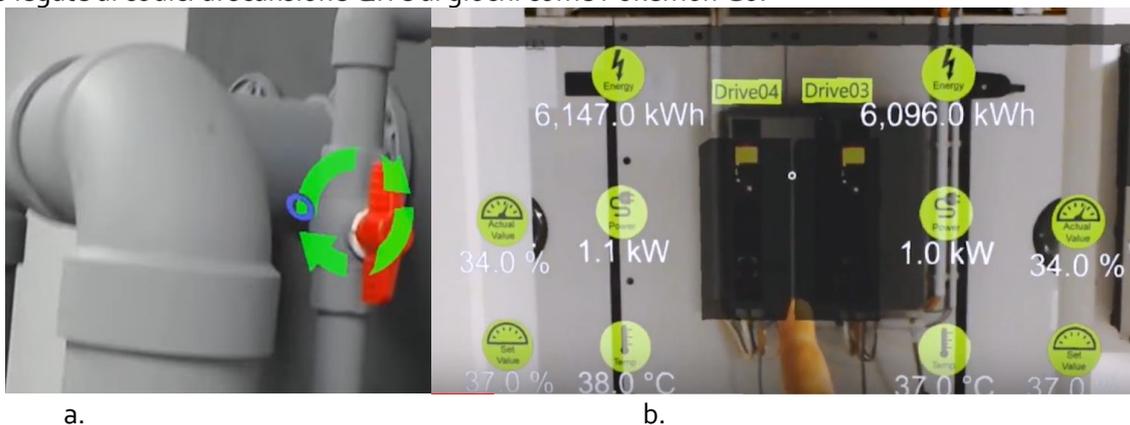


Fig. 3.2 Applicazioni della tecnologia AR
a. HoloLens Plant Maintenance, BEApplied Research, [8], b. Phoenix Contact -Realtà aumentata in uso per l'industria 4.0 e la tecnologia degli edifici, [9]

Il tre componenti principali della tecnologia AR sono: hardware, software e un server remoto.



Fig. 3.3 Architettura di base del sistema AR

Hardware

I componenti hardware di un sistema AR sono costituiti da un processore per scopi computazionali, un dispositivo di visualizzazione come Head Mounted Display (HMD), Smartphone Screen (SS), Eyeglass (EG), un dispositivo di input che può essere una webcam e sensori di posizione come GPS, giroscopio, accelerometro. Inoltre, per una migliore interattività, i sistemi AR dispongono di sensori.



Fig. 3.4 Display per applicazioni AR
un. HMD [10], b. SS [11], c. EG [12]

Software

Le immagini virtuali, utilizzate per la sovrapposizione sull'immagine reale dal vivo, possono essere generate utilizzando il software 3D. Il software può essere AutoCad3D, StudioMax o Cinema4D. I dati TC e MRI possono anche essere aggiunti al mondo reale. Inoltre, per sperimentare la realtà aumentata, l'utente finale deve scaricare un'applicazione software o un plug-in del browser.

Server remoto

Il server remoto è necessario per archiviare le immagini virtuali create utilizzando il software. Il server remoto può fornire immagini virtuali archiviate dal server web o cloud.

3.3. Realta virtuale

La tecnologia di realtà virtuale (VR) mira a creare un ambiente 3D realistico che l'utente possa percepire come reale. L'utente può anche interagire con in modo realistico. La LVE può essere creata su un computer con display o su un visore VR (HMD). Un visore VR può integrare componenti hardware e software e può includere solo componenti software ma, in questo caso, è necessario un computer. Un dispositivo VR completo dovrebbe contenere i componenti necessari per fornire la migliore esperienza.



Fig. 3.5 Sistema VR completo

Feed di contenuto

I feed di contenuto vengono forniti dall'hardware, in genere l'hardware di un computer, una console o un telefono. Questi sono i dati che compongono il mondo digitale e devono provenire da qualche parte. L'esperienza di formazione VR può essere ottenuta all'interno di una singola app o gioco. Inoltre, utilizzando le tecnologie VR, gli studenti possono comunicare e condividere i loro progetti o casi di studio. Secondo Google [13], significa contenuto VR una simulazione generata al computer di un'immagine o di un ambiente tridimensionale con cui può interagire in modo apparentemente reale o fisico una persona che utilizza un'apparecchiatura elettronica speciale, come un casco con uno schermo interno o guanti dotati di sensori.

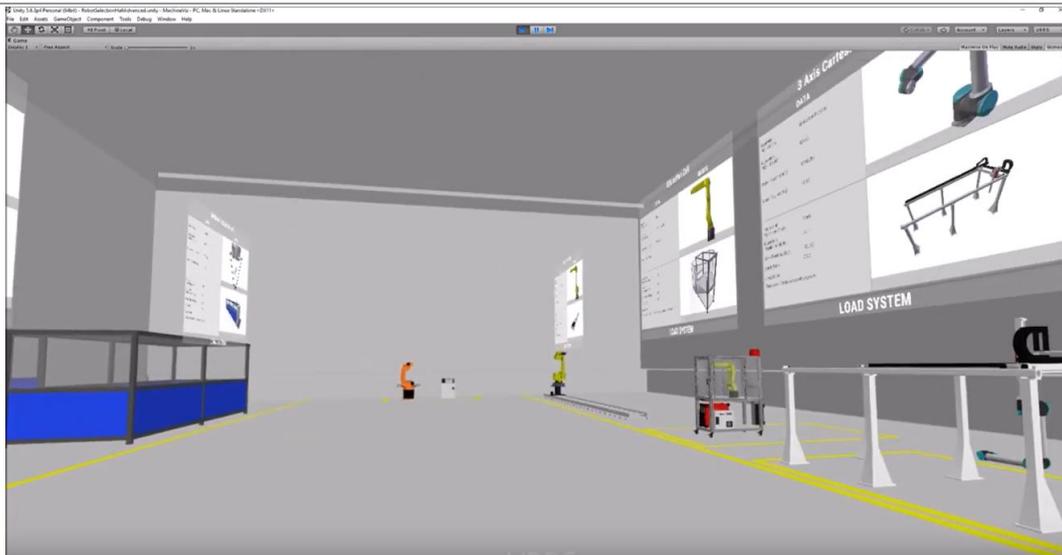


Fig. 3.6 Contenuto VR [14]

Controlli

I visori VR molto semplici consentono l'esplorazione e l'interazione di base con alcuni pulsanti situati sull'auricolare. Gli auricolari più avanzati offrono controller portatili (Nintendo Wii). I controller di offerta più avanzati che imitano i dispositivi reali, come la torcia di saldatura e gli elettrodi. Interagiscono direttamente con l'hardware che invia il feed.



Fig. 3.7 Controlli VR [15]

Visualizza

Il display è il punto in cui l'immagine VR viene espulsa ai tuoi occhi. Ai vecchi tempi, due display separati, uno per ciascun occhio, erano inclusi negli occhiali, e questo rimane un approccio popolare per headsets come Oculus Rift. Ma a causa del costo aggiuntivo e dei componenti, questo è meno comune in questi giorni. Molti auricolari economici utilizzano semplicemente lo schermo intero dello smartphone come display o un singolo schermo OLED. In realtà, i simulatori di saldatura VR utilizzano display integrati nel casco per saldatura per essere più vicini alla saldatura reale.



Fig. 3.8 Display per simulatori di saldatura VR
un. Smartphone semplice [16], b. Casco VR [17]

Lenti a contatto

Il ruolo delle lenti negli occhi umani è quello di alterare la luce in entrata in modo che si concentri sui nostri recettori nella parte posteriore degli occhi. La lente si piega a seconda della distanza tra gli occhi e l'oggetto su cui si sta concentrando. Se l'utente guarda qualcosa di molto vicino, le sue lenti devono piegarsi molto per darti un'immagine nitida. Se l'utente guarda qualcosa in lontananza, l'obiettivo non ha bisogno di piegarsi molto. Molti auricolari includono lenti che aiutano a mettere a fuoco gli occhi sullo schermo in modo che sembri che l'utente stia guardando in un ambiente reale. Questo è ciò che consente alla realtà virtuale di funzionare su schermi singoli come gli smartphone. Le versioni più avanzate consentono anche la regolazione dell'obiettivo, che è molto importante sia per l'affaticamento degli occhi che per il realismo.

Campo visivo

Un campo visivo perfetto sarebbe, ovviamente, di 360 gradi. Poiché ciò non è possibile su un auricolare, la maggior parte dei creatori di auricolari VR si accontenta di circa 100-120 gradi, il che aiuta a migliorare l'immersione. Tuttavia, se le immagini virtuali vengono generate sui monitor, è possibile ottenere la vista a 360 gradi.

Frequenza dei fotogrammi

Più alto è il frame rate, migliore è l'immersione, quindi l'obiettivo qui è spesso da 60 FPS a 120 FPS e un potente hardware per il backup. Esperienze meno ambiziose potrebbero non preoccuparsi molto del frame rate, ma se inizia a rallentare, tutta l'immersione è persa e spesso ne derivano mal di testa.

Sensori di tracciamento

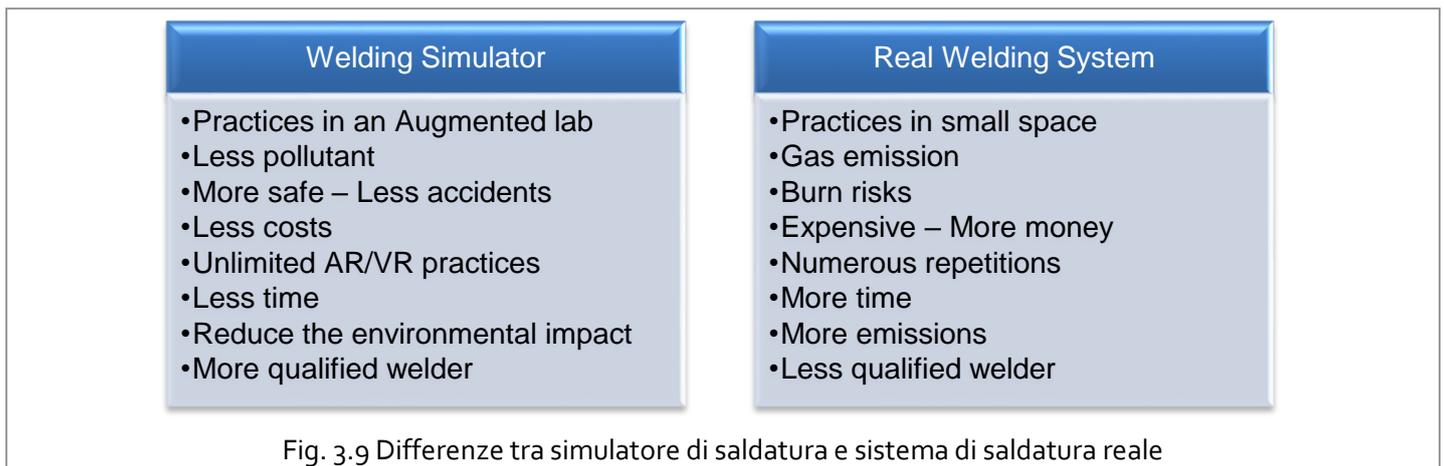
Gli auricolari avanzati devono sapere quando l'utente muove la testa, le mani e persino il corpo, in modo che possano spostare il feed dei contenuti in modo simile. Quindi gli auricolari sono dotati anche di sensori di movimento sull'auricolare e talvolta anche su hardware aggiuntivo per mappare il tuo spazio. La maggior parte dei sensori di tracciamento utilizza campi magnetici che richiedono una fonte di alimentazione aggiuntiva per generare la corrente richiesta per il funzionamento.

Audio

L'audio viene fornito come parte del feed di contenuto nell'auricolare stesso o come feed separato che utilizza un auricolare altoparlante aggiuntivo che l'utente deve indossare.

3.4. Differenza tra simulatore di saldatura e sistema di saldatura reale

L'uso della simulazione di saldatura presenta molte differenze rispetto al sistema di saldatura reale. La tabella seguente mostra quelli più rilevanti:



3.5. Allestimento di simulatori di saldatura

Possiamo trovare diverse configurazioni a seconda del produttore che scegliamo. In tutti i casi, il simulatore di saldatura include un manuale utente completo (pdf-doc, online o entrambi). Questi tendono ad essere più o meno ampi a seconda dei vantaggi che offrono. Ad esempio, la prima e una delle soluzioni di simulazione di saldatura più complete denominata "SOLDAMATIC" include un manuale di istruzioni con una sezione dedicata sulle attività di configurazione. Normalmente queste attività sono raggruppate in:

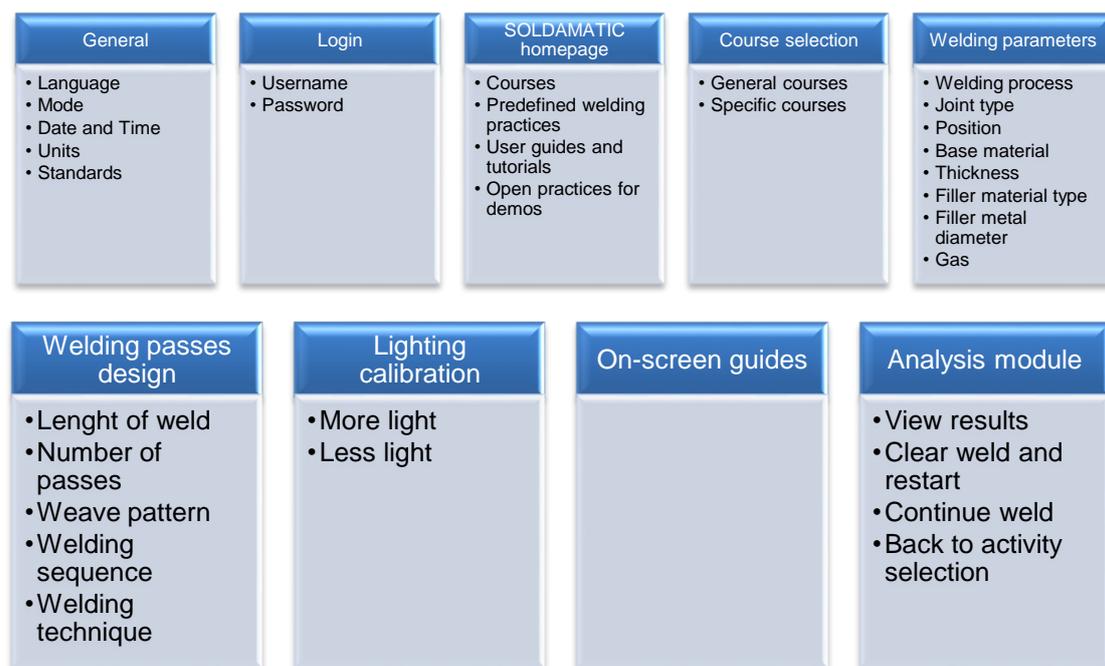


Fig. 3.10 Set-up simulatore di saldatura SOLDAMATIC

BIBLIOGRAFIA UNITARIA

[1] Savu SV - Simulatore di saldatura, strumento digitale alternativo per la formazione pratica dei futuri saldatori, ASR Conference, Buzau, 2015

[2] Esempio open source (basato su Moodle): <https://themefisher.com/moodle-bootstrap-themes/>

[3] Prodotto LMS disponibile in commercio: <https://learnbox.co.za/off-the-shelf-lms/>

[4] Università di Craiova, LMS - <https://ciso1.central.ucv.ro/evstud/>

[5] Susannah J. Whitney, Ashley KW Stephens - Uso della simulazione per migliorare l'efficacia dell'addestramento alla saldatura dell'esercito, Commonwealth of Australia, 2014

[6] Soldamatic - Addestramento aumentato per la saldatura, <http://www.soldamatic.com/soldamatic2018/>

- [7] Lincoln Electric - VRTEX360 Virtual Welding Trainer, <https://www.lincolnelectric.com/en-gb/equipment/training-equipment/vrtex360/pages/vrtex-360.aspx>
- [8] BEApplied Research, HoloLens Plant Maintenance, <https://www.youtube.com/channel/UCdXVL3uTXP-icWKB7K2Yivw>
- [9] Phoenix Contact - Realtà aumentata in uso per l'industria 4.0 e la tecnologia degli edifici, <https://www.youtube.com/watch?v=UHW12bLH7U>
- [10] Lily Prasuethsut, Meta pensa che Pokémon Go sia perfetto per le cuffie AR, <https://www.wearable.com/ar/meta-pokemon-go-2962>
- [11] Rapporti di settore, mercato globale della realtà aumentata per testimoniare una crescita di pronuncia durante il 2024 - Principali attori chiave come Google Inc., Microsoft Corporation, Vuzix Corporation, Samsung Electronics Co., Ltd., Qualcomm Inc., Oculus VR, LLC, EON Reality, Inc . Infinity Augmented Reality Inc e altri, <https://industryreports24.com/430907/global-augmented-reality-market-to-witness-a-pronounce-growth-during-2024-top-key-players-like-google-inc-microsoft-corporation-vuzix-corporation-samsung-electronics-co-ltd-qualcomm-i/>
- [12] Husain Sumra, I migliori occhiali per realtà aumentata del 2019: Snap, Vuzix, Microsoft, North e altro, <https://www.wearable.com/ar/the-best-smartglasses-google-glass-and-the-rest>
- [13] Google, <https://virtualrealitypop.com/what-is-real-vr-content-3e66e3810894>
- [14] MindRend Technologies, simulatore di robotica VR, <https://www.youtube.com/channel/UCDWYIOAzV8qIhxa4yXbjmpQ>
- [15] Fronius Virtual Welding, <http://www.funworld.com/en/funworldtech/projects-and-partners/fronius-virtual-welding>
- [16] Salda simulatore VR, <http://weld-vr.com/en/>
- [17] Lincoln Electric VRTEX 360, <https://www.lincolnelectric.com/de-de/support/application-stories/Pages/Pitt-Community-College.aspx>

GLOSSARIO

Comprende i concetti principali, nuovi e / o complessi visti nell'unità, come un dizionario. Questo tipo di risorsa è importante soprattutto quando il corso è rivolto a studenti senza conoscenza della materia. Le voci del glossario sono ordinate alfabeticamente.

Welding Processes – Saldatura GMAW

1.1 Nome del corso

Saldatura GMAW

1.2 Durata del corso

5 ore

1.3 Scopo del corso

In questa unità vengono mostrati articoli specifici relativi al processo di saldatura GMAW, specificamente correlati alle apparecchiature di saldatura, ai parametri di saldatura, alle tecniche di saldatura tipiche e ai metalli d'apporto utilizzati.

Lo studente in questa unità apprenderà nozioni su attrezzature, parametri, tecniche di saldatura; questo gli consentirà di migliorare la conoscenza del processo di saldatura GMAW.

1.4 Obiettivi del corso

Conoscenza	Competenze	Atteggiamenti
Assumere competenze generali sul processo di saldatura GMAW	Introduzione generale sul processo di saldatura GMAW	Gli studenti dovranno, durante il corso, dimostrare good la collaborazione con insegnanti e compagni di classe, al fine di migliorare la conoscenza e condividere informazioni.
Identificare i componenti principali dell'attrezzatura di saldatura e conoscere la sua manutenzione	Identificare i componenti della saldatrice Identificare la competenza generale sulla manutenzione	
Migliora la competenza nella misurazione dei parametri di saldatura	Identificare i parametri principali del processo di saldatura GMAW Misura e controllo dei parametri di saldatura	
Migliora la competenza sui gas di protezione	Identifica i gas di protezione Scelta del corretto gas di protezione e delle sue principali proprietà	
Migliora la competenza sul metallo d'apporto	Identifica la differenza sul metallo d'apporto Scegliere il metallo d'apporto corretto come conseguenza delle proprietà del giunto	
Identificare modalità di trasferimento sul processo di saldatura GMAW	Applicare diverse modalità di trasferimento al processo di saldatura Scegliere la modalità di trasferimento corretta in base al tipo di saldatura	
Identificare diverse tecniche di saldatura, con spiegazioni specifiche sul modo corretto di saldatura	Assumere competenza su diverse tecniche di saldatura	

	Conoscere la corretta tecnica di saldatura in diverse posizioni di saldatura	
Migliora la competenza nella pratica della saldatura	Impara a preparare un pezzo Avere competenza sui principali difetti di saldatura e su come evitarli	

1.5 Contenuti

1. Introduzione

- 1.1 Caratteristiche principali
- 1.2 Componenti principali

2. Attrezzatura

- 2.1 Fonte di alimentazione per saldatura
- 2.2 Alimentatore filo
- 2.3 Torcia
- 2.4 Punta di contatto e sporgenza
- 2.5 Ugello
- 2.6 Cavo di massa

3. Misurazione dei parametri di saldatura

- 3.1 Tensione e corrente
- 3.2 Velocità di traslazione
- 3.3 Calcolo della portata termica
- 3.4 Flusso del gas di protezione

4. Materiali di consumo

- 4.1 Gas di protezione
- 4.2 Saldatura con gas inerte
- 4.3 Saldatura con gas attivo

5. Fili

- 5.1 Fili rigidi
- 5.2 Fili animati

6. Parametri e modalità di trasferimento

7. Tecnica

- 7.1 Parametri
- 7.2 Posizione della torcia e sporgenza
- 7.3 Velocità di marcia e tecniche di tessitura

8. Pratica di saldatura

- 8.1 Preparazione del pezzo

- 8.2 Innesco dell'arco
- 8.3 Tecnica di saldatura
- 8.4 Fine saldatura
- 8.5 Riavvio della saldatura

1.6 Partecipanti

Caratteristiche dello studente:	Competenze tecniche di base
---------------------------------	-----------------------------

1.7 Requisiti di accesso

Requisiti del livello di istruzione:	Studenti di scuole di formazione professionale
Conoscenza precedente necessaria	Conoscenza di base nella saldatura
Requisiti di età:	16 e 20 anni

1.8 Attività di valutazione

Valutazione sommativa: nulla richiesto

1.9 Bibliografia (usata o supplementare)

[1] Corso generale sulla saldatura GMAW: materiale didattico IIS

NUMERO UNITÀ: Unità didattica 2**TITOLO UNITÀ:** *Saldatura ad arco metallico con gas (GMAW)***PRESENTAZIONE DELL'UNITÀ**

La presente unità di apprendimento mostra elementi specifici relativi al processo di saldatura GMAW, specificamente correlati alle apparecchiature di saldatura, ai parametri di saldatura, alle tecniche di saldatura tipiche e ai metalli d'apporto utilizzati.

Lo studente in questa unità apprenderà nozioni su attrezzature, parametri, tecniche di saldatura; questo gli consentirà di migliorare la conoscenza del processo di saldatura GMAW.

OBIETTIVI

Gli obiettivi dell'unità didattica sono:

- Assumere competenze generali sul processo di saldatura GMAW
- Identificare i componenti principali dell'attrezzatura di saldatura e conoscere la sua manutenzione
- Identificare modalità di trasferimento sul processo di saldatura GMAW
- Migliora la competenza nella pratica della saldatura

CONTENUTI**7. introduzione**

- 7.1. Principali caratteristiche
- 7.2. Componenti principali

8. Attrezzature

- 8.1. Fonte di alimentazione per saldatura
- 8.2. Trainafilo
- 8.3. Torcia
- 8.4. Punta di contatto e sporgere
- 8.5. Ugello
- 8.6. Cavo di massa

9. Misurazione dei parametri di saldatura

- 9.1. Tensione e corrente
- 9.2. Velocità di viaggio
- 9.3. Calcolo della portata termica
- 9.4. Flusso del gas di protezione

10. Materiali di consumo

- 10.1. Gas di protezione
- 10.2. Saldatura con gas inerte
- 10.3. Saldatura con gas attivo

11. Fili

- 11.1. Fili solidi
- 11.2. Fili animati

12. Parametri e modalità di trasferimento

13. Tecnica

- 13.1. Parametri
- 13.2. Posizione della torcia e sporgenza
- 13.3. Velocità di viaggio e tecniche di tessitura

14. Pratica di saldatura

- 14.1. Preparazione del pezzo
- 14.2. Innesco dell'arco
- 14.3. Tecnica di saldatura
- 14.4. Fine della saldatura
- 14.5. Riavvio della saldatura

SVILUPPO DEI CONTENUTI

1. Introduzione

La saldatura ad arco metallico è un processo in cui il calore è generato da un arco che viene innescato tra un filo consumabile e il pezzo. Di conseguenza, il filo svolge sia come funzione di elettrodo sia come funzione di fornire materiale al giunto, poiché il passaggio della corrente ne provoca la fusione e viene continuamente alimentato nella zona di saldatura da una torcia (fig.1).

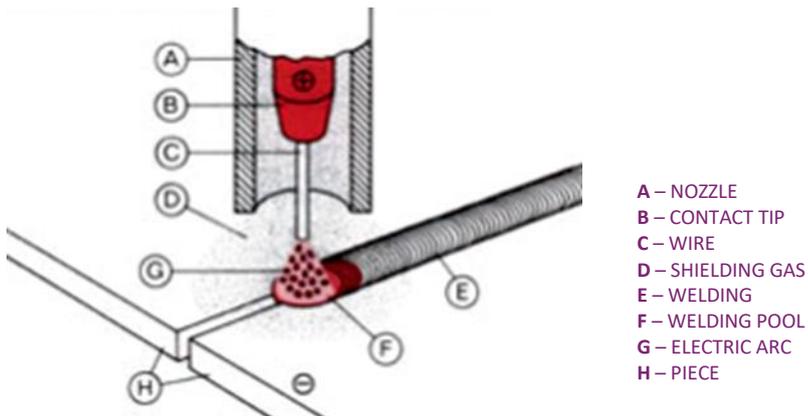


Fig.1: schema di saldatura ad arco gas metallo

Questo filo può essere pieno o animato, cioè costituito da un elettrodo tubolare che contiene al suo interno un particolare flusso, che può avere caratteristiche differenti in base alla destinazione d'uso (figura 2).

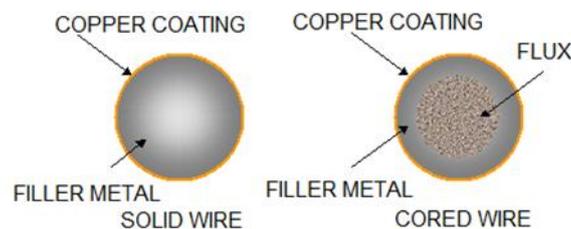


Fig.2: filo di saldatura pieno e animato

L'atmosfera protettiva necessaria per far funzionare l'arco elettrico e per evitare la contaminazione della saldatura da parte dell'atmosfera può essere fornita da un gas che fluisce dalla torcia (saldatura sotto protezione gas) o direttamente dal filo animato, così come avviene per elettrodi rivestiti (saldatura senza protezione gas).

Di conseguenza, sono disponibili diverse versioni di questo processo, come indicato dalla seguente tabella che mostra, oltre ad una descrizione sintetica, la classificazione secondo gli standard internazionali (EN ISO 4063: 2010) e secondo la terminologia americana AWS A3.0.

Description	Classification	
	EN ISO 4063	AWS A3.0
Solid welding wire with inert shielding gas (MIG – Metal Inert Gas)	131	<i>GMAW</i>
Solid welding wire with active shielding gas (MAG – Metal Active Gas)	135	<i>GMAW</i>
Flux cored arc welding (flux cored), with active shielding gas	136	<i>FCAW-G</i>
Flux cored arc welding (metal), with active shielding gas	138	<i>FCAW-G</i>
Flux cored arc welding without shielding gas	114	<i>FCAW-S</i>

Questo processo di saldatura può essere utilizzato anche in modalità semiautomatica, quando il saldatore maneggia la torcia, sia in modalità automatica che robotizzata, quando la torcia viene movimentata tramite appositi sistemi (travi motorizzate, robot di saldatura, ecc.). Di conseguenza, la saldatura ad arco metallico rappresenta uno dei processi di saldatura più applicati, grazie soprattutto all'elevata produttività che si può ottenere a causa delle elevate correnti e delle grandi quantità di materiale che possono essere depositate in continuo e senza interruzioni.



Fig.3: saldatura parzialmente meccanizzata e fully meccanizzata

1.2 Componenti principali

La figura 3 mostra lo schema di un impianto di saldatura per saldatura protetta da gas. Comprende un generatore, un dispositivo trainafilo, un tubo flessibile di alimentazione della torcia (generalmente lungo 3 m) e una torcia di saldatura.

In particolare, l'acqua di raffreddamento della torcia, utilizzata per correnti di saldatura elevate, il gas di protezione (se previsto) e per alcune applicazioni particolari, vengono aspirati anche i fumi di saldatura attraverso il tubo di alimentazione della torcia.

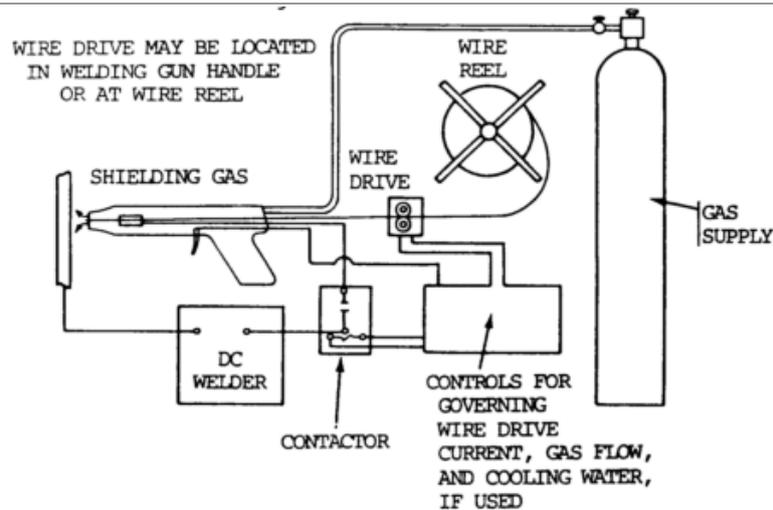


Figure 10-45. MIG welding process.

Fig.4: saldatrice a filo

Questi elementi e il loro funzionamento saranno descritti in dettaglio nei capitoli successivi, dove verranno anche riportate le caratteristiche dei materiali di consumo, le tecniche esecutive ed i principali aspetti di sicurezza e prevenzione degli infortuni.

2. Attrezzatura

2.1 Fonte di alimentazione per saldatura

Nella saldatura ad arco gas metallo, la particolarità di avere un filo che viene condotto automaticamente alla torcia, ad esempio senza il controllo diretto della saldatrice, determina la necessità di avere alimentatori a tensione costante; ciò è legato sia al fatto che l'attivazione dell'arco è possibile anche per valori modesti della tensione a vuoto, sia al fatto che questa caratteristica permette, grazie al particolare sistema di funzionamento del processo, di mantenere la corrente di saldatura strettamente legata alla velocità di avanzamento del filo.

Di conseguenza nei generatori per saldatura a filo non è presente il comando di corrente (misurata in Ampère), poiché questa viene impostata direttamente con la velocità di avanzamento del filo, mentre è presente un comando di regolazione della tensione (misurata in Volt), che agisce sul generatore caratteristica di funzionamento (fig.5).

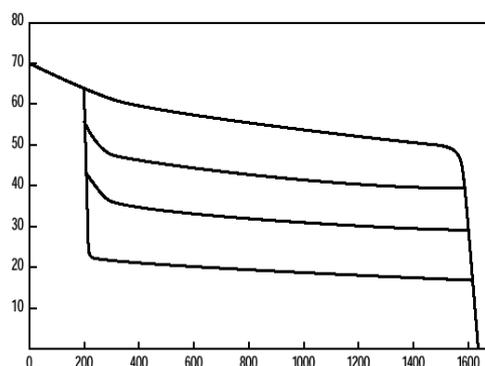


Fig.5: curva caratteristica di un generatore di saldatura

Per quanto riguarda invece le tipologie di sorgenti di alimentazione, possiamo considerare le dinamo (ormai non più utilizzate), i trasformatori-raddrizzatori (più economici e affidabili) e le macchine o inverter a controllo elettronico (più costosi e leggeri).

Queste ultime, in particolare, sono macchine caratterizzate da peso e dimensioni relativamente contenute, unite ad una notevole versatilità, poiché consentono saldature con tecniche particolari (ad esempio l'arco pulsato - vedi

capitolo 4) e con una gestione automatica dei parametri. Va però considerato che queste macchine possono spesso presentare maggiori difficoltà nell'utilizzo dei comandi, in quanto questi sono generalmente complessi, per cui generalmente vengono utilizzati programmi preimpostati dal costruttore.

Per quanto riguarda la modalità di alimentazione dell'arco, la corrente alternata è usata raramente, che causa instabilità di funzionamento dell'arco a causa delle fluttuazioni di corrente e tensione, mentre è preferibile l'uso della corrente continua inversa di polarità (o DC inversa), ad esempio con la polarità positiva collegata alla pinza e quella negativa collegata al pezzo, che garantisce un funzionamento più stabile e un migliore trasferimento del materiale di riempimento dall'elettrodo alla piscina.

2.2 Alimentatore filo

Il dispositivo trainafilo è uno degli elementi più importanti per l'apparecchiatura; infatti deve consentire un avanzamento regolare del filo all'interno della linea che porta alla torcia, attraverso la torcia stessa e fino all'arco elettrico. Un malfunzionamento del sistema (inceppamento del filo, velocità del filo irregolare) porterebbe sicuramente al sorgere di difficoltà operative o addirittura di difetti di saldatura.

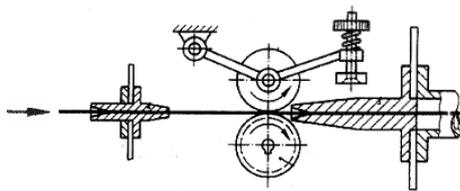


Fig.8: sistema di alimentazione del filo

In alcuni casi, ad esempio durante la saldatura con materiali morbidi (come l'alluminio) o con lunghezze dei tubi di alimentazione della torcia particolarmente elevate (es. Sopra i classici 3 metri), sulla torcia può essere presente anche il motore di avanzamento (sistemi push-pull), da cui sarà anche possibile regolare la velocità di avanzamento del filo.

Fondamentale, infine, la scelta della pressione da esercitare sul filo tramite la molla di contatto e la geometria dei rulli, per non deformare il filo evitando di conseguenza l'inceppamento dello stesso all'interno della linea filo. La figura 9 mostra due geometrie tipiche dei rulli utilizzati per la saldatura di acciai e alluminio.

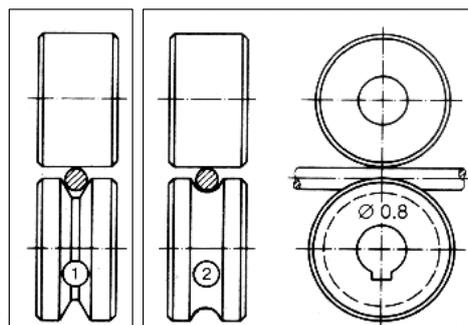


Fig.9: diverso sistema di alimentazione per acciaio (sinistra) e alluminio (destra)

2.3 Torcia

Esistono diversi tipi di torce; tuttavia i più comuni sono quelli a "collo d'oca", come quello presentato in figura 10.

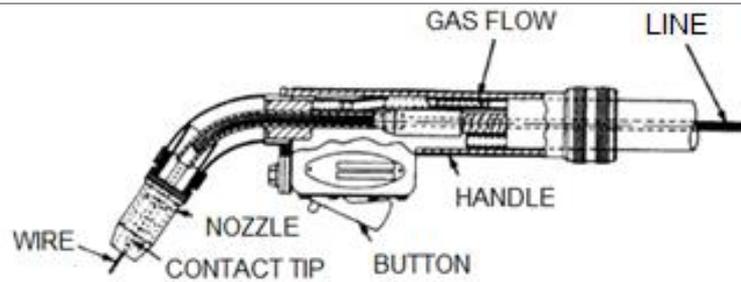


Fig.10: torcia

Quando si utilizzano valori di corrente elevati, le torce sono anche caratterizzate da sistemi di raffreddamento ad acqua per evitare il surriscaldamento della torcia.

2.4 Punta di contatto e sporgenza

La punta di contatto (figura 11) ha lo scopo di condurre regolarmente il filo e di portare l'alimentazione elettrica al filo; è quindi particolarmente importante che questo dispositivo abbia un diametro corrispondente al filo utilizzato (generalmente è costruito con diametri dei fori maggiori di qualche decimo di millimetro rispetto al filo), e non presenti un'usura eccessiva.

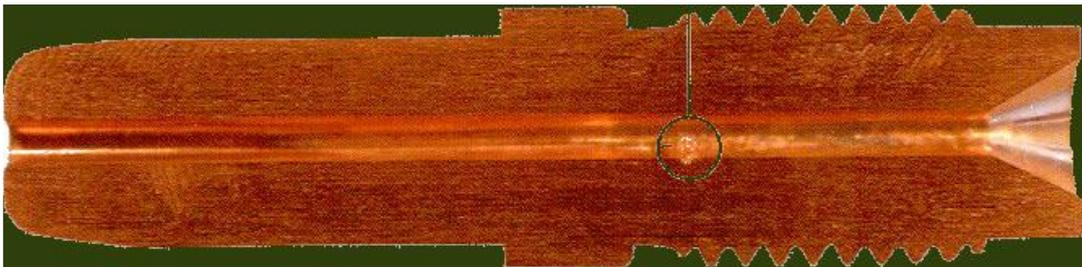


Fig.11: punta di contatto

Si noti inoltre che solo il tratto di filo che va dalla punta di contatto all'arco elettrico è attraversato da una corrente (fig. 12); questa sezione viene definita sporgenza o lunghezza libera del filo ed è particolarmente importante nella saldatura, in quanto influisce direttamente sulla corrente di saldatura e di conseguenza sulla penetrazione (che diminuisce all'aumentare di questo parametro).

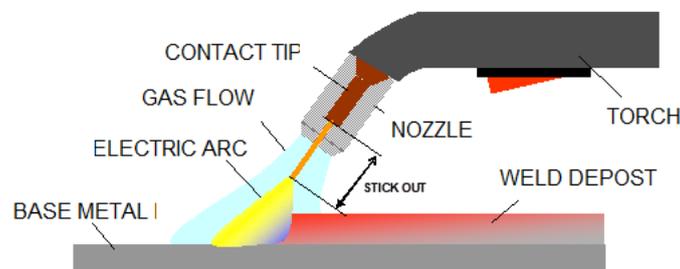


Fig.12: sporgere

Questo parametro è gestito direttamente dal saldatore, che ne aumenta l'estensione semplicemente togliendo la torcia (diminuendo di conseguenza la corrente e la profondità di penetrazione) e diminuendone l'estensione agendo viceversa.

2.5 Ugello

L'ugello del gas di protezione può avere diametri diversi a seconda della portata del gas e lunghezze variabili, poiché sono necessari ugelli più lunghi quando si saldano con valori di stick out particolarmente elevati.

Infine, è molto importante evitare che durante il periodo di saldatura si verifichi periodicamente lo stato dell'ugello, al fine di evitare il blocco dell'ugello dovuto a schizzi di materiale (che si presentano come una serie di "pallini" incollati), in ordine per garantire un flusso laminare di gas di protezione, riducendo così il rischio di porosità nel bagno di saldatura.

In generale possono essere disponibili in commercio anche ugelli di diverse lunghezze, in quanto quelli con maggiori estensioni sono utili per proteggere il bagno di saldatura quando si lavora con valori di stick out elevati.

2.6 Cavo del pezzo

Il cavo di massa collega il generatore al pezzo, chiudendo così il circuito elettrico. Di conseguenza, si applicano le seguenti considerazioni:

- poiché nel circuito non devono verificarsi perdite di corrente, che comporterebbero una perdita di efficienza del processo, il collegamento del pezzo deve essere sempre saldamente fissato al pezzo (sono fortemente raccomandati attacchi forti, come elementi metallici semplicemente appoggiati sui pezzi, o prese di massa collegata alla dima di posizionamento);

- poiché nel piombo scorre la stessa intensità di corrente utilizzata per la saldatura, è consigliabile che il cavo del pezzo in lavorazione abbia una sezione adeguata ed anche in buono stato e non sfilacciato o danneggiato;

- poiché il calore prodotto dal passaggio di corrente aumenta all'aumentare della corrente, il punto in cui viene posizionata la pinza del pezzo può essere soggetto a surriscaldamento, soprattutto se la pinza non è fissata correttamente.

Inoltre, il funzionamento dell'arco elettrico può essere soggetto a forti deviazioni, chiamate "colpo magnetico", dovute all'azione magnetica della corrente che passa dall'arco al pezzo, fino alla pinza del pezzo (fig. 13).

Ciò è generalmente possibile per qualsiasi tipo di materiale (sia magnetico che "amagnetico"), inoltre il fenomeno tende a svilupparsi con una certa facilità nel caso di una saldatura in prossimità di un'estremità del pezzo nella saldatura di acciai basso legati .

La conseguenza può essere un notevole disturbo per il saldatore, rendendo molto difficile il controllo del bagno di saldatura, e può portare all'insorgenza di gravi difetti di saldatura (es. Mancanza di fusione, inclusioni gassose).

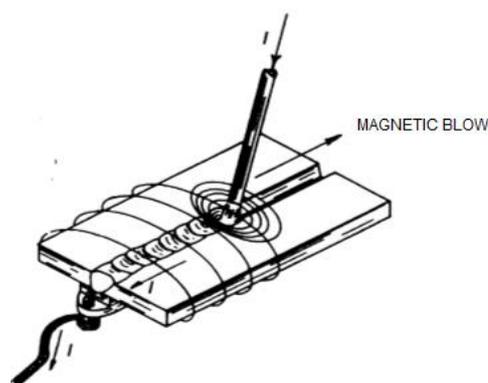


Fig.13: colpo magnetico

Per minimizzare il disturbo causato dal flusso magnetico (che si manifesta solo nella saldatura con corrente continua) è necessario posizionare correttamente le pinze del pezzo in modo da favorire situazioni in cui la corrente scorre in modo simmetrico attraverso il pezzo, come mostrato esempio dalla figura 14. In alternativa, è possibile considerare

l'alimentazione in corrente alternata che elimina il problema, anche se, come già accennato, possono sorgere problemi di instabilità dell'arco.

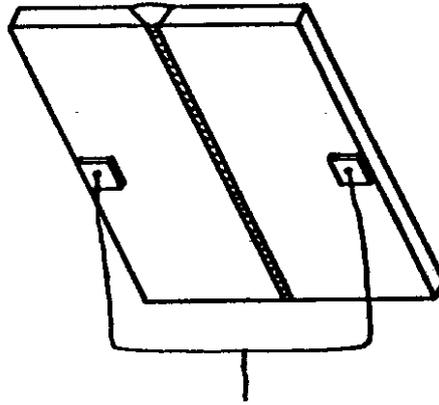


Fig 14 posizionamento dei morsetti del pezzo in lavorazione

3. Misurazione dei parametri di saldatura

Durante le operazioni di saldatura è importante valutare i parametri principali, al fine di verificare che questi siano quelli ottimali (ad esempio valutati con la qualificazione del procedimento di saldatura), ovviamente mantenuti entro opportune tolleranze.

3.1 Tensione e corrente

Gli strumenti per misurare questi parametri di saldatura sono:

- il voltmetro (per misurare la tensione, in Volt)
- l'amperometro (per misurare la corrente, in Ampere)

Questi strumenti sono generalmente incorporati nelle saldatrici, anche se per applicazioni specifiche (ad esempio la qualificazione del processo di saldatura) può essere necessario utilizzare strumenti separati, di maggiore precisione ed eventualmente opportunamente tarati.

La figura successiva mostra la pinza Volt-Amperometrica, che è sicuramente lo strumento più utilizzato per queste operazioni.



Fig.6: pinza voltamperometrica

3.2 Velocità di traslazione

Questo parametro è generalmente misurato in centimetri di saldatura eseguita in un minuto.

La misura è quindi abbastanza comoda, in quanto è sufficiente misurare la distanza percorsa con un centimetro durante un minuto di saldatura, segnato da un cronometro.

3.3 Calcolo della portata termica

Un parametro molto importante dal punto di vista della saldatura è il cosiddetto "apporto termico specifico", indicazione di quanto il giunto viene riscaldato durante la saldatura. Dipende dai parametri di tensione e corrente e dalla velocità di saldatura.

L'apporto termico è generalmente indicato dal simbolo Q_1 , o dalla sigla HI e si misura in Joule per centimetro [J / cm]; è derivato dalla seguente formula:

$$Q_1 = \frac{\text{Volt} \times \text{Ampere}}{\text{cm/min}} \times 60$$

Ad esempio, la saldatura con una corrente di 300 ampere, una tensione di 24 volt e una velocità di saldatura di 36 cm / min produce un apporto di calore di 12.000 J / cm a volte espresso come 12 kJ / cm o 1,2 kJ / mm.

Tuttavia, alcune normative, come EN 1011 e EN ISO 15614, considerano un fattore moltiplicativo di 0,8 per calcolare l'apporto di calore, per valutare la quantità di calore dissipato durante la saldatura nel riscaldamento a gas e la quantità di luce emessa. In questo caso, con riferimento all'esempio precedente, si ottiene un apporto termico di 9600 J / cm (o 0,96 kJ / mm).

3.4 Flusso del gas di protezione

La portata del gas di protezione viene generalmente impostata agendo sul flussometro posto vicino alla bombola del gas o al collegamento alla linea di alimentazione del gas.

Inoltre può essere effettuato, prima della saldatura, utilizzando un semplice strumento (chiamato flussometro portatile), che si appoggia direttamente sulla torcia. È costituito da un tubo trasparente, che presenta una scala graduata, all'interno del quale una piccola sfera d'acciaio viene spinta dal gas di protezione, indicando così una portata (fig.7).

È molto importante che questo strumento sia quello previsto per il tipo di gas di protezione considerato, al fine di avere una misura affidabile della portata. Ad esempio, la figura 7 mostra un flussometro che mostra due scale, una per il gas di protezione Ar e una per il gas CO₂.



Fig 7: flussometro portatile

4. Materiali di consumo

4.1 Gas di protezione

Durante la saldatura, il gas di protezione proveniente dalla torcia svolge due compiti essenziali:

- favorisce il funzionamento dell'arco elettrico di saldatura, creando un'atmosfera più stabile dell'aria;

- protegge il bagno di saldatura dall'aria, le cui caratteristiche potrebbero essere anche gravemente compromesse da elementi quali ossigeno, idrogeno, azoto, ecc.

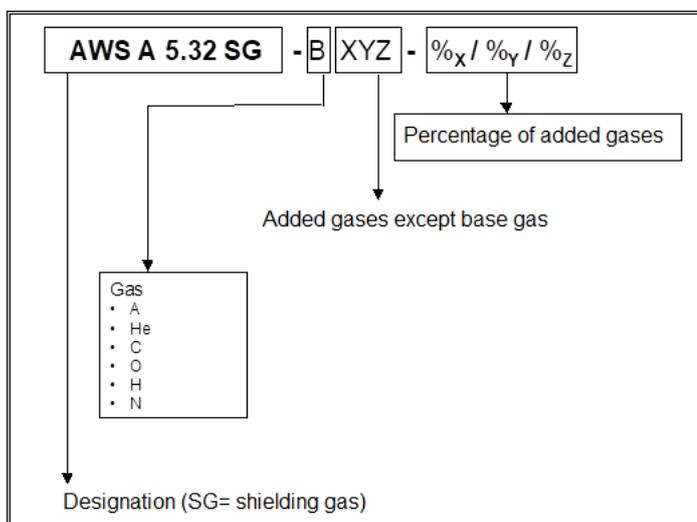
Nel caso in cui invece si utilizzino fili per saldature senza gas, invece il flusso contenuto nei fili genererà una opportuna atmosfera gassosa, il cui effetto sarà in linea di principio equivalente a quello del gas di protezione esterno.

In generale, i gas di saldatura possono essere suddivisi in due categorie principali:

- gas inerti, che sono argon (simbolo chimico Ar), elio (simbolo chimico He), o miscele tra i due gas;
- gas attivi, che sono tutte miscele contenenti anche piccolissime percentuali di gas diversi dall'argon e dall'elio, quali anidride carbonica (simbolo chimico CO₂), ossigeno (indicato dal simbolo O₂), azoto (indicato dal simbolo N₂) o idrogeno (indicato dal simbolo H₂); rientra in questa categoria anche l'anidride carbonica pura, spesso utilizzata nella saldatura con fili animati.

Nella tabella è riportato un estratto della norma europea EN ISO 14175, relativa alla classificazione dei gas utilizzati per la saldatura e il taglio dei materiali metallici, che sarà discussa in dettaglio nei paragrafi successivi.

Symbol		Elements in %						Notes
Group	Ident.	Oxidizing		Inerts		Reducing	Not reactive	
		CO ₂	O ₂	Ar	He	H ₂	N ₂	
R	1			Bal.		0÷15		Reducing
	2			Bal.		15÷35		
I	1			100				Inert
	2				100			
	3			Bal.	0÷95			
M1	1	0÷5		Bal.				Lightly oxidizing
	2	0÷5		Bal.				
	3		0÷3	Bal.				
	4	0÷5	0÷3	Bal.				
M2	1	5÷25		Bal.				Oxidizing
	2		3÷10	Bal.				
	3	0÷5	3÷10	Bal.				
	4	5÷25	0÷8	Bal.				
M3	1	25÷50		Bal.				Highly oxidizing
	2		10÷15	Bal.				
	3	5÷50	8÷15	Bal.				
C	1	100						Oxidizing
	2	Resto	0÷30					
F	1						100	Not reactive
	2					0÷50	Resto	Reducing



4.2 Saldatura con gas inerte

Nella saldatura a filo pieno, utilizzando gas inerti, viene utilizzato anche il termine MIG (acronimo di Metal Inert Gas) per indicare questo processo di saldatura.

Questi gas sono caratterizzati dall'effetto minimo sul bagno di saldatura come:

- sono insolubili nel bagno di fusione, riducendo il rischio di porosità solo a contaminazione dell'atmosfera del bagno di saldatura da parte dell'aria o dello sporco presente sui bordi
- sono inerti dal punto di vista chimico, quindi qualunque sia la composizione del filo, si ritrova inalterato nel deposito
- generare un arco stabile.

Dato l'elevato costo di questi gas, il loro utilizzo è limitato ai casi in cui è assolutamente necessario, come ad esempio nella saldatura dell'alluminio e delle leghe leggere.

Le caratteristiche della saldatura sono comunque influenzate dalle percentuali di argon ed elio contenute, come di seguito descritto.

Saldatura con Argon puro (EN ISO 14175 - I1)

Le caratteristiche di questo gas consentono una buona stabilità dell'arco e, di conseguenza, una notevole regolarità nel trasferimento del materiale d'apporto.

Dal punto di vista operativo questo gas permette di avere un bagno di saldatura a freddo, cioè poco fluido, e quindi più facilmente gestibile. Inoltre il gas è più pesante dell'aria e di conseguenza è necessario, a seconda delle condizioni operative:

- in caso di saldatura in posizione PC frontale, saldare con la torcia leggermente inclinata verso l'alto (di alcuni gradi), per garantire un'efficace protezione della parte superiore della vasca;
- in posizione overhead, utilizzare portate di gas leggermente aumentate per compensare la caduta del gas.

L'argon determina infine una forma del tipico cordone, con penetrazione "a dito" (fig. 16); data la scarsa larghezza del cordone possono verificarsi problemi di incollaggio anche per velocità di saldatura eccessivamente elevate.

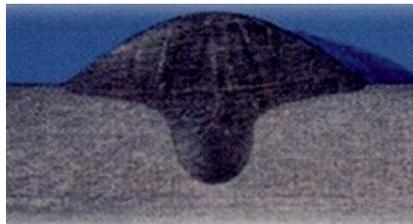


Fig.15: saldatura con Ar

Saldatura con elio puro (EN ISO 14175 - I2)

Le caratteristiche di questo gas rendono l'arco più instabile di quanto visto per l'argon; ciò significa che per ogni flusso di gas, la corrente richiesta per l'arco in un'atmosfera di elio è maggiore di quella in un'atmosfera di argon. Di conseguenza, essendo maggiore l'energia elettrica (o la potenza) consumata, si ottiene una vasca più calda, utile ad esempio su spessori elevati o quando si desidera lavorare con velocità di saldatura elevate.

L'elio ha densità inferiori a quella dell'argon, quindi:

- è necessaria una portata di gas doppia rispetto a quella dell'argon, per avere lo stesso effetto protettivo;
- in posizione overhead sono sufficienti flussi di gas leggermente inferiori al piano, grazie alla naturale risalita del gas verso l'alto;
- può essere utile, nella saldatura frontale PC, saldare con la torcia leggermente inclinata verso l'alto (di qualche grado), per garantire un'efficace protezione anche della parte inferiore della piscina

Infine, l'argon determina una forma del tipico cordone, con penetrazione "a calice" (fig. 16), situazione che permette di saldare anche ad alte velocità.

Data l'elevata potenza termica dell'arco con questo gas, viene utilizzato come gas puro di protezione negli impianti di saldatura automatica, dove sono possibili velocità esecutive più elevate. Infine, va sottolineato che l'elio costa circa il doppio dell'argon e, viste le portate più elevate che si rendono necessarie, il costo delle operazioni di saldatura è spesso molto elevato.



Fig.16: saldatura con He

Saldatura con miscele Argon - He (EN ISO 14175 - I3)

Lo scopo di queste miscele è quello di ottenere un compromesso tra i due gas sopra descritti; di conseguenza si ottengono buone penetrazioni (elio) ma con buone caratteristiche di trasferimento del materiale d'apporto (Argon).

Sono quindi disponibili in commercio miscele molto diverse, contenenti elio in percentuali che vanno generalmente dal 10% all'80%.

4.3 Saldatura con gas attivo

Nella saldatura a filo pieno, che utilizza gas attivi, viene utilizzato anche il termine MAG (acronimo di Metal Active Gas) per indicare questo processo di saldatura.

Tutti i gas che provocano un qualsiasi effetto sulla composizione chimica del bagno di saldatura sono gas attivi; pertanto tutti i gas o l'argon escluso, l'elio e le loro miscele sono considerati attivi.

In generale, l'utilizzo di gas attivi nella saldatura è legato all'ottenimento di effetti benefici in termini di produttività o facilità operativa della saldatura.

Saldatura con miscele pure a base di CO₂ o CO₂ (EN ISO 14175 - C1 e C2)

L'anidride carbonica può essere aggiunta, in percentuali molto elevate, per ottenere un bagno di saldatura più caldo e penetrante; quindi il gas consente velocità di saldatura molto elevate e di conseguenza elevata produttività.

Tuttavia, questo gas ha alcuni effetti negativi, tra cui:

- una certa instabilità dell'arco, quindi è difficile avere un trasferimento regolare del materiale di apporto e diversi schizzi nella saldatura
- contaminazione molto marcata del bagno di fusione (ossidazione), che rende la miscela inutilizzabile su materiali particolarmente ossidabili (es. acciai ricchi di cromo).

Per questi motivi questa atmosfera protettiva viene generalmente utilizzata solo con fili animati (che consentono una maggiore regolarità di deposito) e su acciai non legati.

Saldatura con miscele a base di gas inerti e con aggiunta di gas attivi (EN ISO 14175 - M11 e M34)

Data l'instabilità dell'utilizzo di miscele a base di anidride carbonica, spesso vengono utilizzate miscele argon-CO₂ per ottenere risultati di compromesso, riuscendo così ad ottenere una buona stabilità (spesso si utilizzano anche fili pieni) ed anche una buona produttività.

Nel caso di materiali facilmente ossidabili (come gli acciai inossidabili o tutti gli acciai ricchi di cromo), vengono utilizzate miscele di gas contenenti piccole percentuali di anidride carbonica (meno del 5%) per rendere la vasca più fluida e il trasferimento più regolare.

Oltre a quanto visto, altri gas possono essere presenti in piccole percentuali (mai più del 5% in totale), per alcuni scopi specifici:

- ossigeno, per levigare il cordone di saldatura e ridurre gli schizzi;
- idrogeno (solo per acciai inossidabili, di tipo austenitico); ottenere un cordone meno ossidato e velocità di saldatura più elevate;
- azoto (solo per acciai inossidabili austenitico - ferritici), utilizzato in piccolissime percentuali per ottenere specifici effetti metallurgici.

5. Fili

Nella saldatura a filo continuo, il materiale di apporto viene portato alla torcia dal motore di avanzamento che lo svolge da una bobina. Indipendentemente dal tipo di materiale e filo considerato, è importante lo svolgimento, che deve essere regolare, senza piegature, per evitare avanzamenti disomogenei o irregolari, che potrebbero causare eccessive fluttuazioni nei valori della corrente di saldatura (la corrente è correlata alla velocità di avanzamento del filo). In generale i fili sono rivestiti in rame o nichel, o comunque forniti con uno speciale trattamento superficiale per facilitare il contatto elettrico nel tubo conduttore di corrente ed anche, ove necessario, per evitare l'ossidazione del filo.

Come già accennato nel capitolo 1, è possibile distinguere tra fili pieni e animati, le cui caratteristiche verranno descritte nei paragrafi successivi; la tabella riporta, invece, i diametri attesi e le relative tolleranze, in base alla norma europea UNI EN 544.

DIAMETER [mm]	TOLERANCE [mm]	
	SOLID	CORED
0,6	+0,01 -0,03	-
0,8	+0,01 -0,04	
0,9		
1,0		
1,2		
1,4		±0,04
1,6		
1,8		
2,0		
2,4		
2,5	+0,01 -0,07	±0,06
2,8		
3,0		
3,2		
4		

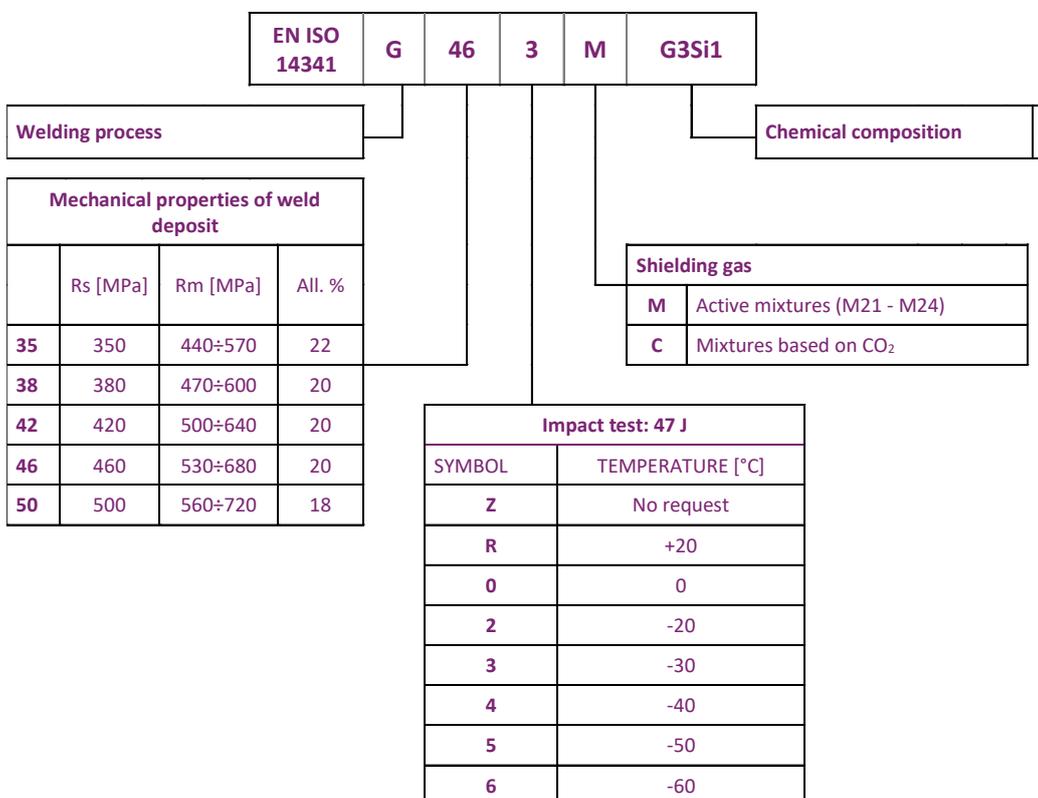
5.1 Fili rigidi

Nella saldatura a filo pieno, le caratteristiche del deposito sono direttamente correlate alla composizione chimica del filo. Di conseguenza non ci sono differenze operative tra i diversi tipi di filo, fatta eccezione per le caratteristiche dei singoli metalli saldati. Dal punto di vista della classificazione, le normative di classificazione europee e americane (AWS) sono riassunte nella tabella seguente.

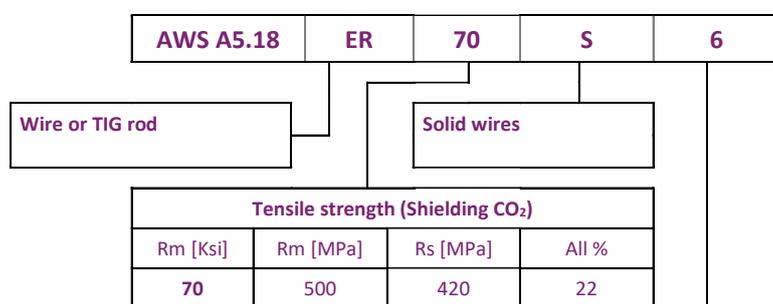
Materials	Norma EN	Norma AWS
Carbon and low alloy steels	EN ISO 14341	AWS A5.18
Creep resistant steels	EN ISO 21952	AWS A5.28
Stainless steel	EN ISO 14343	AWS A5.9
High strength steels	EN 13347	AWS A5.28
Aluminium	ISO 18273	AWS A 5.10
Nickel and nickel alloys	ISO 18274	AWS A 5.14
Copper	EN 13347	AWS A5.7
Iron	ISO 1071	AWS A5.15

A titolo di esempio, le tabelle 6 e 7 mostrano anche uno schema relativo alla classificazione europea dei fili pieni per la saldatura di acciai al carbonio e a grana fine.

La Tabella 8 si riferisce invece alla classificazione AWS dei fili per la saldatura degli acciai al carbonio, mentre la Tabella 9 si riferisce a quella dei fili per la saldatura degli acciai inossidabili.



Symbol	Chemical composition %								
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Mo	Al	Ti+Zr
G0	Any further chemical composition not envisaged by the legislation								
G2Si	0,06÷0,14	0,50÷0,80	0,90÷1,30	0,025	0,025	0,15	0,15	0,02	0,15
G3Si1	0,06÷0,14	0,70÷1,00	1,30÷1,60	0,025	0,025	0,15	0,15	0,02	0,15
G4Si1	0,06÷0,14	0,80÷1,20	1,60÷1,90	0,025	0,025	0,15	0,15	0,02	0,15
G3Si2	0,06÷0,14	1,00÷1,30	1,30÷1,60	0,025	0,025	0,15	0,15	0,02	0,15
G2Ti	0,04÷0,14	0,40÷0,80	0,90÷1,40	0,025	0,025	0,15	0,15	0,05÷0,20	0,05÷0,25
G3Ni1	0,06÷0,14	0,50÷0,90	1,00÷1,60	0,020	0,020	0,80÷1,50	0,15	0,02	0,15
G2Ni2	0,06÷0,14	0,40÷0,80	0,80÷1,40	0,020	0,020	2,10÷2,70	0,15	0,02	0,15
G2Mo	0,08÷0,12	0,30÷0,70	0,90÷1,30	0,020	0,020	0,15	0,40÷0,60	0,02	0,15
G4Mo	0,06÷0,14	0,50÷0,80	1,70÷2,10	0,025	0,025	0,15	0,40÷0,60	0,02	0,15
G2Al	0,08÷0,14	0,30÷0,70	0,90÷1,30	0,025	0,025	0,15	0,15	0,35÷0,75	0,15



DEPOSIT					
N°	Chemical composition				Impact
	C	Mn	Si	Other	
2	0,07 Max	0,9÷1,4	0,4÷0,7	Ti = 0,05÷0,15 Zr = 0,02÷0,12 Al = 0,05÷0,15	27 J a -29°C
3	0,06÷0,15	0,9÷1,4	0,45÷0,7	Al = 0,05÷0,9	27 J a -18°C
4	0,07÷0,15	1,0÷1,5	0,65÷0,85		--
5	0,07÷0,19	0,9÷1,4	0,3÷0,6		--
6	0,07÷0,15	1,4÷1,85	0,8÷1,15		27 J a -29°C
7	0,07÷0,15	1,5÷2,0	0,5÷0,8		
P=0,025 Max, S=0,035 Max, Cu=0,5Max					

AWS A5.9 ER 308 Mo

Welding wire or TIG rod

Chemical composition											
CLASS	C	Cr	Ni	Mo	Mn	Si	P	S	N	Cu	Other
209	0.05	20.5-24.0	9.5-12.0	1.5-3.0	4.0-7.0	0.90	0.03	0.03	0.10-0.30	0.75	V 0.10-0.30
218	0.10	10.0-18.0	8.0-9.0	0.75	7.0-9.0	3.4-4.5	0.03	0.03	0.08-0.18	0.75	--
219	0.05	19.0-21.5	5.5-7.0	0.75	8.0-10.0	1.00	0.03	0.03	0.10-0.30	0.75	--
240	0.05	17.0-1q.0	4.0-6.0	0.75	10.5-1.3.5	1.00	0.03	0.03	0.10-0.30	0.75	--
307	0.04-0.14	19.5-22.0	8.0-10.7	0.5-1.5	3.3-4.75	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
308	0.08	19.5-22.0	9.0-11.0	0.75	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
308H	0.04-0.08	19.5-22.0	9.0-11.0	0.50	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
308L	0.03	19.5-22.0	9.0-11.0	0.75	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
308Mo	0.08	18.0-21.0	9.0-12.0	2.0-3.0	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
30LMo	0.04	18.0-21.0	9.0-12.0	2.0-3.0	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
308Si	0.08	19.5-22.0	9.0-11.0	0.75	1.0-2.5	0.65-1.00	0.03	0.03	--	0.75	--
308LSi	0.03	19.5-22.0	9.0-11.0	0.75	1.0-2.5	0.65-1.00	0.03	0.03	--	0.75	--
309	0.12	23.0-25.0	12.0-14.0	0.75	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
309L	0.03	23.0-25.0	12.0-14.0	0.75	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
309Mo	0.12	23.0-25.0	12.0-14.0	2.0-3.0	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
309LMo	0.03	23.0-25.0	12.0-14.0	2.0-3.0	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
309Si	0.12	23.0-25.0	12.0-14.0	0.75	1.0-2.5	0.65-1.00	0.03	0.03	--	0.75	--
309LSi	0.03	23.0-25.0	12.0-14.0	0.75	1.0-2.5	0.65-1.00	0.03	0.03	--	0.75	--
310	0.08-0.15	25.0-28.0	20.0-22.5	0.75	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
312	0.15	28.0-32.0	8.0-10.5	0.75	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
316	0.08	18.0-20.0	11.0-14.0	2.0-3.0	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
316H	0.04-0.08	18.0-20.0	11.0-14.0	2.0-3.0	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
316L	0.03	18.0-20.0	11.0-14.0	2.0-3.0	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
316Si	0.08	18.0-20.0	11.0-14.0	2.0-3.0	1.0-2.5	0.65-1.00	0.03	0.03	--	0.75	--
316LSi	0.03	18.0-20.0	11.0-14.0	2.0-3.0	1.0-2.5	0.65-1.00	0.03	0.03	--	0.75	--
317	0.08	18.5-20.5	13.0-15.0	3.0-4.0	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
317L	0.03	18.5-20.5	13.0-15.0	3.0-4.0	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
318	0.08	18.0-20.0	11.0-14.0	2.0-3.0	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	Nb 8 x C min 1.0 max
320	0.07	19.0-21.0	32.0-36.0	2.0-3.0	2.5	0.60	0.03	0.03	--	3.0-4.0	Nb 8 x C min 1.0 max
320LR	0.025	19.0-21.0	32.0-36.0	2.0-3.0	1.5-2.0	0.15	0.015	0.02	--	3.0-4.0	Nb 8 x C min 1.0 max
321	0.08	18.5-20.5	9.0-10.5	0.75	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	Ti 9 x C min/1.0 max
330	0.18-0.25	15.0-17.0	34.0-37.0	0.75	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	--
347	0.08	19.0-21.5	9.0-11.0	0.75	1.0-2.5	0.30-0.65	0.03	0.03	--	0.75	Nb 10 x C min/1.0 max
347Si	0.08	19.0-21.5	9.0-11.0	0.75	1.0-2.5	0.65-1.00	0.03	0.03	--	0.75	Nb 10 x C min/1.0 max
383	0.025	20.5-28.5	30.0-33.0	3.2-4.2	1.0-2.5	0.50	0.02	0.03	--	0.70-1.5	--
385	0.025	19.5-21.5	24.0-26.0	4.2-5.2	1.0-2.5	0.50	0.02	0.03	--	1.2-2.0	--
409	0.08	10.5-13.5	0.6	0.50	0.8	0.8	0.03	0.03	--	0.75	Ti 10 x C min/1.5 max
409Cb	0.08	10.5-13.5	0.6	0.50	0.8	1.0	0.04	0.03	--	0.75	Nb 10 x C min/0.75 max
410	0.12	11.5-13.5	0.6	0.75	0.6	0.5	0.03	0.03	--	0.75	--
410NiMo	0.06	11.0-12.5	4.0-5.0	0.4-0.7	0.6	0.5	0.03	0.03	--	0.75	--

5.2 Fili animati

I fili animati sono costituiti da un elemento tubolare che contiene al suo interno un disossidante o una polvere metallica (fig. 18); il vantaggio principale è quello di ottenere una maggiore efficienza di processo (a parità di corrente un filo animato deposita più materiale di un filo pieno) e una maggiore stabilità dell'arco.

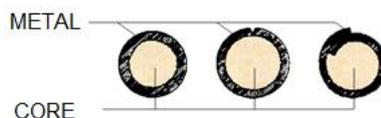


Fig.17: fili animati

Durante la saldatura il flusso contenuto all'interno del filo fonde, finisce nella vasca di fusione e, grazie alle sue proprietà di fluidità, galleggia sulla vasca producendo in generale una scoria (fig.18) che deve essere rimossa tra le passate.

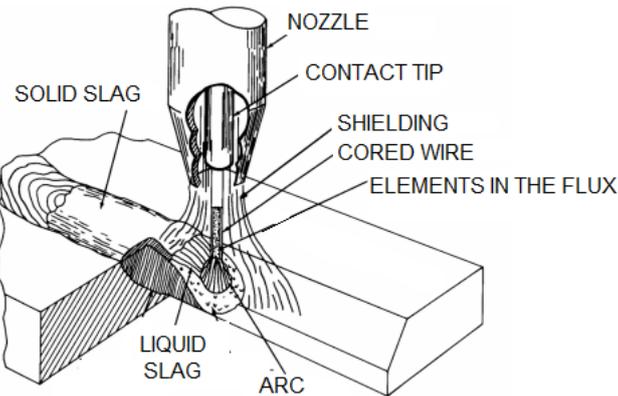


Fig.18: saldatura ad arco animato

In base alle sostanze contenute nel disossidante o polvere metallica, è possibile distinguere diversi tipi di filo animato:

- fili animati rutili; sono i più utilizzati perché consentono un'ottima regolarità di deposito e un'elevata stabilità dell'arco (vengono utilizzati anche con CO₂ pura);
- fili animati di base; consentono di ottenere ottime proprietà di saldatura, grazie alla formazione di uno strato relativamente spesso che ha lo scopo di purificare la zona fusa dalle impurità;
- fili animati con anima metallica (anima metallica); hanno la resa più alta in assoluto, poiché il nucleo contiene essenzialmente polvere metallica e di conseguenza produce pochissime scottature; trovano largo impiego nella saldatura con CO₂ pura;
- fili animati autoprotetti per saldatura senza gas (autoprotetti); sono utilizzati in cantiere ed in generale dove vi è preoccupazione per la presenza di correnti d'aria che potrebbero eliminare la protezione gassosa di altri tipi di saldatura, e dove l'assenza di sistemi di alimentazione dei gas di protezione ne semplifica l'utilizzo; tuttavia producono livelli di fumi di saldatura nettamente superiori ad altri tipi di filo.

A causa delle complesse tecniche di produzione necessarie alla loro realizzazione, i fili animati hanno un costo maggiore rispetto a quelli pieni.

La tabella seguente elenca i principali standard AWS europei e americani attualmente disponibili per la classificazione dei fili animati; La tabella 11 si riferisce alla classificazione AWS dei fili animati (con o senza gas di protezione) per la saldatura di acciai bassoalegati; La tabella 12 si riferisce invece alla classificazione europea.

Material	EN	AWS
Carbon and fine grain steels	EN ISO 17632	AWS A 5.20
Creep resistant steels	EN ISO 17634	AWS A 5.29
Stainless steel	EN ISO 17633	AWS A 5.22
High strength steels	EN ISO 18276	AWS A 5.29

AWS A5.20 E 70 T - 6 M J H4

Wire for flux cored welding

Mechanical properties

	Rm [ksi]	Rm [Mpa]	Rs[Mpa]
6	60	415	330
7	70	480	400

Welding position

0	Piano ed orizzontale
1	Tutte le posizioni

Tubular cored

Diffusive Hydrogen [Hdm]

H4	< 4 ml/100 g
H8	4 ÷ 8 ml/100 g
H16	8 ÷ 16 ml/100g

Impact values
47J a -20°C

Shielding gas

-	CO ₂ pura o senza gas (vedere *)
M	Miscela Ar + CO ₂ (20% + 25%)

* **Chemical composition and impact test properties**

EN17632 T 46 3 1Ni B M 4 H5

Tubular cored wire

Mechanical properties*

	R _s [MPa]	R _m [MPa]	All. %
35	350	440+570	22
38	380	470+800	20
42	420	500+840	20
46	460	530+880	20
50	500	560+720	18

Impact: 47 J

Symbol	TEMPERATURE [°C]
Z	--
R	+20
0	0
2	-20
3	-30
4	-40
5	-50
6	-60

Chemical composition

Symbol	Mn	Ni	Mo
None	2,0	-	-
Mo	1,4	-	0,3÷0,6
MnMo	1,4÷2,0	-	0,3÷0,6
1Ni	1,4	0,6÷1,2	
1,5Ni	1,6	1,2÷1,8	
2 Ni	1,4	1,8÷2,6	
3 Ni	1,4	2,6÷3,8	
Mn1Ni	1,4÷2,0	0,6÷1,2	
1NiMo	1,4	0,6÷1,2	0,3÷0,6
Z	Any other		

Diffusive Hydrogen (Hdm)

H3	< 3 ml/100g
H5	3 ÷ 5 ml/100g
H10	5 ÷ 10 ml/100g
H15	5 ÷ 10 ml/100g

Welding position

1	All
2	1) except PG
3	PA e PB
4	PA
5	3) and PG

Shielding

M	Active mixtures (M21 - M24)
C	Mixture base CO ₂
N	No shielding

Flux features

	Chemical	Single or multi-pass	Shielding
R	Rutile – slow freezing	S e M	Required
P	Rutile – fast freezing	S e M	Required
B	Basic	S e M	Required
M	Metal cored	S e M	Required
V	Fluoride – basic	S*	Not req.
W	Fluoride – basic slow freezing	S e M	Not req.
Y	Fluoride – basic fast freezing	S e M	Not req.
S	Other	S e M	Not req.

* **Mechanical properties**

	Y _s BM (min.)	Y _s weld deposit
3T	355 Mpa	470 Mpa
4T	420 Mpa	520 Mpa
5T	500 MPa	600 MPA

6. Parametri e modalità di trasferimento

Poiché nella saldatura ad arco metallico l'elettrodo utilizzato è anche l'elemento che, riscaldato dal passaggio della corrente fonde, è possibile individuare uno stretto legame tra corrente e quantità di metallo depositato.

I campi dei parametri entro i quali si ottengono determinate modalità di trasferimento, sono anche funzione del gas di protezione, del diametro e del tipo (solido / animato) del filo.

Combinando questi effetti si comprende che la scelta dei parametri di saldatura può coinvolgere diversi modi in cui le gocce di metallo d'apporto si staccano dal filo e raggiungono il bagno di fusione. Queste "modalità di trasferimento" sono fondamentalmente quattro, come descritto di seguito.

- Trasferimento per cortocircuito o arco corto. Questa modalità di trasferimento si ottiene per valori di corrente e tensione relativamente bassi, e comporta la formazione di grosse gocce di metallo che si staccano dal filo quando vengono a contatto con il bagno di saldatura (fig. 19).



Fig.19: modalità di trasferimento arco corto

Questa tecnica di saldatura permette la realizzazione di giunti in posizione diversa dal piano, anche se garantisce bassi tassi di deposito e comporta un certo rischio di schizzi e mancanza di fusione.

- Trasferimento globulare. All'aumentare dei valori di corrente, le gocce che si formano sono sempre maggiori; si ottiene così un trasferimento irregolare. Si ottiene un deposito irregolare, con notevole sviluppo di schizzi (fig.20). Di conseguenza questa modalità di trasferimento dovrebbe essere evitata, anche se tende ad essere facilmente realizzata con l'aumentare del contenuto di CO₂ nella miscela di gas.

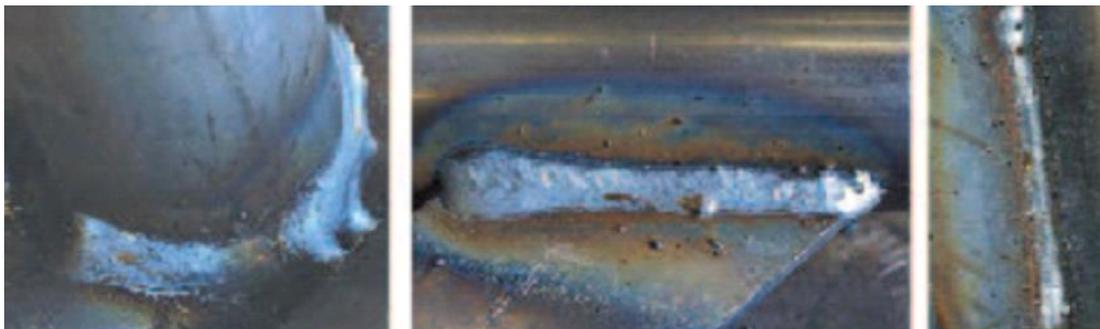


Fig.20: modalità di trasferimento globulare

- Trasferimento a spruzzo o ad arco. Per valori di alta tensione e corrente l'arco è molto stabile e direzionale; di conseguenza le goccioline di materiale d'apporto vengono finemente "nebulizzate" e si depositano con notevole velocità sul bagno di saldatura (fig. 21): il deposito appare quindi molto regolare. Questa tecnica è generalmente utilizzata per e cap corre in posizione piana su materiali spessi; tuttavia, poiché la gravità ha un ruolo fondamentale, questa modalità viene utilizzata con scarso successo nelle saldature aeree e, spesso, in posizioni diverse dal piatto.



Fig.21: modalità di trasferimento spray arc

- Trasferimento dell'arco pulsato. I generatori di saldatura inverter, consentono l'applicazione di correnti variabili nel tempo (corrente modulata), generalmente caratterizzate da una corrente di base, tale da non provocare depositi e da una corrente di picco, tale da provocare il distacco di una goccia, quindi regolare (fig.24).

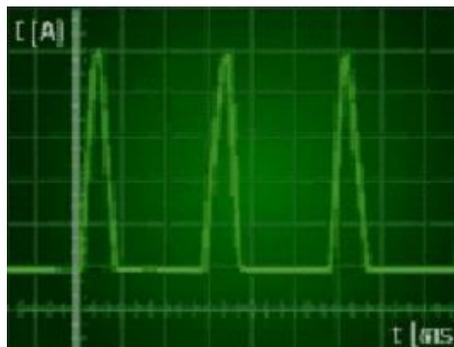


Fig.22: corrente pulsata

Conseguentemente è possibile "comandare" il distacco delle gocce (fig. 23) tramite opportune regolazioni (disponibili sul generatore sotto forma di programmi). Allo stesso tempo, l'apporto di calore specifico totale è sufficientemente basso da garantire un bagno di saldatura piuttosto piccolo (vasca "fredda").

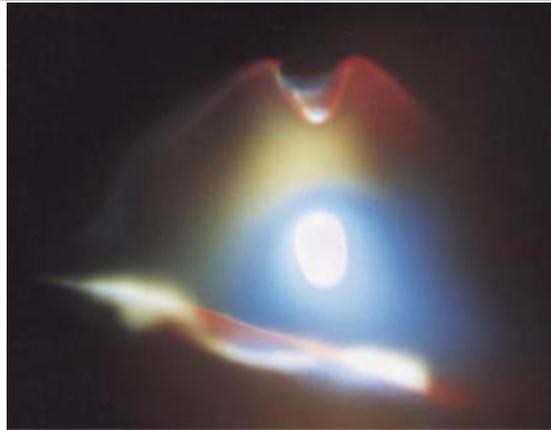


Fig.23: modalità di trasferimento pulsato

Risulterà quindi evidente che le particolari combinazioni di parametri influenzano in modo significativo la qualità e l'operatività della saldatura, influenzando direttamente la quantità di metallo depositato, la posizione di saldatura e l'aspetto del tratto di saldatura. I campi dei parametri entro i quali si ottengono determinate modalità di trasferimento, sono anche funzione del gas di protezione, del diametro e del tipo (pieno / animato) del filo, come già detto. In particolare, a parità di metallo saldato, si otterrà più facilmente lo spray arc quando si riduce la percentuale di gas attivi contenuti nel gas di schermatura e il diametro del filo; inoltre, come già accennato in precedenza.

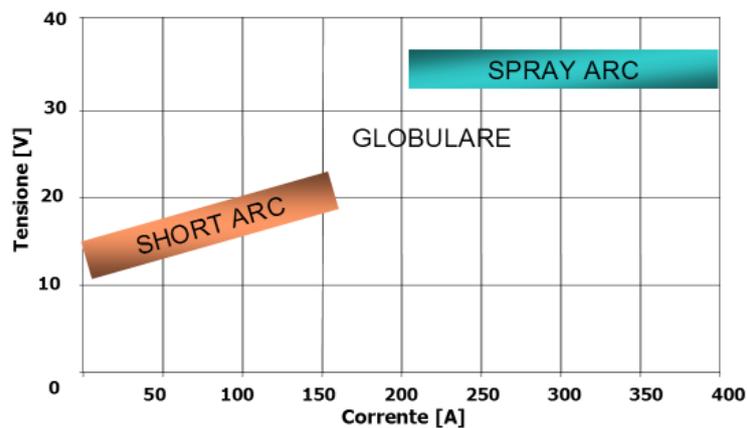


Fig.24: curva modalità di trasferimento per filo pieno (0,8mm - miscela 92% Argon e 8% Ossigeno)

7. Tecnica

7.1 Parametri

Di seguito sono riportati i principali parametri operativi e viene brevemente descritta l'influenza reattiva sulle caratteristiche del cordone.

7.2 Posizione della torcia e sporgenza

Come già accennato nel capitolo 2, in questo processo la particolare caratteristica del processo e del generatore consente di mantenere la velocità di fusione del filo esattamente uguale alla velocità di avanzamento del filo. Ciò significa che l'intensità della corrente viene gestita dalla macchina una volta che il saldatore ha impostato una certa velocità di avanzamento del filo, lasciando libero il saldatore di gestire l'avanzamento della torcia e la sua altezza rispetto al bagno di saldatura.

In particolare, variazioni della posizione della torcia rispetto all'asse verticale provocano le conseguenze descritte di seguito.

- Se si solleva la torcia, dopo un brevissimo periodo transitorio, si ha un aumento dello stick-out (lunghezza libera del filo), con conseguente diminuzione della corrente di saldatura (Ampère) e di conseguenza della penetrazione; la Tensione (Volt) invece rimane costante. Se la distanza della torcia è eccessiva, la protezione dal gas (se presente) diventa insufficiente, l'arco inizia ad essere instabile e si sviluppano schizzi e porosità.

- Se la torcia viene abbassata, dopo un brevissimo periodo transitorio, si ha una diminuzione della corrente di saldatura (Ampère) e di conseguenza della penetrazione; la tensione (Volt) invece rimane costante. Se la torcia viene abbassata troppo, si sviluppano dei cortocircuiti (contatti del filo con la piscina) e il saldatore sente una spinta dalla torcia per alzare la sua posizione.

Di conseguenza, si può dedurre che in questo processo penetrazione e sporgenza vengono regolate semplicemente spostando la torcia verso l'alto (aumento) o verso il basso (diminuzione). La Figura 25 mostra un confronto per tre diverse posizioni della torcia, seguito da diversi valori di stick out, corrente e penetrazione.

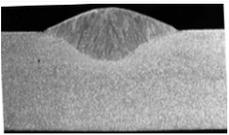
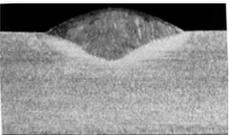
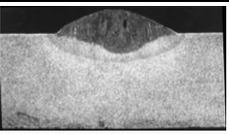
Stick Out	Parameters			Wire		Shielding		MACRO
	V	I	Travel speed	Speed	Diam.	Gas	Flow	
9	31,5 V	263 A	270 cm/min	3,4 m/min	1,2 mm	Ar/CO ₂ 80 – 20	16 l/min	
15	32,2 V	240 A						
25	33,4 V	228 A						

Fig.20: effetti della variazione di stick out

7.3 Velocità di marcia e tecniche di tessitura

La velocità di avanzamento della saldatura, oltre ad influenzare l'apporto termico, provoca anche delle variazioni nella saldatura: sebbene il "form factor" (rapporto larghezza / profondità) rimanga costante, le dimensioni possono variare; come evidente, maggiore è la velocità, minore è la dimensione del tratto di saldatura.

Tuttavia, a causa dell'eccessiva velocità di saldatura, c'è un certo rischio di guasti di fusione (mancanza di fusione, sottosquadri), mentre quando la velocità di saldatura è troppo bassa il cordone tende a gonfiarsi troppo.

8. Pratica di saldatura

Di seguito alcune informazioni utili per la realizzazione di saldature su acciai al carbonio e basseleghe.

Va inoltre sottolineato che le informazioni qui riportate devono essere considerate come semplici suggerimenti, per nulla sostitutivi di un'adeguata formazione pratica, a cui, soprattutto per le posizioni di saldatura più complesse, va aggiunta un'adeguata esperienza sul campo.

8.1 Preparazione del pezzo

Prima di effettuare la saldatura si consiglia di pulire il pezzo, con molatura, spazzolatura e in alcuni casi, solventi (ad esempio nella saldatura di leghe leggere e acciai inossidabili austenitici).

Considerata la lunghezza dei profilati normalmente depositati durante la saldatura, si consiglia di procedere al fissaggio delle parti da unire al fine di evitare deformazioni significative (es. Puntatura).

8.2 Innesco dell'arco

All'inizio della saldatura, si preme il pulsante sulla torcia per innescare il processo e non appena il filo tocca il pezzo, il generatore eroga la massima corrente disponibile innescando l'arco elettrico. L'innescò dell'arco elettrico avviene quindi per corto circuito, cioè per contatto tra l'elettrodo e il pezzo.

Grazie al diametro del filo relativamente piccolo, il calore sviluppato in questa fase iniziale permette la volatilizzazione di una piccolissima porzione di filo, liberando di conseguenza uno spazio tra l'elettrodo e il materiale di base entro il quale può innescare l'arco, che inizialmente ha una lunghezza ridotta per poi ricondurre rapidamente al normale funzionamento.

Contemporaneamente all'erogazione della corrente di saldatura, un interruttore automatico apre le valvole del gas di protezione e dell'eventuale acqua di raffreddamento.

Operativamente, è molto importante ottenere un riscaldamento graduale della piscina, che può essere ottenuto azionando la prua con un tallone, e aspettando alcuni istanti fino a quando non si vede la formazione di una vasca di dimensioni adeguate. Se non è possibile utilizzare un cordone (ad esempio in una saldatura "chiusa"), è necessario considerare che la zona di partenza deve essere successivamente rimossa con mola o bava quando la struttura è chiusa.

8.3 Tecnica di saldatura

Durante la saldatura la torcia viene generalmente mantenuta inclinata nel senso di avanzamento (tecnica del dritto o "a spinta") di circa 20 - 30 ° rispetto alla verticale; tuttavia, nella saldatura con fili animati, per la presenza della scoria, la torcia deve essere inclinata verso il bagno di saldatura (tecnica di rovescio o "pull"), in modo da evitare che la scoria ricopra la zona di impatto dell'arco sul bagno di saldatura, impedendo il passaggio di corrente e di conseguenza spegnendo l'arco stesso (fig.26).

Un caso speciale è quello dei fili animati o dei fili animati metallici, che non producono scorie e sono usati come fili pieni.

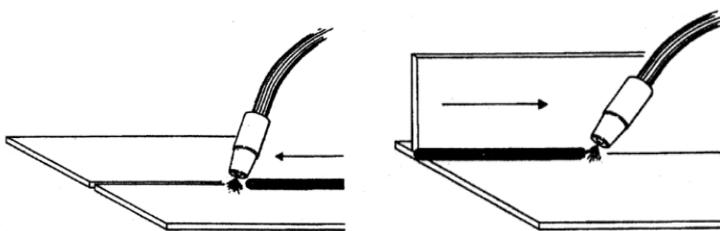


Fig.26: tecniche di dritto e rovescio

È estremamente importante che durante la saldatura la distanza torcia-pezzo sia mantenuta quanto più costante possibile per garantire che lo stick-out non subisca variazioni, con conseguente variazione di corrente e penetrazione della corsa. Per ottenere questo risultato è opportuno che il saldatore sia convenientemente conveniente rispetto al pezzo e al deposito da effettuare, considerando una lunghezza utile del tratto non sovradosato (che non deve mai superare il metro) in modo da poter rimanere fermi nella posizione di saldatura e progredire con il busto; sarebbe inoltre opportuno considerare la posizione del grilletto più lontana dal busto e la posizione di arresto del deposito più vicino, in quanto generalmente è più difficile gestire il bagno di saldatura all'aumentare della sua temperatura.

Come già accennato al paragrafo 4.1.2, la prima corsa viene generalmente eseguita in arco corto, o eventualmente in arco pulsato, in modo da ottenere un bacino facilmente gestibile.

Al termine della prima passata e tra una passata e l'altra è consigliabile effettuare un'adeguata pulizia, attraverso la rimozione di eventuali scorie che si sono formate e garantire una superficie adeguatamente pulita per accogliere le successive passate. Occorre quindi consigliare una molatura in modo da ottenere un "solco" e non un "dorso d'asino" o sezione quadrata (fig. 27).

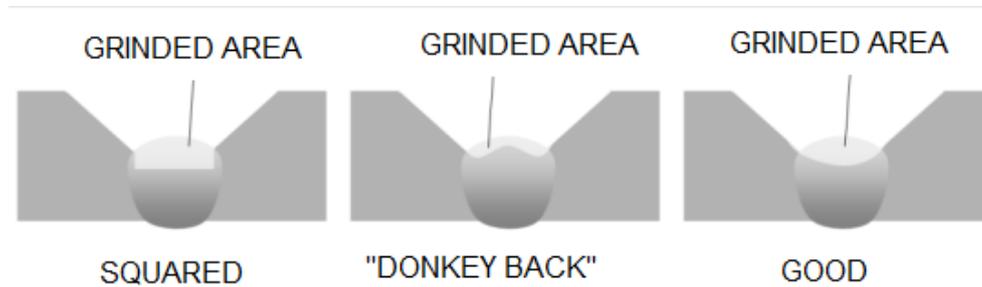


Fig.27

Saldatura in PA

Come già accennato, nella saldatura in piano la prima passata viene eseguita con tecnica ad arco corto o ad arco pulsato, seguita da eventuali passate con tappo di riempimento, generalmente realizzate con correnti (e depositi) più elevate.

Si sconsiglia l'utilizzo di tecniche di saldatura a tessitura (dette anche "cordoni larghi"), a causa del surriscaldamento della vasca dovuto alle basse velocità di avanzamento e al relativo elevato apporto termico.

Saldatura verticale in PF

In questo caso la tecnica di saldatura richiede parametri elettrici tali da ottenere il trasferimento preferibilmente in arco corto per tutte le corse.

In questo caso la tecnica operativa è sempre a spinta, indipendentemente dal tipo di filo utilizzato. Questo per sostenere il metallo cercando di evitare gocciolamenti con la pressione dell'arco.

Il riempimento e il tappo sono tipicamente eseguiti con movimenti di tessitura che abbracciano l'intera larghezza della scanalatura, e curvati verso l'alto (a differenza di quanto avviene per la saldatura ad elettrodo rivestito). Si consiglia inoltre di considerare che su ogni lato ci sarà una battuta e negli spostamenti da lato a lato questa dovrà essere eseguita il più rapidamente possibile, in modo da garantire le corrette facce di fusione articolare e, per i percorsi delle calotte, evitare sottosquadri. Di conseguenza il bagno di saldatura dovrà essere ellittico (fig. 29); se i parametri elettrici sono troppo alti la piscina sarà eccessivamente fluida o "calda" e tenderà a gocciolare verso il basso.

Saldatura in PE

In questo caso la particolare condizione pone il bagno di saldatura a lavorare contro le forze di gravità, situazione che rende la tecnica operativa tra le più difficili da realizzare. Per questo motivo è ancora più importante posizionare il saldatore rispetto al pezzo e si consiglia vivamente di utilizzare entrambe le mani, tenendo la torcia l'una con l'altra, sostenendo l'avambraccio con l'altra.

La modalità di trasferimento applicabile è l'arco corto e pulsato. Allo stesso tempo, per evitare di avere troppo fluido nel bagno di saldatura, è necessario avere elevate velocità di avanzamento del filo (cordoni "tirati"), situazione che di conseguenza porta a valori di corrente superiori a quelli utilizzati per il primo passaggio in piano.

Nella saldatura sopratesta è infine opportuno aumentare leggermente le portate di gas alla torcia, in modo da garantire un'adeguata protezione della vasca e dell'arco, soprattutto se il gas di schermatura Argon.

La tecnica operativa è tipicamente quella di spingere per fili solidi o tirare per fili animati.

Saldatura in PC

In questo caso la tecnica di saldatura è simile al PE, cercando però di mantenere fredda la piscina, limitando così l'apporto di calore.

Si ricorda che, per garantire un'adeguata protezione del bagno di saldatura, è necessario inclinare leggermente la torcia verso l'alto (saldatura con miscele di Argon) o verso il basso (saldatura con miscele di Elio).

Saldatura in PG

La saldatura verticale discendente ha come problema fondamentale il fatto che il movimento della torcia si muove nella stessa direzione e nel senso di gravità: di conseguenza la discesa della torcia deve essere più veloce della velocità di caduta della vasca, in modo da evitare andando a coprire la radice del giunto o le successive percorrenze senza che queste vengano fuse dall'arco.

Il risultato sono velocità di saldatura elevate e bassi apporti termici, anche se il rischio di mancata fusione è così alto che è fortemente sconsigliato saldare in questa posizione.

8.4 Fine saldatura

La fine della saldatura deve essere effettuata cercando di ottenere uno spegnimento graduale dell'arco (ad esempio con un aumento finale della velocità di saldatura), al fine di evitare la formazione di crateri a fine saldatura (fig.29).

Fig.29: cratere finale

Conseguentemente si consiglia di procedere al termine della saldatura di corsa, oppure, se ciò non è possibile (come ad esempio sulla chiusura di una saldatura circonferenziale), è conveniente predisporre preventivamente la chiusura realizzando una sorta di scivolo di chiusura.

In questo caso la chiusura deve essere completata al termine della corsa di saldatura e il materiale in eccesso deve essere successivamente rilavorato con mola o bava per riportare il giunto all'altezza nominale.

Da segnalare infine che sono presenti sorgenti di alimentazione che consentono una modulazione della corrente in chiusura in modo tale da consentire uno spegnimento graduale che avviene in pochi istanti, eventualmente con il deposito di una sola goccia di carica materiale, come se fosse un singolo impulso di arco pulsato, per riempire il cratere (sistemi "crater filler").

8.5 Riavvio dei cicli di saldatura

Quando si realizzano giunti di una certa lunghezza, come nell'esecuzione della prova di qualificazione del saldatore, può essere necessario effettuare un recupero di saldatura. Ciò può essere fatto realizzando uno scivolo di avviamento (come quello di fig.30) sulla posizione di start / stop, sul quale effettuare la partenza, con velocità opportunamente lenta in modo da formare un bagno di saldatura di dimensioni adeguate.

Prima di iniziare la nuova corsa, sul cratere finale della precedente corsa di saldatura sarà opportuno rimuovere il materiale in eccesso con una mola o una bava.

BIBLIOGRAFIA UNITARIA

[1] Corso generale sulla saldatura GMAW: materiale didattico IIS

GLOSSARIO

Comprende i concetti principali, nuovi e / o complessi visti nell'unità, come un dizionario. Questo tipo di risorsa è importante soprattutto quando il corso è rivolto a studenti senza conoscenza della materia. Le voci del glossario sono ordinate alfabeticamente.

Welding Processes – Saldatura GW

1.1 Nome del corso

Saldatura GW

1.2 Durata del corso

5 ore

1.3 Scopo del corso

In questa unità vengono mostrati articoli specifici relativi al processo di saldatura gas ossiacetilena, in particolare relativi alle apparecchiature di saldatura, parametri di saldatura, tecniche di saldatura tipiche e metalli d'apporto utilizzati.

1.4 Obiettivi del corso

Conoscenza	Competenze	Atteggiamenti
Assumi competenze generali su ossiacetilene Processo di saldatura	Introduzione generale su ossiacetilene Processo di saldatura	Gli studenti dovranno, durante il corso, dimostrare good la collaborazione con insegnanti e compagni di classe, al fine di migliorare la conoscenza e condividere informazioni.
Identificare i componenti principali dell'attrezzatura di saldatura e conoscere la sua manutenzione	Identificare i componenti della saldatrice Identificare la competenza generale sulla manutenzione	
Migliora la competenza nella misurazione dei parametri di saldatura	Identificare i parametri principali diossiacetilene Processo di saldatura Misura e controllo dei parametri di saldatura	
Migliora la competenza sui gas di protezione	Identifica i gas di protezione Scelta del corretto gas di protezione e delle sue principali proprietà	
Migliora la competenza sul metallo d'apporto	Identifica la differenza sul metallo d'apporto Scegliere il metallo d'apporto corretto come conseguenza delle proprietà del giunto	
Identificare tecniche operative processo di saldatura ossiacetilena	Applicare diverse modalità di trasferimento al processo di saldatura Scegliere la modalità di trasferimento corretta in base al tipo di saldatura	
Identificare diverse tecniche di saldatura, con spiegazioni specifiche sul modo corretto di saldatura	Assumere competenza su diverse tecniche di saldatura	

	Conoscere la corretta tecnica di saldatura in diverse posizioni di saldatura	
Migliora la competenza nella pratica della saldatura	Impara a preparare un pezzo Avere competenza sui principali difetti di saldatura e su come evitarli	

1.5 Contenuti

1. introduzione

2. Fiamma ossiacetilenica

2.1. Regolazione della fiamma

2.2. Proprietà della fiamma

3. Attrezzature

3.1. Ossigeno

3.2. Acetilene

3.3. Riduttore di pressione

3.4. Valvola di sicurezza

3.5. Economizzatore

3.6. Tubi

3.7. Torcia

4. Tecnica operatoria

4.1. introduzione

4.2. Calcolo della portata termica

4.3. Preparazione dei lembi

4.4. Operazione corretta

5. Applicazione

5.1. Tipo di giunto

5.2. Materiale di base

5.3. Difetti tipici

5.4. Metallo di riempimento

1.6 Partecipanti

Caratteristiche dello studente:	Competenze tecniche di base
---------------------------------	-----------------------------

1.7 Requisiti di accesso

Requisiti del livello di istruzione:	Studenti di scuole di formazione professionale
Conoscenza precedente necessaria	Conoscenza di base nella saldatura
Requisiti di età:	16 e 20 anni

1.8 Attività di valutazione

Valutazione sommativa: nulla richiesto

1.9 Bibliografia (usata o supplementare)

[1] Corso generale sulla saldatura GW: materiale didattico IIS

NUMERO UNITÀ: Unità didattica __

TITOLO UNITÀ: *Saldatura a gas ossiacetilenico (GW)*

PRESENTAZIONE DELL'UNITÀ

La presente unità didattica mostra argomenti specifici relativi al processo di saldatura ossiacetilenica, specificamente correlati alle apparecchiature di saldatura, ai parametri di saldatura e alle tecniche di saldatura tipiche.

OBIETTIVI

Gli obiettivi dell'unità didattica sono:

- Assumere competenze generali sul processo di saldatura ossiacetilenica
- Identificare i componenti principali dell'attrezzatura di saldatura e conoscere la sua manutenzione
- Identificare tecniche operative ossiacetilene Processo di saldatura
- Migliora la competenza nella pratica della saldatura

CONTENUTI

1. introduzione

2. Fiamma ossiacetilenica

- 2.1. Regolazione della fiamma
- 2.2. Proprietà della fiamma

3. Attrezzature

- 3.1. Ossigeno
- 3.2. Acetilene
- 3.3. Riduttore di pressione
- 3.4. Valvola di sicurezza
- 3.5. Economizzatore
- 3.6. Tubi
- 3.7. Torcia

4. Tecnica operatoria

- 4.1. introduzione
- 4.2. Calcolo della portata termica
- 4.3. Preparazione dei lembi
- 4.4. Operazione corretta

5. Applicazione

- 5.1. Tipo di giunto
- 5.2. Materiale di base
- 5.3. Difetti tipici
- 5.4. Metallo di riempimento

SVILUPPO DEI CONTENUTI

1. Introduzione

Nel novembre 1895 il chimico francese Le Châtelier scoprì che la combustione di uguali quantità di gas acetilene e ossigeno puro produceva una fiamma la cui temperatura era superiore a quelle ottenute fino a quel momento. Da questa realtà si è sviluppato in pochi anni un processo di saldatura autogena chiamato fusione saldatrice ossiacetilenica (Figura 1.1).

Nella combustione con ossigeno, l'acetilene, pur non avendo il massimo potere calorifico tra i gas disponibili per la saldatura, fornisce una potenza termica notevolmente superiore a quella degli altri gas ossigeno (metano, propano, butano, idrogeno, gas di città).

Per la temperatura ottenibile (di circa 3100 ° C), la temperatura ossiacetilenica è l'unica fiamma che permette di saldare leghe ferrose con materiale di apporto equivalente al materiale di base.



Figura 1.1: saldatura a gas ossiacetilenico (riparazione del telaio), 1949

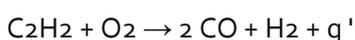
2. Fiamma ossiacetilenica

La fiamma ossiacetilenica è l'effetto della combustione tra acetilene (formula chimica C_2H_2 - figura 2.1) e ossigeno, che arrivano separatamente alla torcia dalla quale escono insieme dopo essere stati intimamente miscelati (la formazione della miscela acetilene-ossigeno è favorita dalla forma particolare della torcia, che verrà descritta più avanti).

All'uscita della torcia, la combustione avviene con una fiamma più idonea a soddisfare le principali esigenze di fusione di un metallo e la sua protezione allo stato fuso dalla contaminazione atmosferica.

Analizzando la geometria di una fiamma regolata correttamente (Figura 2.2) si possono distinguere diverse zone, ognuna delle quali ha proprietà particolarmente significative ai fini delle caratteristiche del processo.

La combustione, infatti, dà origine inizialmente alla formazione di monossido di carbonio e idrogeno e allo sviluppo di una certa quantità di calore secondo la reazione di combustione primaria, che genera una prima quantità di calore, indicata con q' :

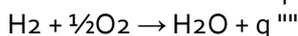
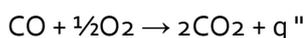


I prodotti di questa prima reazione chimica non sono i prodotti finali della combustione: ciò è dovuto al fatto che la quantità di ossigeno fornita alla torcia è inferiore a quella necessaria per bruciare completamente l'acetilene. La combustione descritta prende quindi il nome di combustione primaria: avviene su una superficie a forma di cono, posta in prossimità della punta della torcia detta dardo.



Fig. 2.1: formula dell'acetilene Fig. 2.2: zone di fiamma

Poiché i prodotti finali della combustione primaria sono ancora combustibili e si trovano ad alta temperatura, completano spontaneamente la loro combustione a scapito di altro ossigeno, che non viene fornito dall'impianto di saldatura, ma viene prelevato dall'aria circostante. Ne consegue che immediatamente a valle del dardo si instaura una zona avida di ossigeno; questa è chiamata zona riducente e in essa avviene la combustione secondaria che completa l'ossidazione dei prodotti della reazione primaria con ulteriore sviluppo di calore (q'' e q'''), secondo le due reazioni:



La presenza della zona riducente determina anche la possibilità di utilizzare la fiamma ossiacetilenica senza alcuna forma di protezione dall'ossigeno, trovando il bagno di saldatura e l'eventuale materiale di riempimento in atmosfera riducente; si noti inoltre che tra i prodotti della combustione vi è anche il vapore acqueo, che però può essere considerato non particolarmente pericoloso grazie ai cicli termici particolarmente miti che si effettuano con questo processo. Lo sviluppo del calore mantiene ad alta temperatura i prodotti finali della combustione: questo dà luogo ad una notevole brillantezza dei gas e dei vapori prodotti, che si protrae per un certo spazio fino a svanire per l'abbassamento della temperatura. L'area luminosa che circonda il dardo (che a sua volta è ancora più luminosa) è chiamata pennacchio.

2.1 Regolazione della fiamma

La costituzione di una fiamma con le caratteristiche descritte è condizionata dalla presenza di ossigeno in misura volumetrica pari all'acetilene, per cui la combustione inizia in corrispondenza del dardo e si completa nella prima parte del pennacchio, dando così origine ad una area ad azione riducente; in queste condizioni la fiamma è detta neutra (come quella mostrata in figura 2.2).

Nel caso in cui l'ossigeno raggiunga la torcia in eccesso o difettoso rispetto all'acetilene, vengono modificate sia la forma della fiamma che le sue proprietà (Figura 2.3).



Fig. 2.3: regolazione della fiamma

2.1.1 Saldatura a basso tenore di ossigeno

Quando l'ossigeno è insufficiente per completare la combustione primaria, l'acetilene deve procurare ossigeno dall'atmosfera circostante. Tuttavia, considerando il breve tempo a disposizione (i gas fluiscono dalla torcia ad alta velocità: circa 100 m / s), la combustione completa è praticamente impossibile. Rimane quindi una certa quantità di gas di combustione: tenendo presente che l'acetilene è formato da idrogeno e carbonio, quella parte di quest'ultimo che non viene bruciata rimane libera nella fiamma e tende a passare nella vasca da essa lambita. Per questa circostanza la fiamma prende poi il nome di combustibile: a valle del dardo compare un pennacchio più esteso, a volte di colore rossastro (Figura 2.4). Inoltre, va notato in questo caso un marcato effetto riducente.

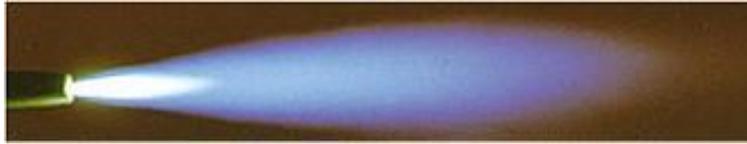


Fig. 2.4: fiamma riducente

2.1.2 Saldatura con ossigeno elevato

In questo caso non esiste una zona di combustione primaria ben definita: la combustione avviene completamente e quasi immediatamente all'uscita dall'estremità del tubo e di conseguenza la zona riducente si riduce notevolmente o scompare del tutto, a seconda della quantità di ossigeno in eccesso.

La fiamma regolata in questo modo tende a dare ossigeno alla vasca alla quale si perde e si chiama fiamma ossidante.



Fig. 2.5: fiamma ossidante

2.2 Proprietà della fiamma

Sulla base delle proprietà fisiche della fiamma ossiacetilenica è possibile comprendere alcuni dei vantaggi e / o caratteristiche fondamentali che rendono questa fonte energetica adatta per applicazioni di saldatura.

Come già accennato, infatti, la fiamma ossiacetilenica permette di raggiungere temperature sufficientemente elevate per ottenere una corretta fusione dei metalli da saldare; in particolare, la distribuzione delle temperature è particolarmente conveniente, in quanto il valore massimo (dell'ordine di 3100 °C) viene raggiunto appena a valle della punta della freccia, cioè in corrispondenza del bagno di saldatura (Figura 2.6).

Il dardo è circondato dalla zona riducente e dal pennacchio che si estende notevolmente;

immediatamente a valle del dardo, la presenza di una zona avida di ossigeno mostra proprietà riducenti e quindi ha azione disossidante rispetto al metallo portato a fusione (bagno di fusione). Queste caratteristiche richiedono però che il volume di ossigeno erogato sia uguale a quello dell'acetilene: altrimenti la fiamma tende ad ossidare o carburare il bagno di fusione. Fortunatamente, quando si verificano queste operazioni anomale, l'aspetto della fiamma cambia notevolmente, in modo che il saldatore esperto possa eliminare prontamente l'inconveniente regolando facilmente la portata di ossigeno o acetilene.

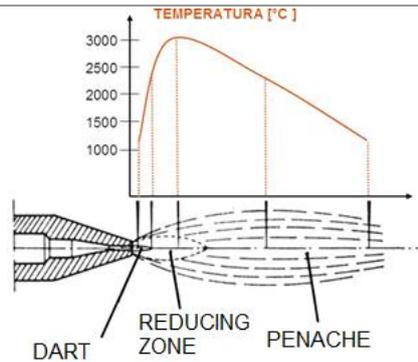


Fig. 2.6: temperatura della fiamma

3. Attrezzatura

La figura 3.1 illustra il layout di una singola stazione di saldatura ossiacetilenica: in essa sono presenti le bombole di ossigeno e acetilene, i riduttori di pressione di queste, le valvole di sicurezza, la torcia e l'economizzatore.

I requisiti generali per i sistemi di distribuzione della saldatura ad acetilene sono elencati nella UNI EN ISO 14113: 1999 - Apparecchiature per saldatura a gas - Tubi flessibili in gomma e plastica per gas compresso o liquefatto fino alla pressione massima di progetto di 450 bar.

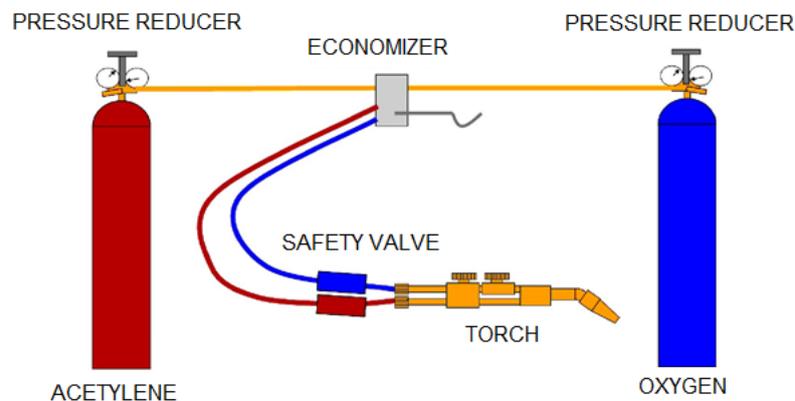


Fig. 3.1: attrezzatura

In particolare, la norma richiede che i sistemi di distribuzione dell'acetilene in bombole includano i seguenti componenti:

- ☐ valvola di non ritorno di alta pressione, posta immediatamente a valle dell'uscita della bombola o del pacco bombole;
- ☐ tubazioni di distribuzione ad alta pressione, una parte delle quali può essere costituita da tubi flessibili;
- ☐ dispositivo di interruzione rapido, manuale o automatico;
- ☐ riduttore di pressione della bombola o riduttore di pressione del sistema di distribuzione;
- ☐ indicatori di pressione a monte ea valle del riduttore di pressione, ad esempio manometri;

☒ tubazioni di bassa pressione a valle del riduttore di pressione del sistema di distribuzione, che vanno ai dispositivi di sicurezza inclusi, posti immediatamente a valle del riduttore di pressione;

☒ valvola di non ritorno a bassa pressione;

☒ dispositivo antifiamma a bassa pressione;

☒ termoblocco o dispositivo a pressione.

3.1 Ossigeno

L'ossigeno è fondamentale per una perfetta combustione: solo alimentandolo alla torcia insieme al combustibile, in un rapporto volumetrico praticamente unitario, è possibile ottenere temperature di fiamma elevate.

Viene prodotto industrialmente per distillazione frazionata dell'aria liquida ed è fornito in tubi di acciaio ad una pressione generalmente di 200 bar, oppure in forma liquida.

3.1.1 Bombola di ossigeno

I cilindri possono essere di diverse capacità; normalmente si utilizzano bombole da 4 ÷ 8 m³ (valori riferiti alla pressione atmosferica). Il volume di ossigeno contenuto in una bombola è approssimativamente proporzionale alla pressione indicata dal manometro; questo permette di sapere quanto ossigeno rimane nella bombola dopo l'uso.

Le bombole di ossigeno sono dotate di valvola in ottone con filettatura destrorsa e sono identificabili grazie ad una fascia bianca posta in alto sull'ogiva. Il riduttore di pressione è avvitato alla valvola, che ha il compito di mantenere la pressione al valore richiesto nella tubazione di mandata al cannello.

3.1.2 Sicurezza

Poiché il grasso e l'olio possono infiammarsi spontaneamente ed esplodere a contatto con ossigeno puro sotto pressione, non devono mai essere utilizzati in nessuna parte dell'attrezzatura e in particolare sulle filettature del riduttore.

Le perdite di ossigeno possono essere rilevate applicando una soluzione saponosa. Non utilizzare mai una fiamma libera per cercare perdite.

Nel caso di ossigeno in una bombola, deve essere posta in posizione verticale, opportunamente fissata (ad esempio con catene) e lontano da fonti di calore, per proteggersi da aumenti di pressione con conseguente rischio di gravi esplosioni.

3.2 Acetilene

L'acetilene è un idrocarburo insaturo della serie aciclica, che non si trova in natura, ma prodotto per reazione tra acqua e carburo di calcio o dall'etilene derivato dal petrolio.

L'acetilene puro è praticamente inodore; il caratteristico odore di aglio che spesso si avverte è infatti dovuto al fosforo idrogeno (PH₃), presente come impurità.

È un gas instabile che tende a decomporsi con una forte reazione esotermica, cioè che genera calore, tanto più violentemente quanto maggiore è la sua pressione.

3.2.1 Bombola di acetilene

Per evitare il pericolo di esplosione, l'acetilene viene immagazzinato all'interno delle bombole allo stato sciolto e non compresso.

Normalmente è sciolto in acetone che impregna una massa porosa che occupa l'intero volume del cilindro. L'acetone può sciogliere a pressione ambiente un volume di acetile 25 volte il suo; inoltre, per ogni aumento di pressione di un bar, ne può assorbire tanto (per cui a 15 bar un litro di acetone può ricevere fino a 375 litri di acetilene). La pressione dell'acetilene disciolto non può, per legge, superare i 15 bar a 15 ° C.

Per garantire la massima stabilità dell'acetilene ed evitare che la decomposizione locale dell'acetilene si generi sotto l'azione di un impatto meccanico o di un aumento della temperatura, la bombola viene riempita con masse porose che assorbono l'acetilene.

Si tratta, in particolare, di materiali granulati o polverulenti (ad esempio carbone granulato, che ha anche il vantaggio di gonfiarsi leggermente riempiendo i vuoti quando viene immerso in acetilene).

Di conseguenza, una bombola contiene acetone, acetilene disciolto, materiale poroso e spazio libero occupato dalla fase gassosa (acetilene e vapori di acetone) in equilibrio con la fase liquida, con le percentuali medie riportate in Figura 3.2.

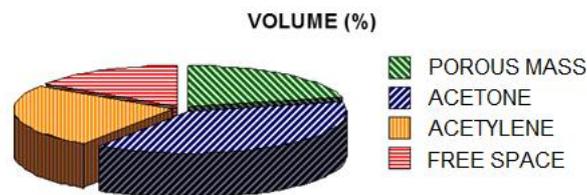


Fig. 3.2: Contenuto di una bombola di acetilene

3.2.2 Sicurezza

L'acetilene è un gas infiammabile e quindi è necessario evitare con precisione la violenza delle fiamme libere su bombole, tubi e condutture.

Inoltre, l'acetilene può in parte remi fortemente condizionato con il rame formando un composto (acetiluro di rame) che è esplosivo. Pertanto, la norma internazionale UNI EN ISO 9539: 2010 impone che tubi, raccordi e materiali con i quali il gas viene a contatto (valvole di riduzione, ecc.), Abbiano un basso contenuto di rame.

3.3 Riduttore di pressione

L'acetilene e l'ossigeno sono contenuti nelle bombole a una pressione maggiore di quella richiesta per il funzionamento della torcia. Pertanto, è necessario che la pressione venga ridotta e mantenuta costante al valore appropriato indipendentemente dalla portata di gas richiesta. Questa funzione è svolta dal riduttore di pressione, mostrato in figura 3.3.

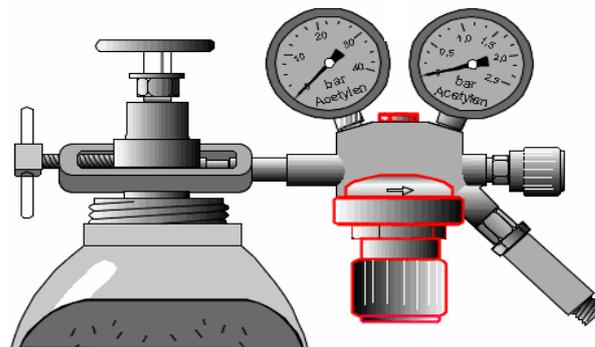


Fig. 3.3: riduttore di pressione

3.4 Valvola di sicurezza

Nella maggior parte delle applicazioni, le pressioni dell'acetilene e dell'ossigeno possono anche essere molto diverse tra loro (anche di un certo ordine di grandezza). Ciò può causare il ritorno della miscela acetilene / ossigeno alla linea di pressione inferiore; considerando inoltre che questo ritorno parte dalla torcia, è possibile considerare che questo dorso è accompagnato dalla combustione della miscela (è il "ritorno di fiamma").

3.5 Economizzatore

L'economizzatore è un componente tipico delle postazioni fisse, con il compito di permettere l'afflusso dei due gas solo durante la saldatura, eliminando il loro consumo durante le interruzioni del lavoro.

È costituito essenzialmente da una valvola che chiude il passaggio di entrambi i gas alla linea di scarico alla torcia (Figura 3.16). La valvola, normalmente aperta, è comandata da una leva a gancio, un abbassamento che ne determina la chiusura.

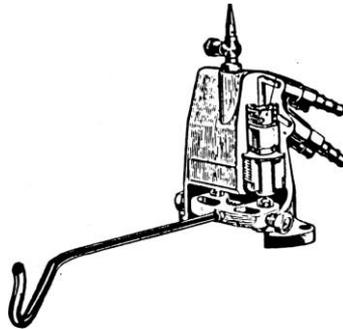


Fig. 3.4: economizzatore

3.6 Tubi

All'uscita dell'economizzatore, o dai riduttori di pressione, i gas vengono convogliati alla torcia attraverso tubi flessibili in gomma, per consentire al saldatore una adeguata mobilità della fiamma. Questi tubi sono costituiti da una serie di guaine di gomma, rinforzate con un rinforzo metallico o non metallico.

3.7 Torcia

È l'apparecchio a cui giungono il gas combustibile e il gas comburente e nel quale avviene la loro intima miscelazione, necessaria per consentire una regolare combustione all'uscita del punto. Lo svolgimento di queste funzioni e la necessità della massima manovrabilità (per non affaticare il saldatore) richiedono un'adeguata costruzione.

A seconda della pressione del gas per il funzionamento della torcia, si distinguono torce a bassa pressione (ossigeno regolato tra 1 e 2 bar, acetilene tra 0,01 e 0,02 bar) e alta pressione (ossigeno e acetilene alla stessa pressione di 0,5 - 0,75 bar).

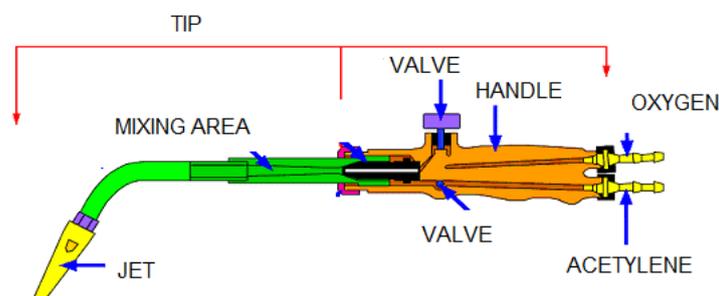


Fig. 3.5 Torcia

4. Tecnica operativa

4.1 introduzione

Le tecniche operative utilizzate con il processo ossiacetilenico sono differenti a seconda della posizione di saldatura. Di conseguenza, anche i parametri di saldatura sono diversi.

Indipendentemente dalle tecniche dalle posizioni, è comunque importante che la punta dell'asta e la vasca di fusione siano sempre mantenute all'interno della zona di protezione dalla fiamma (zona di riduzione).

4.1.1 Saldatura in PA

La saldatura in piano può essere eseguita con una tecnica verso sinistra (in cui la torcia è puntata nella direzione di avanzamento) o verso destra (con la torcia puntata nella direzione opposta), come mostrato in Figura 4.1.

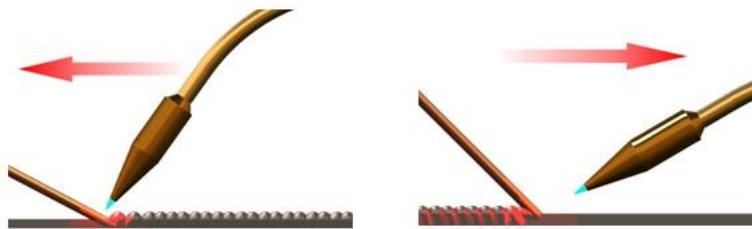


Fig. 4.1: tecniche di saldatura (a sinistra, a sinistra ea destra, a destra)

La tecnica push prevede un movimento rettilineo della torcia con un angolo di $30 \div 40^\circ$ rispetto al piano orizzontale, la punta del dardo a $2 \div 3$ mm rispetto alla piscina e utilizza l'asta con laterale ad U trasversale movimenti (Figura 4.2), in modo da portare il dardo verso il basso in tempo per garantire la fusione del bordo inferiore e, se necessario (saldatura di spessori maggiori di 3 mm), per allargare la fusione a tutta la larghezza del picchettamento.

Questa tecnica è particolarmente indicata per la saldatura di lamiere sottili con bordi dritti, anche se c'è il rischio di crescita del grano, poiché la sorgente termica investe una grande area.

La tecnica operativa a sinistra viene invece utilizzata con la freccia costantemente puntata verso il bagno di saldatura con un angolo variabile tra 45° e 75° a seconda dello spessore. Solo nel caso di spessori superiori a questo movimento si aggiunge un piccolo movimento circolare, al fine di ottenere una buona fusione.

L'asta di riempimento è costantemente a contatto con il bagno di saldatura (Figura 4.3).

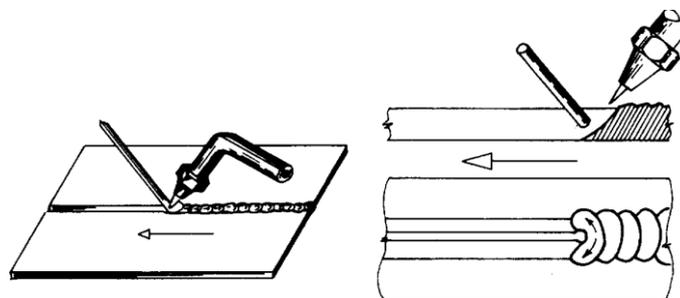


Fig. 4.2: verso sinistra

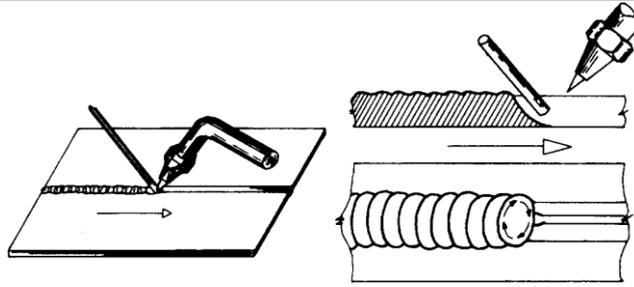


Fig. 4.3: verso destra

Tecniq ue	Acetylene flow [l/h]	Travel speed [mm/min]	Diameter of filler metal [mm]
Leftward	100 s*	200 / s*	s*/2 +1
Rightward	100 s*	250 / s*	s*/2
s* is the thickness of joint (mm)			

4.1.2 Saldatura in PF

Quando l'asse del giunto da saldare è verticale, la saldatura può essere eseguita dall'alto verso il basso (metodo discendente) o dal basso verso l'alto (metodo ascendente). Quest'ultimo è sicuramente da preferire in quanto consente un miglior controllo della vasca e della penetrazione, con conseguenti migliori caratteristiche del giunto.

Per la realizzazione di questo tipo di giunzioni viene utilizzata una posizione della torcia inclinata di 30 ° sotto l'orizzontale e l'asta di riempimento inclinata di 20 ÷ 30 ° sopra l'orizzontale stesso.

La torcia ha semplicemente un movimento longitudinale di traslazione, e una velocità tale da produrre e mantenere un foro aperto che permette al metallo fuso di penetrare nella parte posteriore e renderlo un cordone continuo. La punta del dardo deve sfiorare la superficie del pool di fusione e non staccarsi finché non è appena sufficiente per consentire l'introduzione dell'asta di riempimento nel pool di fusione (Figura 4.4).

La bacchetta di riempimento è animata da un movimento di avanzamento verticale accompagnato da un susseguirsi di rapide giustapposizioni e arretramenti dell'ordine di 3 ÷ 4 mm, in modo da depositare successive gocce di metallo fuso nella vasca di fusione.

Per spessori superiori (oltre 4 mm) è inoltre necessario conferire all'asta un leggero movimento oscillatorio trasversale. In ogni caso la tecnica è applicabile per spessori non superiori a 6 mm.

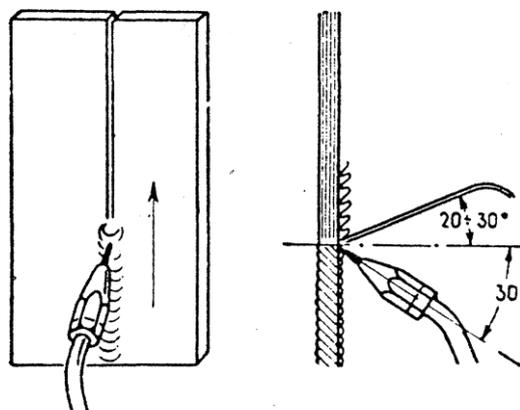


Fig. 4.4: saldatura verticale

Tecnikue	Acetylene flow [l/h]	Travel speed [mm/min]	Diameter of filler metal [mm]
Verticale ascendente	60 s*	150 / s*	s*/2
s* Is the thickness of the joint (mm)			

4.1.3 Saldatura in PC

Finché lo spessore è sottile ($s < 3$ mm) si opera in modo simile alle posizioni precedenti.

4.2 Calcolo della portata termica

Nel caso di saldatura ad arco, l'apporto termico specifico è calcolato in riferimento ai parametri elettrici e come rapporto tra la potenza elettrica utilizzata (in W) e la velocità di saldatura. Analogamente, nel caso di saldatura ossiacetilenica, la potenza termica può essere calcolata con buona approssimazione facendo riferimento al potere calorifico inferiore dell'acetilene (H_i) dell'acetilene, ipotizzando una perfetta combustione.

Di conseguenza, essendo H_i pari a $36 \text{ kJ} / \text{dm}^3$, l'apporto termico specifico (Q_1) può essere calcolato in base alla seguente relazione:

$$Q_1 = \frac{P \cdot H_i}{V_{\text{sald}}} = \frac{36 \cdot P}{V_{\text{sald}}} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{mm}} \right]$$

poiché P è la portata in l / min e v_{sald} la velocità di spostamento in mm / min.

4.3 Preparazione dei lembi

La preparazione dei lembi per la saldatura ossiacetilenica può essere quadrata oa forma di V, come mostrato di seguito.

La preparazione con bordi squadrati è possibile fino a spessori di circa 6 mm, come segue:

☐ per spessori "s" fino a 3 mm, la distanza tra le alette deve essere compresa tra 0 e 2 mm;

☐ per spessori "s" da 3 a 6 mm (solo per saldature eseguite in piano a spinta o verticale), la distanza tra i bordi deve essere compresa tra $s / 2$ e $(s / 2 + 1)$ mm.

La preparazione a V può essere utilizzata per spessori maggiori di 6 mm, anche se l'uso della saldatura ossiacetilenica per spessori maggiori di 8 mm deve essere considerato del tutto eccezionale.

☐ Per spessori "s" compresi tra 3 e 6 mm, l'angolo di apertura della cava deve essere di almeno 80° , lo spallamento 0 mm e lo spazio tra $s / 4$ e $(s / 4 + 1)$ mm;

☐ per spessori "s" compresi tra 6 e 12 mm, l'angolo di apertura della gola deve essere compreso tra 60° e 70° , la faccia di 0 mm e la luce come sopra.

4.4 Corretto funzionamento dell'attrezzatura

Supponendo che il saldatore abbia già regolato la pressione del gas ai valori attesi, la procedura di accensione della torcia deve partire dall'acetilene. Procedere quindi aprendo il rubinetto dell'acetilene e accendendo il gas utilizzando un apposito accendino a pietra focaia o la fiamma dell'economizzatore; in questo modo si ottiene una fiamma lunga e fuliginosa. A questo punto si procede aprendo il rubinetto dell'ossigeno, regolando la fiamma (neutra, ossidante o combustibile) secondo necessità.

Per quanto riguarda lo spegnimento si procederà in modo analogo interrompendo prima il flusso di acetilene e successivamente quello di ossigeno, lasciando che l'efflusso di quest'ultimo raffreddi la punta della torcia.

Una torcia in buono stato di manutenzione e ben utilizzata non deve dar luogo a gravi incidenti nel corso dell'utilizzo; è comunque regola generale fermare l'arrivo dell'acetilene e dell'ossigeno in caso di incidente, limitandone così il raggio d'azione.

5. Applicazione

Considerando le caratteristiche della sorgente di calore (ed in particolare la bassa concentrazione di energia), è facile notare che il processo di saldatura a fiamma ossiacetilenica è generalmente limitato all'esecuzione di giunzioni tra elementi di spessore limitato (6 o 8 mm al massimo), anche in considerazione degli elevati apporti termici, che su spessori maggiori di 2 mm possono facilmente superare i 10 kJ / mm, con le conseguenti implicazioni in termini metallurgici e meccanici (tensioni e deformazioni di saldatura).

5.1 Tipo di giunto

La possibilità di avere la sorgente termica separata dal metallo d'apporto e la buona controllabilità del bagno di saldatura rendono il processo particolarmente utile nei casi in cui non sia possibile eseguire la saldatura da entrambi i lati (ad esempio nel caso di giunzioni di tubi di piccole dimensioni diametro e, ovviamente, di spessore limitato). Al saldatore, infatti, è consentito gestire una sorgente termica silenziosa e metodica, adattabile alle circostanze per ogni sezione del giunto, senza necessità di continui e tempestivi interventi, che portano sempre a irregolarità più o meno evidenti nella parte posteriore del giunto (come ricarica difettosa, gocciolamento, porosità, mancanza di penetrazione locale).

Va infine notato che il processo ossiacetilenico permette facilmente nei casi in cui l'accessibilità è notevolmente compromessa da ostacoli che si possono trovare in prossimità del giunto.

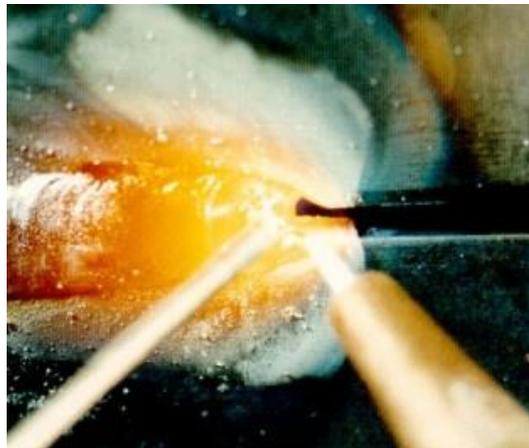


Fig. 5.1: saldatura di un tubo

5.2 Materiali di base

Il ridotto potere termico della fiamma ossiacetilenica può dar luogo a fenomeni di accrescimento del grano. Si manifesta principalmente nella zona termicamente alterata del materiale di base, a causa della permanenza relativamente lunga ad alta temperatura e del lento raffreddamento dell'area circostante il giunto, a causa della modesta velocità di saldatura. Una crescita del grano è, in un certo senso, inevitabile con un procedimento "lento" come quello ossiacetilenico, ma può manifestarsi in modo più o meno accettabile a seconda della capacità operativa del saldatore. La crescita del grano riduce la tenacità del giunto. Risulta particolarmente temibile negli acciai a grana fine (come quelli per tubi di servizio a bassa temperatura, quindi l'uso del processo ossiacetilenico è sostanzialmente

sconsigliato) e in quelli basso legati (come quelli con Mo e Cr-Mo, per le caldaie, quindi una verifica della tenacità dei giunti,

Di conseguenza, i materiali su cui può essere applicato il processo sono oggi limitati principalmente agli acciai al carbonio e basso legati (con un limite massimo rappresentato dall'acciaio 1.25 Cr - 0,5 Mo). Per altri materiali, come acciai Cr-Mo legati, leghe, acciai inossidabili Cr e Cr-Ni, alluminio e sue leghe, rame e sue leghe, ecc., i processi con protezione da gas inerti (TIG e MIG) hanno completamente sostituito l'applicazione del processo ossiacetilenico. Infine, il processo trova largo impiego per applicazioni di brasatura, dove la "dolcezza" della fiamma e le sue caratteristiche riducenti si prestano particolarmente alle caratteristiche della brasatura stessa.

5.3 Difetti tipici

Le imperfezioni di saldatura possono essere riconducibili a problemi metallurgici (come nel caso di cricche calde o fredde) oppure a problemi operativi, cioè legati alla combinazione di processo di saldatura, condizioni di lavoro e capacità del saldatore.

Il processo di saldatura con la fiamma ossiacetilenica, per le sue caratteristiche, può dar luogo principalmente a mancanze di fusione e irregolarità della maglia. Sono possibili altri difetti, ma sono dovuti al saldatore.

5.4 Metallo di riempimento

Il processo di saldatura a fiamma ossiacetilenica viene applicato alla cassa degli acciai al carbonio e debolmente legati. A questi materiali sono dedicate le due normative attualmente in uso. La classificazione europea è trattata dalla UNI EN 12536: 2001, che prevede un simbolo costituito dalla lettera di identificazione del processo (una "O"), seguita da un numero romano che si riferisce alla composizione chimica e al comportamento in saldatura.

La classificazione AWS A 5.2: 2007 "Specificata per barre di acciaio al carbonio e basso legato per saldatura gas ossiacetilenico" utilizza anche un codice alfanumerico, caratterizzato da una R, seguito da un numero riportato al carico di rottura del deposito, misurato con trazione longitudinale test ed espresso in kPSi.

Symbol	Chemical composition								Behaviour		
	C	Si	Mn	P*	*S	Mo	Ni	Cr	Fluidity**	Spatter**	Porosity**
O Z	No specific requirement										
O I	0,03÷0,1 2	0,02÷0,2 0	0,35÷0,6 5	0,03	0,02 5	-	-		A	A	A
O II	0,03÷0,2 0	0,05÷0,2 5	0,50÷1,2 0	0,02 5	0,02 5	-	-		M	M	A
O III	0,05÷0,1 5	0,05÷0,2 5	0,95÷1,2 5	0,02	0,02	-	0,35÷0,8 0		B	B	B
O IV	0,8÷0,15	0,10÷0,2 5	0,90÷1,2	0,02	0,02	0,45÷0,65			B	B	B
O V	0,10÷0,1 5	0,10÷0,2 5	0,80÷1,2	0,02	0,02	0,45÷0,65		0,80÷1,2 0	B	B	B
O VI	0,03÷0,1 0	0,10÷0,2 5	0,40÷0,7 0	0,02	0,02	0,90÷1,20		2,00÷2,2 0	B	B	B

Notes:
 * Maximum values
 ** A = High; M = Medium; B = Low

Symbol	Tensile strength (Rm)		A%
	ksi	MPa	
R45	No requirement		
R60	60	410	20
R65	65	450	16
R100	100	690	14
RXXX-G	XXX*		No requirement
* Admitted values 45, 60, 65, 70, 80, 90, 100.			

BIBLIOGRAFIA UNITARIA

[1]

GLOSSARIO

Comprende i concetti principali, nuovi e / o complessi visti nell'unità, come un dizionario. Questo tipo di risorsa è importante soprattutto quando il corso è rivolto a studenti senza conoscenza della materia. Le voci del glossario sono ordinate alfabeticamente.

Welding Processes – MMA

1.1 Nome del corso

Saldatura MMA

1.2 Durata del corso

5 ore

1.3 Scopo del corso

In questa unità vengono mostrati elementi specifici relativi al processo di saldatura MMA, specificamente relativi alle attrezzature di saldatura, influenza dei parametri di saldatura sulla qualità della saldatura e salute e sicurezza.

Per sviluppare adeguatamente i compiti di saldatore, lo studente deve avere familiarità con l'uso delle attrezzature e l'influenza dei parametri di saldatura sulla qualità, quindi questa unità didattica è molto importante per lo studente che vuole applicare la saldatura MMA nella sua vita professionale, ovviamente, curando tutti gli aspetti di salute e sicurezza.

1.4 Obiettivi del corso

Delinea gli obiettivi del corso

- *Lo studente è in grado di:*

Conoscenza	Competenze	Atteggiamenti	Concorsi di apprendimento
Spiegare la terminologia associata alle procedure di saldatura MMA.	Utilizzare termini e definizioni coerenti con la terminologia di saldatura generalmente accettata come registrato negli standard di saldatura nazionali e internazionali; Descrivere le applicazioni, i vantaggi e le limitazioni del processo di saldatura MMA;	Collaborare con i membri del gruppo di lavoro per adempiere al compito; Assunzione all'interno del gruppo di lavoro delle responsabilità per il compito lavorativo.	Introduzione alla saldatura MMA. Processo di saldatura con elettrodi rivestiti.
Identificare i componenti di base e principali delle apparecchiature per la saldatura ad arco di metallo schermato e spiegarne la funzione e lo scopo. Spiegare l'importanza di una corretta attrezzatura	Identificare, selezionare e preparare l'attrezzatura di saldatura e gli elementi componenti specifici utilizzati nel processo di saldatura MMA: generatori, portaelettrodo;		Attrezzature ed elementi componenti specifici utilizzati nel processo di saldatura MMA; Fonte di potere.

<p>di saldatura per l'assemblaggio, e le conseguenze di un montaggio errato.</p> <p>Spiegare l'importanza della corretta impostazione della fonte di alimentazione e della scelta dell'elettrodo e le conseguenze di una selezione errata.</p> <p>Spiegare lo spessore dei materiali in relazione alle dimensioni e al tipo di elettrodo di saldatura utilizzato, e l'influenza della manipolazione degli elettrodi durante il processo di saldatura.</p>	<p>Scelta dei materiali, degli SDV e delle attrezzature necessarie per eseguire l'assemblaggio mediante saldatura MMA;</p> <p>Dimostrare le procedure di impostazione utilizzando simulatore / attrezzatura reale.</p>		<p>Portaelettrodo.</p> <p>Collegamento a terra.</p> <p>Cavi e terminali.</p>	
<p>Stabilire i parametri di utilizzo dell'arco elettrico e parte di esso;</p> <p>Identificare il tipo di elettrodo da utilizzare con corrente continua o alternata;</p>	<p>Preparare l'ambiente di saldatura.</p> <p>Identificare le potenziali cause di difetti o imperfezioni di saldatura prima della saldatura e prendere azione per soddisfare i requisiti.</p> <p>Scegli materiali di consumo / additivi per saldatura per giunti di saldatura attraverso processi di saldatura;</p> <p>Pratica la saldatura MMA di prodotti / parti semilavorati utilizzando simulatore / attrezzatura reale.</p>		<p>Tecnologie di saldatura MMA.</p>	

		<p>Eseguire la saldatura (saldatura MMA) di giunti di saldatura comuni in tutte le posizioni utilizzando un simulatore / attrezzatura reale.</p> <p>Ispezionare il prodotto finale per verificarne la conformità alle specifiche riportate sul disegno o sui requisiti del lavoro.</p> <p>Identificare i difetti di saldatura e intraprendere azioni correttive.</p> <p>Identificare le diverse posizioni di saldatura, definite nella norma ISO 6947: 2011.</p>			
	<p>Identificare i rischi di saldatura ed eliminarli in conformità con le pratiche di lavoro standard.</p>	<p>Rispettare le precauzioni di sicurezza.</p> <p>Applicare le misure da adottare per la prevenzione degli incidenti legati a rumore, fumo, incendi, scosse elettriche.</p>		<p>Misure di salute e sicurezza nella saldatura MMA.</p>	

1.5 Contenuti

1. Introduzione alla saldatura MMA

2. Attrezzatura per saldatura

- 2.1. Fonte di potere
- 2.2. Portaelettrodo
- 2.3. Collegamento a terra
- 2.4. Cavi e terminali

3. Tecnologia di saldatura

- 3.1. Caratteristiche di Arc
- 3.2. Parametri di saldatura
- 3.3. Accensione dell'arco
- 3.4. Elettrodo rivestito
- 3.5. Posizioni di saldatura

4. Salute e sicurezza nella saldatura MMA

1.6 Partecipanti

Caratteristiche dello studente: <i>(Delineare il profilo del gruppo di studenti target per il corso)</i>	<i>Conoscenza di base nella saldatura</i>
---	---

1.7 Requisiti di accesso

(Descrivere i requisiti di accesso al corso, se necessario)

Requisiti del livello di istruzione:	<i>Studenti delle scuole di formazione professionale (formazione sull'istruzione obbligatoria)</i>
Conoscenza precedente necessaria	<i>Conoscenza di base nella saldatura</i>
Requisiti di età:	<i>Età compresa tra 16 e 20 anni</i>

1.8 Attività di valutazione

Valutazione sommativa

- *Esame teorico mediante simulatore / computer autonomo o aula virtuale SIMTRANET*

1.9 Bibliografia (usata o supplementare)

- [1] Corso generale sulla tecnologia della saldatura. Fondo di formazione-CESOL. Modulo 1 e 2. 1994.
- [2] Documentazione del corso "European Welding Specialist". Moduli 1 e 2. 1995.
- [3] UNE-EN ISO 17633: 2006, materiali di consumo per saldatura. Fili e bacchette tubolari per saldatura ad arco con o senza protezione dal gas di acciai inossidabili e resistenti al calore. Classificazione.
- [4] AWS A5.1-04: Specifiche per elettrodi in acciaio al carbonio per saldatura ad arco in metallo schermato.
- [5] AWS A5.4-06: Specifiche per elettrodi in acciaio inossidabile per saldatura ad arco in metallo schermato.
- [6] AWS A5.30-07: Specifiche per inserti consumabili.

NUMERO UNITÀ: Unità didattica 1**TITOLO UNITÀ: Saldatura MMA****PRESENTAZIONE DELL'UNITÀ**

In questa unità vengono presentati articoli specifici relativi al processo di saldatura MMA, specificamente relativi alle apparecchiature di saldatura, influenza dei parametri di saldatura sulla qualità della saldatura e salute e sicurezza.

Per sviluppare adeguatamente i compiti di saldatore, lo studente deve avere familiarità con l'uso delle attrezzature e l'influenza dei parametri di saldatura sulla qualità, quindi questa unità didattica è molto importante per lo studente che vuole applicare la saldatura MMA nella sua vita professionale, ovviamente, curando tutti gli aspetti di salute e sicurezza.

OBIETTIVI

Gli obiettivi di queste unità sono:

- Lo studente è in grado di:

Conoscenza	Competenze	Atteggiamenti	Concorsi di apprendimento
Spiegare la terminologia associata alle procedure di saldatura MMA.	Utilizzare termini e definizioni coerenti con la terminologia di saldatura generalmente accettata come registrato negli standard di saldatura nazionali e internazionali; Descrivere le applicazioni, i vantaggi e le limitazioni del processo di saldatura MMA;	Collaborare con i membri del gruppo di lavoro per adempiere al compito; Assunzione all'interno del gruppo di lavoro delle responsabilità per il compito lavorativo.	Introduzione alla saldatura MMA. Processo di saldatura con elettrodi rivestiti.
Identificare i componenti di base e principali delle apparecchiature per la saldatura ad arco di metallo schermato e spiegarne la funzione e lo scopo. Spiegare l'importanza di una corretta attrezzatura di saldatura per l'assemblaggio,	Identificare, selezionare e preparare l'attrezzatura di saldatura e gli elementi componenti specifici utilizzati nel processo di saldatura MMA: generatori, portaelettrodo; Scelta dei materiali, degli SDV e delle attrezzature		Attrezzature ed elementi componenti specifici utilizzati nel processo di saldatura MMA; Fonte di potere. Portaelettrodo.

<p>e le conseguenze di un montaggio errato.</p> <p>Spiegare l'importanza della corretta impostazione della fonte di alimentazione e della scelta dell'elettrodo e le conseguenze di una selezione errata.</p> <p>Spiegare lo spessore dei materiali in relazione alle dimensioni e al tipo di elettrodo di saldatura utilizzato, e l'influenza della manipolazione degli elettrodi durante il processo di saldatura.</p>	<p>necessarie per eseguire l'assemblaggio mediante saldatura MMA;</p> <p>Dimostrare le procedure di impostazione utilizzando simulatore / attrezzatura reale.</p>		<p>Collegamento a terra.</p> <p>Cavi e terminali.</p>
<p>Stabilire i parametri di utilizzo dell'arco elettrico e parte di esso;</p> <p>Identificare il tipo di elettrodo da utilizzare con corrente continua o alternata;</p>	<p>Preparare l'ambiente di saldatura.</p> <p>Identificare le potenziali cause di difetti o imperfezioni di saldatura prima della saldatura e prendere azione per soddisfare i requisiti.</p> <p>Scegli materiali di consumo / additivi per saldatura per giunti di saldatura attraverso processi di saldatura;</p> <p>Pratica la saldatura MMA di prodotti / parti semilavorati utilizzando simulatore / attrezzatura reale.</p> <p>Eseguire la saldatura (saldatura MMA) di giunti</p>		<p>Tecnologie di saldatura MMA.</p>

	<p>di saldatura comuni in tutte le posizioni utilizzando un simulatore / attrezzatura reale.</p> <p>Ispezionare il prodotto finale per verificarne la conformità alle specifiche riportate sul disegno o sui requisiti del lavoro. Identificare i difetti di saldatura e intraprendere azioni correttive.</p> <p>Identificare le diverse posizioni di saldatura, definite nella norma ISO 6947: 2011.</p>		
<p>Identificare i rischi di saldatura ed eliminarli in conformità con le pratiche di lavoro standard.</p>	<p>Rispettare le precauzioni di sicurezza.</p> <p>Applicare le misure da adottare per la prevenzione degli incidenti legati a rumore, fumo, incendi, scosse elettriche.</p>		<p>Misure di salute e sicurezza nella saldatura MMA.</p>

CONTENUTI

1. Introduzione alla saldatura MMA
2. Attrezzatura per saldatura
 - 2.1. Fonte di potere
 - 2.2. Portaelettrodo
 - 2.3. Collegamento a terra
 - 2.4. Cavi e terminali
3. Tecnologia di saldatura
 - 3.1. Caratteristiche di Arc
 - 3.2. Parametri di saldatura
 - 3.3. Accensione dell'arco
 - 3.4. Elettrodo rivestito
 - 3.5. Posizioni di saldatura
4. Salute e sicurezza nella saldatura MMA

SVILUPPO DEI CONTENUTI

1. Introduzione alla saldatura MMA

La saldatura manuale ad arco metallico è un processo in cui la fusione del metallo è ottenuta dall'energia termica prodotta da un arco elettrico stabilito tra l'estremità di un elettrodo coperto e il metallo genitore del giunto da saldare.

Il materiale di riempimento viene fuso sotto forma di piccole gocce, che insieme al materiale di base fuso diventano la saldatura. Una scoria è ottenuta dal rivestimento dell'elettrodo, che funge da protezione del bagno di fusione dall'ambiente (vedi figura 1).

La saldatura manuale ad arco metallico è nota con le seguenti designazioni

- SMAW, saldatura ad arco metallico schermato (ANSI / AWS A3.0)
- 111, Saldatura ad arco metallico manuale (saldatura ad arco metallico con elettrodo rivestito) (EN ISO 4063)
- MMAW, Manual Metal-Arc Welding (Regno Unito).

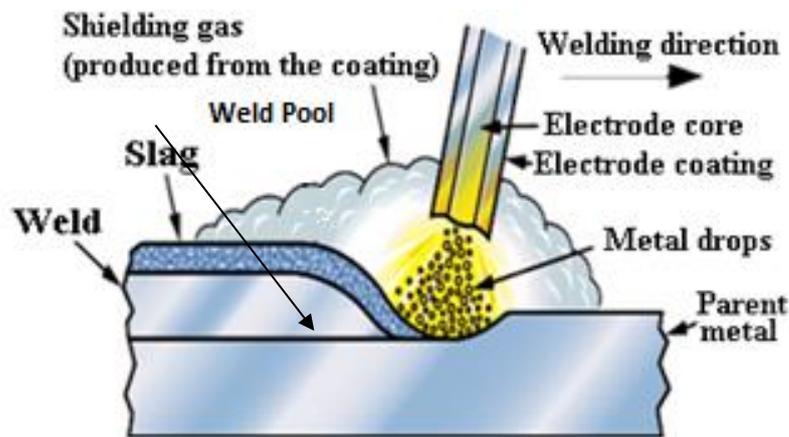


figura 1. Processo di saldatura mediante elettrodi rivestiti

Applicazioni, vantaggi e limitazioni

Questo tipo di processo di saldatura è il più diffuso tra tutti i processi di saldatura ad arco, principalmente per la sua versatilità, inoltre l'attrezzatura necessaria per la sua realizzazione è semplice, portatile ed economica di altre.

D'altra parte, la saldatura manuale ad arco del metallo è applicabile a quasi tutti i tipi di acciaio: carbonio, basso legato, acciaio inossidabile, resistente al calore, ecc. E molte leghe come rame-zinco (ottone), rame-stagno (bronzo), nichel e leghe di nichel.

Il metallo d'apporto ed i mezzi per la loro schermatura durante la saldatura provengono dall'elettrodo rivestito stesso. Non è necessaria alcuna protezione aggiuntiva da gas ausiliari o flussi granulari.

È meno sensibile al vento e alle correnti d'aria che elabora l'arco schermato dal gas. Questo lo rende ideale per il lavoro in loco. Ma il processo deve essere utilizzato ogni volta che è protetto da vento, pioggia e neve, a meno che non sia disponibile l'attrezzatura appropriata.

Inoltre, la saldatura MMA può essere utilizzata in tutti i tipi di giunti e posizioni. Tuttavia fattori come la produttività e la maggiore uniformità delle saldature ottenute per alcune, seppur numerose, applicazioni, stanno facendo sì che altri processi di saldatura stiano spostando la saldatura manuale ad arco metallico.

La saldatura MMA non è applicabile ai metalli a basso punto di fusione come piombo, stagno, zinco e sue leghe, perché il calore intenso dell'arco è troppo per loro. Né è applicabile a metalli con elevata sensibilità all'ossidazione, come titanio, zirconio, tantalio o niobio, poiché la protezione fornita dal rivestimento è insufficiente per evitare la contaminazione da ossigeno della saldatura. Né si applica allo spessore superiore di 38 mm, perché ci sono processi più produttivi per grandi spessori. Per piccoli spessori esistono piccoli elettrodi da 1,6 e 2 mm che permettono di saldare lamiere di 1,5 mm di spessore, anche se per questi spessori esistono altre lavorazioni più efficienti.

La saldatura MMA può essere utilizzata in combinazione con altri processi di saldatura, applicando la passata di radice o il riempimento (viene generalmente utilizzata in combinazione con il processo TIG per la saldatura di tubi, dove la radice è realizzata con TIG e gli strati di riempimento e tappatura sono realizzati con saldatura MMA).

I principali settori di applicazione sono la cantieristica navale, macchinari, strutture, serbatoi e sfere di stoccaggio, ponti, recipienti a pressione e caldaie, raffinerie di petrolio, oleodotti e gasdotti e ogni altra opera simile. Questo processo è adatto anche per effettuare riparazioni.

2. Attrezzatura per saldatura

In sostanza, il metodo consiste nello stabilire un circuito elettrico chiuso, che richiede una fonte di alimentazione adeguata dotata di due terminali, uno collegato da un cavo ad un portaelettrodo, in cui viene fissato un morsetto un elettrodo rivestito, e l'altro terminale è collegato al pezzo, da un cavo di ritorno e un morsetto di terra. Il circuito viene chiuso attraverso l'arco che si stabilisce tra la punta dell'elettrodo e il punto di saldatura sul pezzo (figura 2).

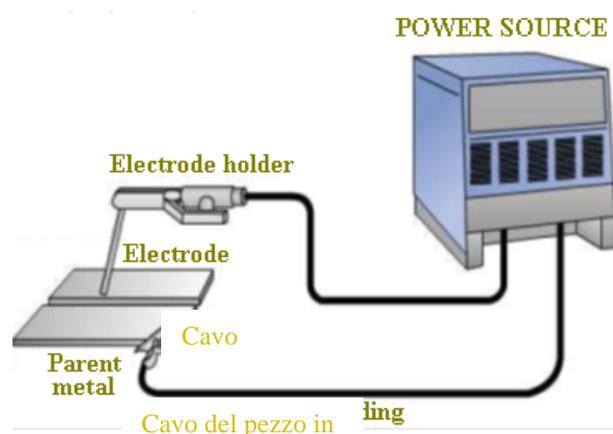


Figura 2: attrezzatura per saldatura

2.1. Fonte di potere

Questo processo richiede bassa tensione e alta corrente. Questo è esattamente l'opposto che le società elettriche forniscono al posto di lavoro. Il generatore è l'elemento che si occupa di trasformare e / o convertire la rete di alimentazione elettrica in altra, AC o DC, con una tensione e una corrente adatte alla costituzione e stabilizzazione

dell'arco. Queste fonti di energia sono macchine elettriche che, in base alla loro struttura, vengono chiamate trasformatori, raddrizzatori o convertitori.

Nella scelta della sorgente di alimentazione è necessario considerare l'elettrodo da utilizzare, in modo che possa fornire il tipo di corrente (AC o DC), l'intervallo di corrente e la tensione a vuoto richiesta.

Caratteristiche della fonte di alimentazione.

Ciascun alimentatore per saldatura ha una propria curva caratteristica tensione-corrente, come mostrato nella Figura 3.

La caratteristica dell'alimentatore è una rappresentazione grafica della relazione tra la tensione e la corrente della sorgente. La corrente e la tensione ottenute nel processo di saldatura vero e proprio sono determinate dall'intersezione delle curve caratteristiche della macchina e dell'arco. Questo è il punto di lavoro o punto di lavoro definito dalla corrente e dalla tensione di saldatura.

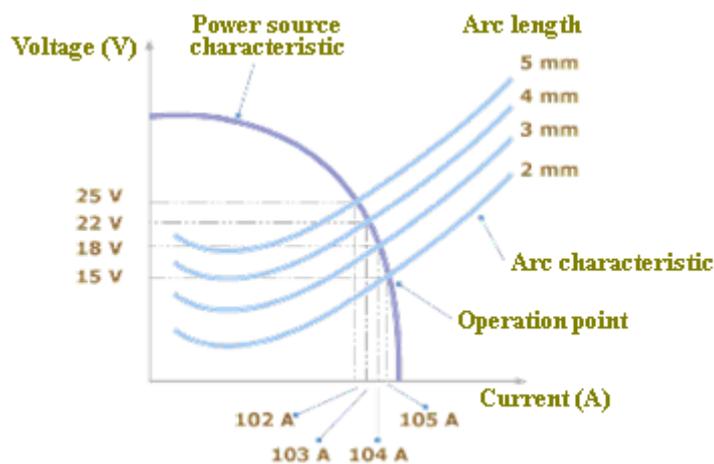


Figura 3: variazione della lunghezza dell'arco.

Il generatore per la saldatura deve presentare una caratteristica di pendenza verso il basso (corrente costante), in modo che la corrente di saldatura non sia influenzata dalle variazioni della lunghezza dell'arco.

Per capire come controllare le caratteristiche della sorgente è importante comprendere due parametri chiave: tensione a circuito aperto e corrente di cortocircuito.

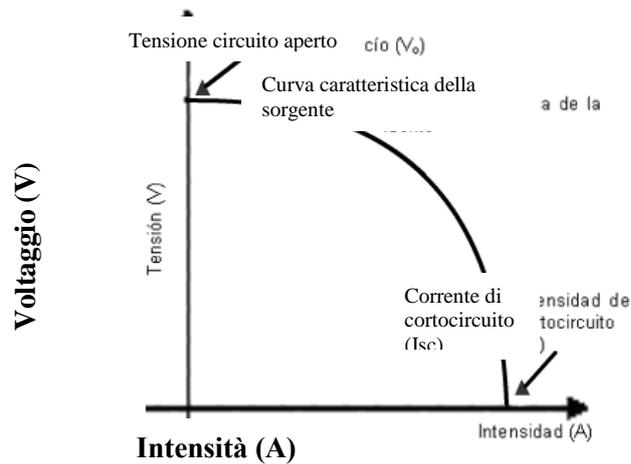


Figura 4. Curva caratteristica della sorgente di saldatura

Tensione a circuito aperto
La tensione a circuito aperto (V_0) è la tensione massima che il generatore può fornire ed è la tensione ai terminali del generatore quando non sta saldando. La tensione a circuito aperto del circuito è solitamente maggiore del doppio della tensione di saldatura. Viene utilizzato principalmente per garantire facilità di accensione e stabilità dell'arco, quindi a causa della maggiore instabilità dell'arco durante la saldatura con AC, i trasformatori hanno una tensione a circuito aperto maggiore dei raddrizzatori.
Corrente di cortocircuito
La corrente di cortocircuito (I_{sc}) è la corrente massima fornita dal generatore. Per innescare l'arco si produce un cortocircuito, in questo momento la tensione viene annullata e la corrente che scorre è massima (I_{sc}), grazie a ciò l'elettrodo si riscalda e può stabilizzare l'arco.

Questi due parametri sono di particolare rilevanza nella saldatura TIG, contribuendo a facilitare l'instaurazione dell'arco.

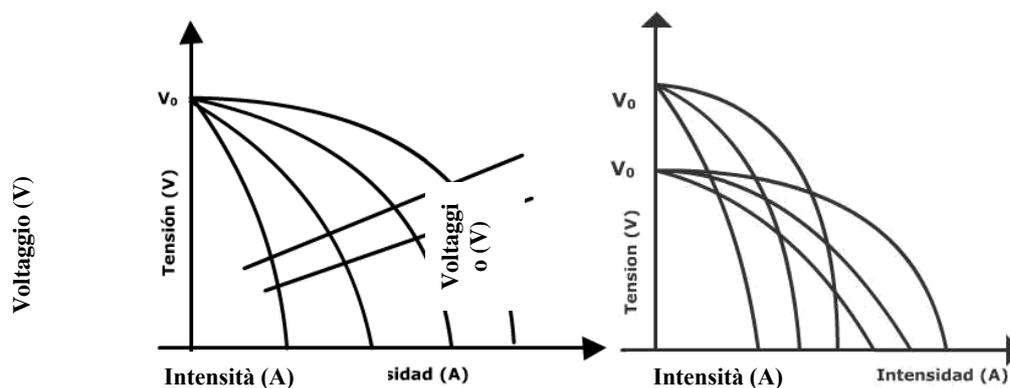


Figura 5. Variazione delle curve caratteristiche del generatore

In generale si può dire che la variazione della pendenza della curva si ottiene agendo sul campo magnetico generato nel trasformatore, mentre le variazioni di tensione a circuito aperto sono effettuate da piombo nel circuito primario o secondario, è semplicemente variabile il numero di spire nelle bobine primarie o secondarie per derivazioni.

Tipi di alimentazione

I componenti più importanti di un generatore sono:

- **Trasformatore** . È il dispositivo che trasporta l'energia elettrica. La corrente con una certa tensione e amperaggio entra nel trasformatore e ne esce con amperaggio e voltaggio diversi, essendo l'ingresso di alimentazione iniziale e l'uscita praticamente uguali.

Sebbene esistano trasformatori molto complessi, qui ne verrà mostrato uno molto semplice che serve al lettore come riferimento.

- **Raddrizzatore** . È un dispositivo che permette il passaggio della corrente in una sola direzione, convertendo così la corrente alternata in corrente continua. L'elemento raddrizzatore, il diodo, può essere descritto come l'equivalente elettrico di una valvola unidirezionale.
- **Convertitore e gruppi elettrogeni** . Convertitori e gruppi elettrogeni sono costituiti da un motore, che può essere elettrico o può essere a combustione interna e da un generatore, che può essere CC (chiamato anche alternatore) o CA.

2.2. Portaelettrodo

Il portaelettrodo conduce l'elettricità all'elettrodo e lo trattiene. Per evitare il surriscaldamento delle ganasce, è necessario mantenerle in perfette condizioni. Il surriscaldamento comporterebbe una qualità ridotta e una prestazione difficile della saldatura.

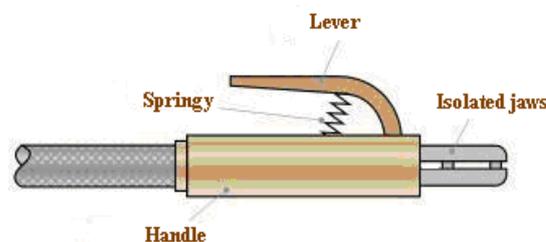


Figura 6: portaelettrodo

Deve essere sempre selezionato un morsetto adatto in base al diametro dell'elettrodo da utilizzare.

Durante la saldatura è sconsigliato fondere tutta la lunghezza dell'elettrodo ricoperto, perché il riscaldamento prodotto nell'elettrodo può intaccare le ganasce isolate bruciandole. Di solito circa 60 mm vengono lasciati non consumati. La figura 6 rappresenta un tipico portaelettrodo.

2.3. Collegamento a terra

Il corretto collegamento del pezzo è molto importante. Il posizionamento del morsetto del pezzo in lavorazione ha particolare rilevanza nella saldatura con corrente continua. Una posizione non idonea può causare il colpo magnetico, difficile da controllare l'arco.

Anche il metodo di fissaggio del morsetto del pezzo è importante, perché un pezzo che è fissato male non fornisce un contatto elettrico coerente e la connessione si surriscalda, causando un'interruzione nel circuito e la scomparsa

dell'arco. Il metodo migliore è utilizzare una piastra di contatto in rame fissata con un morsetto. Se a causa di questo dispositivo la contaminazione del metallo di base da parte del rame fosse dannosa, il pattino di rame deve aderire ad una piastra compatibile con il pezzo da lavorare, che è fissato al pezzo.

Per le parti rotanti il contatto deve essere effettuato da pattini che scivolano sul pezzo o da cuscinetti sull'albero su cui il pezzo è montato. Quando si usano scarpe scorrevoli, almeno due devono essere posizionate, perché se si verifica un contatto perdente in una scarpa, l'arco si spegne.

2.4. Cavi e terminali

I cavi devono guidare l'alimentazione dal generatore di saldatura al portaelettrodo e al collegamento del pezzo da lavorare.

È necessario assicurarsi che la sezione del cavo sia adeguata alla corrente da impiegare (vedere la sezione Sicurezza e salute). I cavi vengono riscaldati a causa del flusso di corrente elettrica che li attraversa, per un effetto noto come effetto Joule. A una corrente di saldatura più alta, maggiore è il riscaldamento sperimentato dai cavi, che richiede l'uso di cavi di diametro maggiore.

I terminali sono gli elementi utilizzati per collegare i cavi al generatore. È importante che questi collegamenti siano saldi, al fine di evitare la comparsa di falsi archi che possono produrre saldature in questi terminali, che disabiliterebbero parzialmente l'apparecchiatura.

3. Tecnologia di saldatura

È molto importante conoscere e studiare la tecnologia di ogni processo di saldatura, poiché ci sono diversi parametri da considerare durante la saldatura. Per quanto riguarda la saldatura MMA, ci concentreremo sulle proprietà dell'arco, i parametri di saldatura, l'accensione dell'arco, l'elettrodo rivestito e le posizioni di saldatura.

3.1. Proprietà dell'arco

L'arco è definito come una scarica elettrica attraverso un gas ionizzato, chiamato plasma, tra un elettrodo e il pezzo in lavorazione. Se l'arco viene mantenuto, avviene il passaggio di una corrente elettrica che rilascia una grande quantità di energia, sotto forma di calore e radiazione elettromagnetica. Il calore produce una temperatura elevata e provoca la fusione dell'elettrodo e del pezzo a contatto con l'arco.

L'arco è costituito da due parti concentriche, quella interna chiamata plasma e quella esterna chiamata fiamma.

- **Fiamma.** È l'area al di fuori dell'arco. È più freddo del plasma ed è generalmente composto da atomi generati dalle molecole di gas che o a contatto con la superficie della colonna di plasma si dissociano, oppure una volta dissociate si staccano da essa, che nella fiamma si ricombinano formando molecole e liberando l'energia assorbita, per dissociazione, sotto forma di calore.

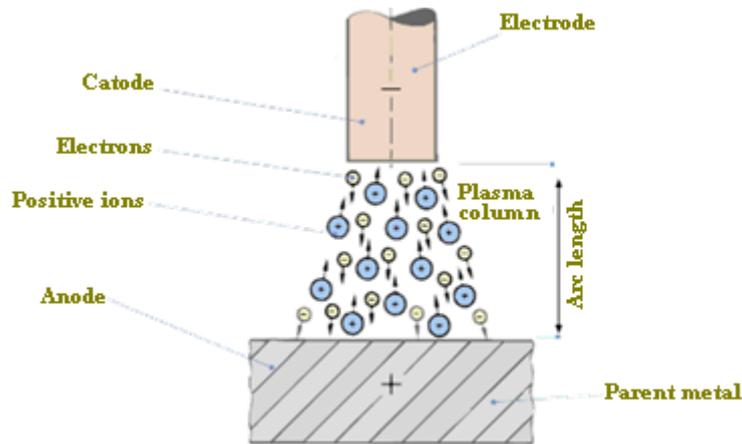


Figura 7: Descrizione dell'arco elettrico.

- **Plasma.** Il plasma è un gas ionizzato che trasporta la corrente e i seguenti componenti:
 - Gli elettroni, che si muovono dal polo negativo (catodo) a quello positivo (anodo).
 - Ioni metallici, che si muovono in direzione opposta.
 - Metalli fusi, principalmente, dall'elettrodo.
 - Scorie.
 - Vapori metallici e non metallici.
 - Atomi e molecole gassose, alcuni ionizzati.

Gli elettroni e gli ioni negativi sono fortemente accelerati dal campo elettrico instaurato tra il catodo e l'anodo e si scontrano violentemente contro di esso, trasformando la sua energia cinetica in calore, mentre gli ioni metallici fanno il contrario, colpendo il catodo e producendo un innalzamento della sua temperatura.

Inoltre, all'interno del plasma si producono anche collisioni tra particelle che viaggiano in direzioni opposte, il che, a sua volta, contribuisce all'elevata emissione di energia termica e radiazioni ad alta intensità.

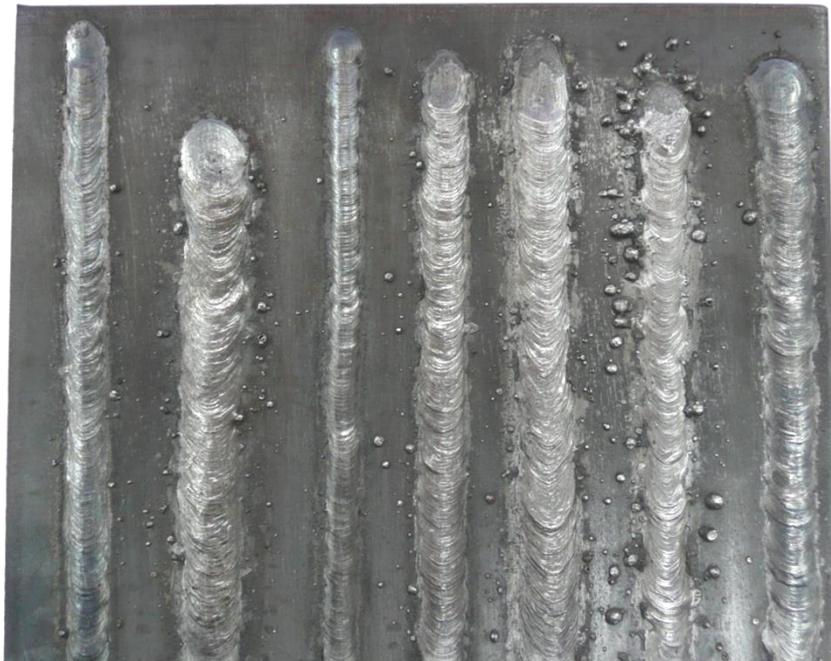
Il calore è un effetto dell'elevata energia cinetica delle particelle perché il loro movimento all'interno del plasma, che è aumentato dall'effetto della corrente e della tensione attraverso l'arco. Il calore è generato dalla frenatura della particella, a causa della collisione o dell'impatto della particella. Per quanto sopra descritto, si possono vedere tre aree di generazione di calore, a seconda di quali sono le cause di frenata predominanti:

- **Catodo:** L'impatto degli ioni positivi è il fenomeno predominante, ma contribuisce in qualche modo anche a che il fenomeno sia accompagnato da un rilascio di calore dovuto all'emissione di elettroni.
- **Plasma:** Vengono prodotte collisioni tra elettroni, ioni, atomi e altre particelle, che producono grandi emissioni di calore.
- **Anodo:** L'impatto degli elettroni, animati da un'alta velocità, è la ragione della trasformazione della loro elevata energia cinetica in calore.

3.2. Parametri di saldatura

I principali parametri che devono essere controllati nella saldatura manuale ad arco metallico con processo ad elettrodo rivestito sono i seguenti:

- **Corrente di saldatura.** Nei generatori di saldatura MMA, prima di saldare, il saldatore deve regolare la corrente di saldatura. L'ampereaggio viene selezionato in base al diametro dell'elettrodo utilizzato, allo spessore dei pezzi, alla posizione di saldatura e al tipo di giunto, cioè se si tratta di una saldatura di testa o d'angolo. Di solito, il produttore dell'elettrodo limita un intervallo di corrente in cui l'elettrodo può essere utilizzato, sebbene si possano prendere come indicazione i valori nella tabella 1.



(A) (B) (C) (D) (E) (F) (G)

Figura 8: Effetto di amperaggio, lunghezza dell'arco e velocità di spostamento.

Saldature realizzate su piastra in acciaio al carbonio di spessore 5 mm mediante elettrodi rutili (E 6013) diametro 2,5 mm

- (A) Alta velocità di traslazione.
- (B) Bassa velocità di saldatura.
- (C) Amperaggio troppo basso (50 A).
- (D) Tensione, corrente (75 A) e velocità di marcia ottimali.
- (E) Amperaggio troppo alto (90 A).
- (F) Tensione troppo alta.
- (G) Tensione troppo bassa.

Un elettrodo non deve essere utilizzato ad amperaggi più alti che indicano, perché si verificherebbero sottosquadri, sporgenze, intensificando gli effetti del colpo magnetico e persino crepe.

La Figura 8 (B e C) mostra l'effetto della corrente in una saldatura. Maggiore è la corrente utilizzata, maggiore sarà la penetrazione.

Tabella 1: Campi di corrente approssimativi a seconda del diametro dell'elettrodo nella saldatura di acciaio.

Diametro	Gamma attuale
2,5 mm	60-90 A
3,25 mm	90-150 A
4 mm	120-180 A

La corrente utilizzata dipende dalla posizione di saldatura, dal tipo di giunto, dallo spessore del materiale, ecc. Maggiore è la corrente utilizzata, maggiore sarà l'apporto di calore, maggiore sarà il calore fornito al materiale e maggiore sarà la dimensione del bagno di fusione.

- **Voltaggio dell'arco.** La tensione dell'arco utilizzata dipende dal tipo di elettrodo, diametro, posizione di saldatura e corrente. In generale, deve essere uguale al diametro dell'elettrodo (nell'elettrodo cellulosico rutilo), tranne nel caso in cui si utilizzi un elettrodo base, dove la tensione dovrebbe essere la metà del diametro dell'elettrodo.

La lunghezza dell'arco deve essere sempre mantenuta uguale, al fine di evitare oscillazioni di tensione e intensità di corrente e quindi una penetrazione irregolare.

In generale, qualsiasi arco elettrico ha una forma conica con un angolo di apertura che dipende dalla polarità utilizzata, ma è praticamente indipendente dagli altri parametri di saldatura utilizzati.

Se la lunghezza dell'arco viene aumentata, l'arco agisce su una superficie maggiore dissipando ulteriormente il calore generato nell'arco, quindi la penetrazione viene ridotta.

- **Velocità di viaggio.** La velocità di spostamento deve essere impostata in modo che l'arco si sposti leggermente verso il bagno di fusione. Maggiore è la velocità di avanzamento, la larghezza del cordone sarà minore, l'apporto di calore sarà inferiore e la saldatura si raffredderà più velocemente. Se la velocità di spostamento è eccessiva, si verificano sottosquadri, la rimozione delle scorie è difficile e viene favorita la comparsa di pori. Nella figura 8 (F e G) è mostrato l'effetto della velocità di marcia.
- **Diametro dell'elettrodo.** Il diametro dell'elettrodo è un parametro di processo indiretto, perché una volta scelto l'elettrodo e conosciuti il materiale, la posizione e lo spessore della lamiera da saldare, il saldatore imposta la corrente di saldatura, che è un parametro diretto.

In generale, deve essere scelto il diametro più grande possibile per garantire i requisiti di apporto termico e consentire un facile utilizzo, a seconda della posizione, dello spessore del materiale e del tipo di giunto, che sono i parametri da cui dipende il diametro dell'elettrodo di selezione.

Gli elettrodi di diametro maggiore sono selezionati per la saldatura di materiali spessi e per la saldatura in posizione piatta.

In posizione orizzontale, verticale e sopraelevata la vasca di fusione tende a cadere per gravità. Questo effetto è molto più pronunciato e quindi l'uso di elettrodi di diametro inferiore è adatto quando è saldato in queste posizioni.

- **Tipo corrente. Polarità.** Tipo di corrente e polarità sono, oltre all'ampereaggio, altri parametri che il saldatore imposta nel generatore di saldatura. La saldatura manuale ad arco metallico può essere eseguita sia con corrente alternata che continua in entrambe le polarità.

La scelta dipende dal tipo di fonte di alimentazione disponibile e dall'elettrodo e dal materiale di base da utilizzare.

- **Corrente continua.** Due tipi di polarità, **polarità diritta** quando l'elettrodo è collegato al polo negativo e i pezzi sono collegati al polo positivo e **polarità inversa**, quando l'elettrodo è collegato al polo positivo (anodo) e i pezzi in lavorazione al polo negativo (catodo).
- **Corrente alternata.** Quando viene stabilito un arco in corrente alternata, l'elettrodo funge da anodo durante metà ciclo e da catodo durante l'altro mezzo ciclo, producendo alternativamente un ciclo in cui l'elettrodo agisce positivo e negativo. In Europa, questo cambiamento si verifica 100 volte al secondo (50Hz), quindi è impercettibile a occhio nudo. A causa di questo cambiamento continuo, l'arco AC è più instabile che in DC.

Tabella 2: Confronto tra DC e AC

Parametri	DC	AC
Saldatura a grande distanza dalla fonte di alimentazione	-	Preferibile
Saldatura con elettrodi di piccolo diametro che richiedono una bassa corrente di saldatura	L'operazione è più semplice	Se il lavoro non viene eseguito con attenzione, l'elettrodo può deteriorarsi a causa della difficoltà di accensione dell'arco
Colpire l'arco	L'operazione è più semplice	È più difficile in particolare quando vengono impiegati elettrodi di piccolo diametro
Manutenzione dell'arco	È più facile per una maggiore stabilità	È più difficile, tranne quando vengono utilizzati elettrodi ad alte prestazioni
Colpo magnetico	Può essere un problema nella saldatura di materiali ferromagnetici	Non sorgono problemi
Posizioni di saldatura	È preferibile in posizione verticale e sopraelevata perché vengono utilizzate correnti inferiori	Se vengono utilizzati gli elettrodi appropriati, la saldatura può essere eseguita in qualsiasi posizione
Tipo di elettrodo	Può essere utilizzato con qualsiasi tipo di elettrodo	Non può essere utilizzato con tutti gli elettrodi. Il rivestimento deve contenere sostanze che ripristinano l'arco
Spessore del pezzo	È preferito per spessori sottili	È preferibile per grandi spessori perché è possibile utilizzare un elettrodo di diametro maggiore

		e corrente maggiore, in modo da ottenere prestazioni migliori
Saldatura utilizzando lunghezze d'arco brevi (è importante in alcuni tipi di elettrodi, soprattutto di tipo base)	La saldatura è più facile	-
Polarità	DC + o DC-, dipende dal metallo principale e dall'elettrodo da utilizzare.	-

3.3. Accensione dell'arco

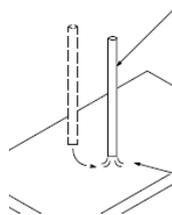
Nella saldatura manuale ad arco metallico con elettrodo coperto, l'arco si instaura quando l'elettrodo tocca il pezzo (favorendo un cortocircuito elettrico) e aumentando la tensione a circuito aperto minima necessaria per innescare l'arco, l'arco si accende.

Si noti la differenza con altri processi come la saldatura MAG. Nel secondo caso, il filo può essere in contatto con il pezzo in lavorazione senza che l'arco sia stabilito. L'arco viene impostato quando si preme il grilletto della pistola.

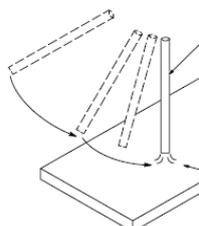
All'inizio della saldatura l'elettrodo è completamente freddo, il che ha influito sull'instaurazione dell'arco di saldatura.

Per l'instaurazione un'operazione nota come innesco dell'arco e consiste essenzialmente nello stabilire piccoli archi tra l'elettrodo e il pezzo in lavorazione in modo da produrre il riscaldamento della punta dell'elettrodo. Per questo, possono essere utilizzate due tecniche:

- Picchiettando la punta dell'elettrodo sul pezzo chiuso del punto in cui verrà avviata la saldatura, quindi l'elettrodo viene rimosso rapidamente per produrre un arco della lunghezza richiesta.



- Per stabilire l'arco con un movimento raschiante come quello viene applicato per accendere un fiammifero.



Durante l'instaurazione dell'arco, è spesso che l'elettrodo venga saldato al pezzo in lavorazione. Quando ciò accade, è necessario far oscillare l'elettrodo da destra a sinistra per rompere la "saldatura", se necessario aprire il portaelettrodo. Il problema con la seconda opzione è che l'arco può essere stabilito tra la pinza e l'elettrodo deteriorando così la pinza. Tirando con forza l'elettrodo, il pezzo può cadere provocando danni al saldatore o alle persone nelle vicinanze. Se la pinza si stacca, lasciando l'elettrodo attaccato al pezzo, è necessario utilizzare un martello e uno scalpello per rimuoverlo.

O battendo delicatamente l'elettrodo o raschiando, l'arco di innesco provoca piccoli segni sulla superficie del pezzo a causa della fusione superficiale dell'elettrodo e del pezzo in lavorazione. Poiché lo scioglimento in queste aree è molto piccolo, le velocità di raffreddamento sono molto elevate, quindi queste marche sono incrinare. Per evitare questi difetti è fondamentale stabilire l'arco nella zona di saldatura e davanti ad essa, mai fuori dai bordi del giunto.

3.4. Elettrodo rivestito

L'elemento chiave di questo processo è l'elettrodo, che stabilisce l'arco, protegge il bagno di fusione e, quando si consuma, fornisce il riempitivo, che insieme al materiale di base fuso, forma la saldatura.

L'elettrodo è sostanzialmente costituito da un'asta, come la composizione metallica di base, con o senza rivestimento. In questa condizione, gli elettrodi sono classificati in due gruppi:

- **Elettrodi nudi.** Gli elettrodi nudi non vengono utilizzati, tranne che in giunti di pochissima responsabilità e su acciaio dolce, perché le saldature prodotte hanno proprietà meccaniche molto scarse.

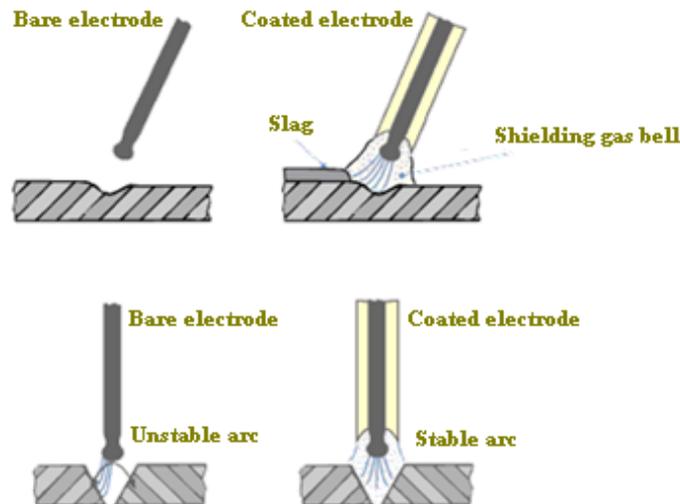


Figura 9: differenze tra elettrodi rivestiti e nudi

L'arco assorbe i componenti dell'aria e li incorpora nel bagno di fusione, quindi molti ossidi, nitruri, pori e scorie saranno contenuti nel metallo di saldatura, che produce queste scarse qualità meccaniche.

Inoltre, è molto difficile mantenere l'arco, cosa impossibile con AC.

- **Elettrodi rivestiti.** Gli elettrodi rivestiti hanno due parti (vedere la figura 10).
 - **Nucleo:** Fondamentalmente, è una composizione uniforme di asta circolare e generalmente simile al metallo di base.

- **Rivestimento:** È un cilindro che circonda il nucleo, concentrico ad esso e di spessore uniforme. È composto da una miscela di componenti che caratterizzano l'elettrodo e che ha diverse funzioni, che evitano gli svantaggi dell'elettrodo nudo.

Gli elettrodi hanno lunghezze standard di 150, 200, 250, 300, 350 e 450 mm, a seconda del diametro dell'asta e del tipo di materiale dell'asta. Un'estremità del nucleo non è rivestita in una lunghezza di 20 mm-30 mm, per il suo inserimento nel supporto del morsetto.

Anche i diametri degli elettrodi sono standardizzati, i più comuni sono 2,5, 3,25, 4 e 5 mm. Il diametro dell'elettrodo è misurato dal diametro dell'asta.

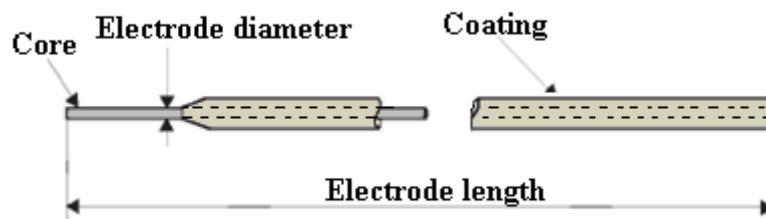


Figura 10: elettrodo rivestito

Considerando la relazione tra i diametri dell'asta e del rivestimento, gli elettrodi possono essere classificati come:

- **Magro:** gli elettrodi a rivestimento sottile proteggono leggermente il bagno di fusione, quindi vengono utilizzati solo per l'apprendimento delle tecniche di saldatura. Ma con gli elettrodi cellulosici si usa una copertura sottile.
- **Medi:** Questi elettrodi producono una maggiore stabilità dell'arco, consentono la saldatura con corrente alternata ed anche corrente continua in entrambe le polarità, e proteggono meglio il metallo di saldatura; la scoria copre il metallo solidificato, che riduce la velocità di raffreddamento e l'ossidazione.
- **Di spessore:** Gli elettrodi con rivestimento spesso consentono di ottenere le migliori qualità del metallo saldato normalmente, ma in alcuni casi non tutti i rivestimenti spessi daranno la migliore qualità del metallo saldato.

Funzioni del rivestimento.

Le funzioni di base che deve assolvere un rivestimento possono essere riassunte in tre:

- **Funzione elettrica del rivestimento:** Da questo punto di vista, la funzione principale del rivestimento è quella di garantire un buon grado di ionizzazione tra anodo e catodo, garantendo stabilità dell'arco e accensione. Ciò si ottiene includendo nel rivestimento componenti di ionizzazione a bassa tensione e ad alto potere termoionico, principalmente quelli di sodio, potassio, bario e in generale metalli alcalini. Inoltre, altri prodotti come silicati, carbonati e ossidi di ferro e titanio favoriscono l'urto e la stabilità dell'arco.

- **Funzione fisica del rivestimento:** Il rivestimento svolge diverse funzioni fisiche nel processo di saldatura ad arco metallico manuale, essendo la principale generazione di gas e formazione di scorie. I gas risultanti svolgono una duplice funzione:
 - Per impostare una schermatura del gas attorno alla colonna dell'arco che impedisce il contatto diretto di ossigeno e azoto dall'aria entrambe le goccioline metalliche che emergono dall'estremità dell'elettrodo, nel suo percorso verso il bagno fuso, e sulla sua superficie.
 - In secondo luogo, il gas subisce una grande espansione generata dal calore dell'arco e contribuisce a rimuovere le goccioline metalliche dall'elettrodo finale. Inoltre, questa espansione del gas guida le gocce di metallo, dandogli un'alta velocità. Questo permette la saldatura in posizione verticale, orizzontale e sopratesta, altrimenti non sarebbe possibile.

La scoria svolge un compito di protezione del metallo dal tempo che viene fuso. La tensione superficiale della scoria fusa è molto inferiore a quella dell'acciaio, che produce uno strato di scoria solidificata che si forma sulla vasca fusa che la protegge quando non è ricoperta dal gas che circonda l'arco. La protezione continua quando il metallo saldato si è solidificato, evitandone il contatto con l'atmosfera.

La scoria spazza anche il bagno raccogliendo le impurità come ossidi, solfuri, ecc., che aderiscono alle impurità e vengono trasportate sulla superficie dove si solidificano, a causa della loro temperatura di fusione più elevata rispetto all'acciaio.

- **Funzione metallurgica del rivestimento:** Il rivestimento metallurgico influisce in due modi sulla saldatura:
 - Da un lato, il rivestimento contiene leghe che possono migliorare le proprietà meccaniche del giunto e costituire gli elementi che il materiale di base può perdere durante la saldatura. Inoltre, il rivestimento può anche contenere polvere di ferro che aumenterà la velocità di deposizione dell'elettrodo.
 - D'altra parte, la scoria che copre la saldatura riduce la velocità di raffreddamento, producendo che la quantità di idrogeno della saldatura è ridotta, evitando o minimizzando il verificarsi di strutture dure e fragili e abbassando il livello di sollecitazioni interne.

Tipi di rivestimento. UNE-EN ISO 2560: 2010

La classificazione degli elettrodi rivestiti è principalmente fatta dalla composizione del rivestimento. Generalmente, gli acciai al carbonio sono saldati con elettrodi rivestiti con una composizione di tondino simile alla composizione del metallo di base, tuttavia, per gli acciai inossidabili tale composizione può variare notevolmente.

A seconda dei composti che fanno parte del rivestimento e della proporzione in cui sono presenti, gli elettrodi si comportano in modo diverso, in modo che, a seconda dell'applicazione che li realizzerà e, a seconda delle caratteristiche del giunto, dello spessore, del tipo di preparazione, è possibile selezionare la posizione di saldatura, la geometria del giunto, la composizione del metallo, ecc., un tipo di elettrodi e i parametri di saldatura appropriati.

Il rivestimento è classificato in base alla loro composizione, come detto sopra, perché questa ne determina le qualità e le applicazioni, essendo raggruppati e designati come segue:

- Acido (A).
- Di base (B).
- Cellulosa (C).
- Rutilo (R).
- Rutilo - acido (RA).
- Rutilo - base (RB).
- Rutilo - cellulosico (RC).
- Rutilo spesso (RR).
- Altri).

Gli elettrodi più importanti e più utilizzati sono gli elettrodi di base, rutili e cellulosici. Ad esempio: gli elettrodi rutili sono utilizzati in zone di difficile accesso alla saldatura, gli elettrodi di base sono utilizzati nelle saldature con elevate proprietà meccaniche e gli elettrodi cellulosici sono utilizzati nelle saldature di tubi verticali verso il basso.

3.5. Posizioni di saldatura

La Figura 11 mostra le posizioni principali, PA, PB, PC, PD, PE, PF e PG, nonché alcuni esempi tipici di tali posizioni. Queste posizioni sono applicabili a entrambe le piastre come tubi. È anche importante notare che le posizioni PB e PD si riferiscono solo ai giunti saldati d'angolo e non hanno applicazione nei giunti di testa.

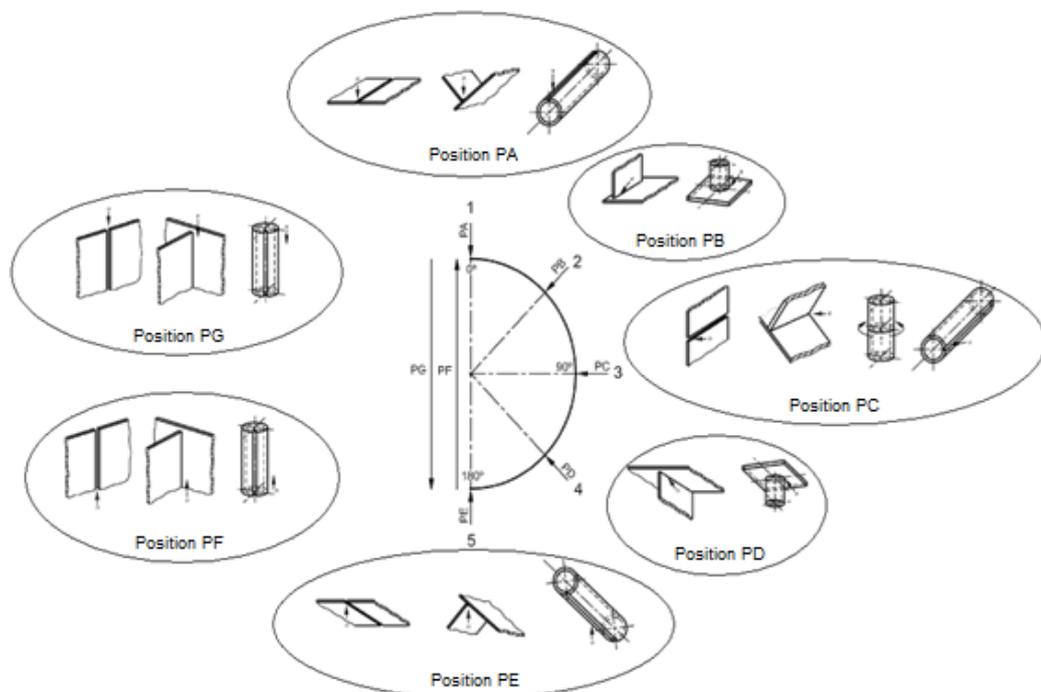


Figura 11: Posizioni principali di saldatura.

Oltre a quanto sopra, ci sono altre posizioni principali di saldatura che si applicano esclusivamente ai tubi e che sono le posizioni PH (nella saldatura verticale di tubi a monte), PJ (nella saldatura verticale in discesa dei tubi) e PK (saldatura orbitale dei tubi). La Figura 12 mostra alcuni esempi di queste posizioni di saldatura.

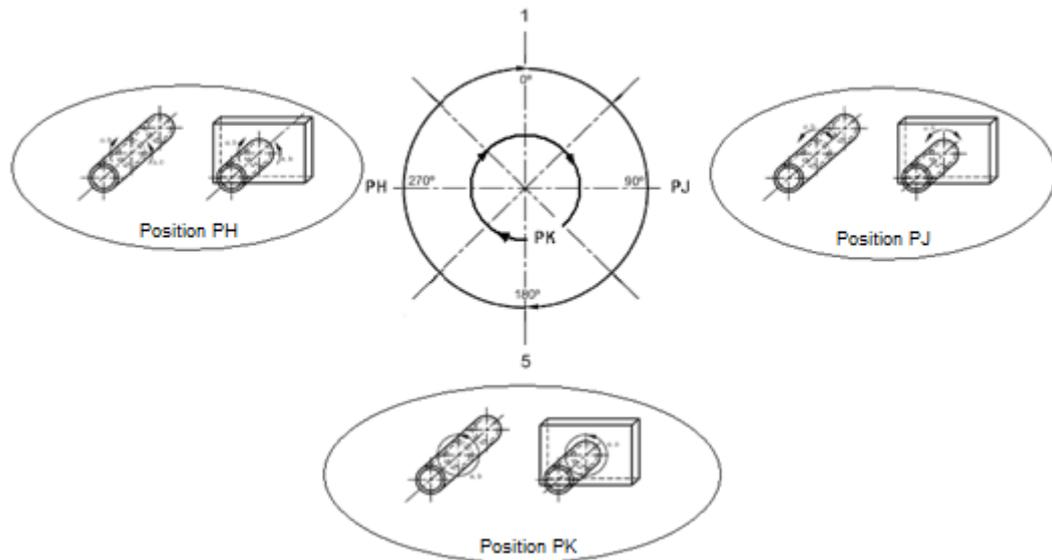


Figura 12: Posizioni principali di saldatura.

La posizione di saldatura è fondamentale poiché è una variabile essenziale nella qualifica dei saldatori. I saldatori dovrebbero conoscere le posizioni di saldatura per essere sicuri che la qualifica le copra per le posizioni in cui stanno saldando.

Nell'MMA ci sono due fattori fondamentali che impediscono il distacco del bagno di fusione fuso:

- **Le scorie.** La scoria aiuta a trattenere il bagno di fusione fuso.
- **Le tensioni superficiali.** La tensione superficiale è una forza che agisce sulla superficie del liquido e che tende a tenere unite le molecole impedendo al liquido di diffondersi. Ad esempio, se depositi una goccia d'acqua su una superficie, puoi vedere come appare con un aspetto arrotondato. Ciò è dovuto alla tensione superficiale.

La tensione superficiale non è uniforme sulla superficie del liquido ma è molto maggiore ai bordi. Questo giustifica perché quando versiamo acqua su una superficie, l'acqua forma un film sottile sulla superficie, tranne che ai bordi, dove acquista l'aspetto arrotondato come una goccia.

In altre parole, mentre il bagno di saldatura fuso è piccolo, l'effetto della tensione superficiale è abbastanza forte da trattenere il bagno di saldatura fuso e impedirne il distacco o lo scorrimento. Se il bagno di saldatura fuso è grande, la tensione superficiale al centro sarebbe molto bassa e il bagno di saldatura fuso tende a scivolare o cadere.

Di conseguenza, **"quando si salda in posizione è necessario monitorare costantemente le dimensioni della saldatura mantenendo una dimensione ridotta. Ciò implica una saldatura con un basso apporto di calore"**.

Saldatura orizzontale.

Quando si eseguono cicli di saldatura in questa posizione, l'elettrodo viene eseguito su una piastra verticale, spostando l'elettrodo orizzontalmente. Ciò significa che il bagno di fusione fuso non ha tendenza ad essere

trattenuto, quindi il soggetto principale viene dalla tensione superficiale. Il rischio che il bagno di fusione fuso scivoli sulla superficie è molto alto, quindi questa saldatura è fatta con il minor apporto di calore possibile (bassa intensità e velocità di saldatura veloce) quindi, da un lato c'è un piccolo bagno di fusione fuso, e in secondo luogo, il bagno di fusione fuso non è molto fluido.

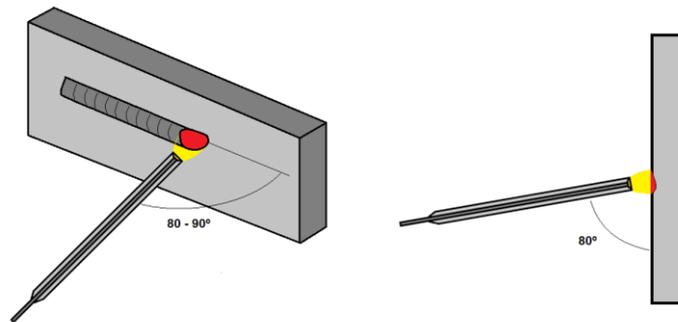


Figura 13: Guida dell'elettrodo in posizione orizzontale.

Saldatura in verticale in salita

Nei passaggi di saldatura in questa posizione, la saldatura viene eseguita su una piastra verticale, spostando l'elettrodo verticalmente verso l'alto, con o senza oscillazione. Come nel caso precedente, il bagno tende a scorrere per gravità, tuttavia, in questa posizione, il cordone depositato funge da supporto e tende a trattenere il bagno di fusione fuso. Questa tenuta è efficace finché l'accumulo di materiale nel bagno di fusione fuso non è molto grande.

Generalmente, in questa posizione di saldatura è necessario saldare con bassa corrente per evitare una crescita eccessiva del bagno di fusione fuso e diventa molto fluido, aumentando così il rischio di cedimenti. Tuttavia, l'apporto di calore è solitamente molto elevato, perché la posizione di saldatura non consente la saldatura veloce come in altre posizioni.

in questa posizione l'elettrodo va preso leggermente inclinato in senso opposto in modo da formare un angolo di 90° in direzione perpendicolare al foglio (vedi Figura 14).

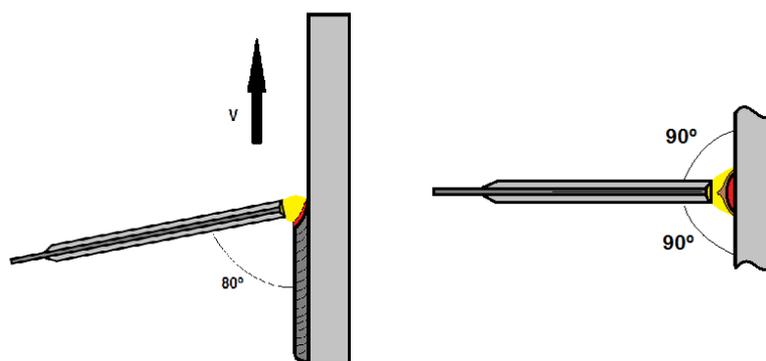


Figura 14: Orientamento dell'elettrodo in verticale in salita.

Saldatura in verticale in discesa.

Nei passaggi di saldatura in questa posizione, la saldatura viene eseguita su una piastra verticale, spostando l'elettrodo verticalmente verso il basso, normalmente senza oscillazioni.

Anche in questo caso, il bagno di fusione fuso tende a scorrere per gravità senza che non vi sia alcun elemento che trattiene il bagno di fusione fuso. Per evitare che la scoria ci sorpassi rispetto alla posizione di saldatura piatta, la saldatura deve essere eseguita a una velocità di avanzamento maggiore, che richiede una corrente di saldatura maggiore per compensare l'apporto di calore.

È anche adatto utilizzare l'orientamento dell'elettrodo per dirigere l'arco verso l'alto e trattenere il bagno di fusione fuso. È quindi comune utilizzare un angolo di circa 70° , (vedere la Figura 15).

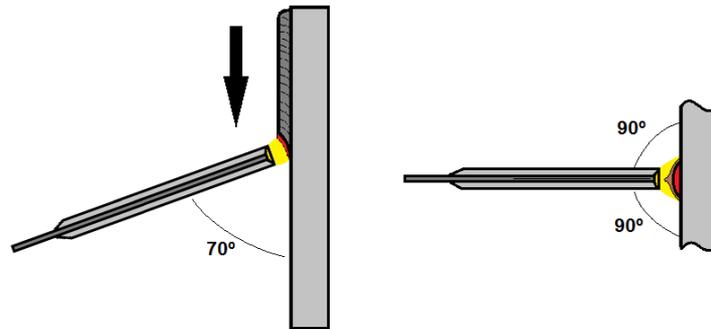


Figura 15: Orientamento dell'elettrodo in verticale in discesa.

Da segnalare, infine, che non va saldato in questa posizione, salvo quando espressamente indicato e vengono utilizzati elettrodi specifici per la saldatura in verticale discendente, normalmente elettrodi cellulosici.

Saldatura aerea.

Nei passaggi di saldatura in questa posizione, la saldatura viene eseguita su una piastra orizzontale, saldando la superficie inferiore. Il problema principale, ancora una volta, è che il bagno di fusione fuso può incurvarsi e persino scivolare. In genere, questa posizione di saldatura dovrebbe utilizzare una corrente maggiore rispetto alla posizione PC. Il rischio che il bagno di fusione fuso scivoli o si incurva non è così alto come in posizione orizzontale, ma può verificarsi in caso di saldatura con correnti molto elevate o bagni di saldatura fusi molto grandi.

Un altro problema, tipico di questa posizione, è l'aumento del rischio di intrappolamento della scoria nel cordone poiché la differenza di densità tra la scoria e il bagno fuso tende a provocare la miscela di entrambi.

Per quanto riguarda l'orientamento, l'elettrodo deve essere leggermente inclinato in avanti (vedere la Figura 16).

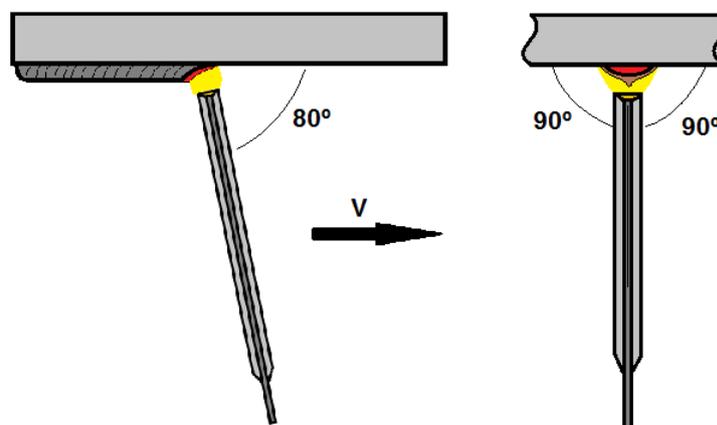


Figura 16: Orientamento dell'elettrodo in posizione sopraelevata.

4. Salute e sicurezza nella saldatura MMA

Nel campo della saldatura sono molti i fattori da considerare dal punto di vista della sicurezza. Questi pericoli sono causati sia dal processo di saldatura stesso (calore, gas, schizzi, elettricità, radiazioni ultraviolette ...) sia dall'ambiente in cui si svolge l'attività (officina di saldatura, in cantiere, altezza o sott'acqua, spazi confinati, ecc.) .

Per evitare lesioni personali è molto importante seguire alcune regole di base di prevenzione dei rischi. A questo argomento verranno esposte alcune linee guida da seguire con l'obiettivo di far seguire al personale addetto alla saldatura per il loro bene e per il bene dei loro colleghi.

Identificazione dei rischi associati alle operazioni di saldatura

L'identificazione dei rischi è il risultato della ricerca di possibili elementi o situazioni che possono incidere sulla salute del lavoratore. Inoltre, l'identificazione dei rischi professionali è uno strumento fondamentale per implementare ulteriormente le misure di sicurezza appropriate.

Tabella 3: Tipi di rischio comuni da considerare nelle operazioni di saldatura.

Schizzi e proiezioni	Le proiezioni delle particelle incandescenti prodotte durante la saldatura, possono arrivare fino a 10 metri in orizzontale. Inoltre durante la trinciatura fuoriescono particelle di scoria dalle quali il lavoratore deve essere protetto.
Fumi e gas tossici	Appaiono per reazione chimica di diversi componenti del processo. Le varie sostanze chimiche pericolose hanno caratteristiche differenti a seconda della loro origine, potendo evidenziare le seguenti fonti: <ul style="list-style-type: none"> • Prodotto dalla madre in metallo. • Prodotto dal materiale di base rivestito (zincato, nichel, cromo, cadmio, verniciato, rivestimenti plastici, oliato). • Prodotto da prodotti sgrassanti o detergenti utilizzati nella base e nel materiale di riempimento. • Prodotto dal materiale di riempimento • Prodotto reagendo con l'aria circostante • Prodotto da liquidi o gas contenuti nei serbatoi da saldare.
Elettro-shock	Causato dal cattivo stato dei cavi e / o dei collegamenti o da una manipolazione errata delle apparecchiature elettriche.
Alta temperatura	La temperatura raggiunta nel processo di saldatura dovrebbe essere sufficiente a fondere sia il metallo di base che l'elettrodo. Questa alta temperatura influisce direttamente sul saldatore.
Fuoco	Prodotto generalmente da proiezioni di particelle incandescenti che raggiungono un'area in cui si sono accumulati oggetti infiammabili. Può anche essere prodotto mediante saldatura in aree in cui è presente una grande quantità di gas combustibile.
UV	Si verifica quando vengono utilizzati elettrodi rivestiti

Infortuni con strumenti e attrezzature	I processi di saldatura ad arco producono radiazioni visibili, infrarosse e ultraviolette, che producono lesioni agli occhi e la pelle è la radiazione ultravioletta più pericolosa.
Rumore	Il rumore prodotto dall'azione di operazioni complementari alla saldatura quali molatura, trinciatura, martellatura, ecc.
Cattive posizioni	A volte il saldatore deve operare in posture scomode a causa della scarsa accessibilità dell'articolazione. Questa posizione presa in tempo può provocare lesioni.

Misure di prevenzione

Quando i potenziali rischi sono già stati identificati, è il momento di prendere misure preventive e proteggerli.

Si differenziano due campi di attività: misure di protezione personale e misure di protezione collettiva.

Protezione personale

Sono finalizzati alla protezione del personale direttamente impegnato in attività di saldatura e dei loro aiutanti.

Indumenti protettivi

Lo scopo della protezione personale è quello di ridurre le conseguenze del rischio, quindi, la priorità è scoprire il rischio particolare, in quanto non può essere rimosso o possono essere adattate misure di protezione collettiva, sarà quando utilizzeremo DPI (Dispositivi di protezione individuale). È importante ricordare che le protezioni personali non eliminano i rischi; sono semplicemente barriere fisiche che si frappongono tra i rischi e le persone. Gli indumenti protettivi consigliati sono elencati di seguito, essendo selezionati quelli approvati dal Ministero del Lavoro e dotati di marcatura CE.

Gli indumenti di cotone sono sconsigliati perché l'ultravioletto si degrada rompendolo in un periodo compreso tra uno e quindici giorni. La pelle e la lana sono due materiali che offrono risultati migliori contro le radiazioni ultraviolette.

Tabella 4: Indumenti protettivi consigliati.

Elmetti di sicurezza per la protezione contro la caduta di oggetti pesanti o appuntiti.	
Stivali di sicurezza.	
Schermi o caschi provvisti di filtri di radiazione scelti come di seguito dettagliato.	

<p>Guanti, maniche, leggings e grembiuli di pelle.</p>	
<p>Guanti isolanti per l'elettricità per la manipolazione di saldatrici.</p>	
<p>Cinture di sicurezza per lavori in quota.</p>	
<p>Protezione dell'udito, che può essere tappi, tappi per le orecchie o elmetti antirumore.</p>	

Protezione per gli occhi

Per proteggere l'occhio dalle radiazioni nocive durante l'operazione di saldatura, è necessario utilizzare occhiali o schermi con filtri appropriati.

I filtri sono classificati in base al grado di protezione dai raggi ultravioletti e infrarossi. Nel caso di saldatura con elettrodi rivestiti, la radiazione sarà una funzione diretta della corrente, cioè quanto maggiore è l'ampereaggio utilizzato maggiore è la radiazione emessa.

Prevenzioni nell'uso di materiali e attrezzature

La saldatura ad arco mediante elettrodi rivestiti, così come le operazioni correlate tale processo, comporta l'uso di corrente elettrica. Un uso improprio o una cattiva manutenzione di queste apparecchiature può causare incidenti per contatti elettrici diretti o indiretti.

Protezione dai fumi

Per evitare fumi nocivi dalle operazioni di saldatura, raggiungere le vie aeree, sia il saldatore che gli altri lavoratori che circolano nell'area, devono essere di due tipi di azioni.

- Alle prestazioni su elementi che possono emettere fumi da ridurre il più possibile.
- Una volta emessi i fumi, per evitare che non raggiungano il saldatore, utilizzare aspirapolvere, estrattori, correzione postura saldatore, ecc.

Rischi e precauzioni associati alle operazioni connesse alla saldatura

La saldatura non comporta solo la fusione del materiale di base e del riempitivo. Per realizzare un giunto con garanzie, sono necessarie una serie di operazioni per annullare o limitare il numero di difetti nella saldatura. Queste operazioni comportano anche una serie di pericoli che devono essere presi in considerazione.

Rettifica

Per la pulizia degli interpass o la preparazione dei bordi, vengono utilizzate le molatrici. Sono disponibili macinacaffè fisse o portatili (vedi figura 17). I rischi associati all'azione di molatura sono:

- Elettro-shock.
- Incidenti agli occhi.
- Fuga o rottura del disco.
- Ustioni e ferite alle mani.
- Aspirazione di polvere e particelle.



a) b)

Figura 17: a) macinacaffè portatile. b) Macinacaffè fisso.

Per evitare i pericoli legati alla molatura, verificare il corretto stato dei cavi elettrici e della massa, lavorare sempre con vetri o schermo protettivo di cristalli trasparenti, utilizzare le mole appropriate per il materiale da lavorare, non serrare eccessivamente i dadi perché le mole possono essere danneggiate, evitare vibrazioni nelle mole una volta montate, utilizzare maschere per lavorare con piccole parti, indossare sempre guanti e utilizzare un sistema di aspirazione di fumi e particelle.

Rimozione delle scorie

Nella rimozione delle scorie prodotte nella saldatura mediante elettrodi rivestiti, vengono utilizzati picconi. I rischi associati alla rimozione delle scorie sono:

- Ustioni.
- Lesioni agli occhi.



Figura 18: piccone e occhiali

È possibile evitare ustioni utilizzando guanti e indumenti protettivi nella manipolazione delle parti ancora calde. È anche necessario raffreddare le scorie. Per evitare possibili lesioni agli occhi, il piccone deve essere sempre utilizzato con occhiali o schermo di vetro trasparente.

BIBLIOGRAFIA UNITARIA

- [1] Corso generale sulla tecnologia della saldatura. Fondo di formazione-CESOL. Modulo 1 e 2. 1994.
- [2] Documentazione del corso "European Welding Specialist". Moduli 1 e 2. 1995.
- [3] UNE-EN ISO 17633: 2006, materiali di consumo per saldatura. Fili e bacchette tubolari per saldatura ad arco con o senza protezione dal gas di acciai inossidabili e resistenti al calore. Classificazione.
- [4] AWS A5.1-04: Specifiche per elettrodi in acciaio al carbonio per saldatura ad arco in metallo schermato.
- [5] AWS A5.4-06: Specifiche per elettrodi in acciaio inossidabile per saldatura ad arco in metallo schermato.
- [6] AWS A5.30-07: Specifiche per inserti consumabili.

Welding Processes - TIG

1.1 Nome del corso

Saldatura TIG

1.2 Durata del corso

5 ore

1.3 Scopo del corso

In questa unità corrispondente alla saldatura TIG acquisiremo le conoscenze riferite alle apparecchiature del processo di saldatura, come i parametri (corrente, tensione, velocità, ecc.) Influenzano il processo, le tecnologie del processo TIG e una sezione relativa alla salute e sicurezza. Quando sono richiesti requisiti di finitura più elevati, è necessario utilizzare il sistema TIG per ottenere saldature omogenee con un buon aspetto e una finitura completamente liscia.

1.4 Obiettivi del corso

Delinea gli obiettivi del corso

- *Lo studente è in grado di:*

Conoscenza	Competenze	Atteggiamenti	Concorsi di apprendimento
<p>Utilizzare e spiegare la terminologia associata al processo di saldatura TIG.</p> <p>Descrivere i vantaggi e le limitazioni del processo di saldatura TIG;</p> <p>Identificare le apparecchiature di saldatura come elettrodi di tungsteno, bacchette di metallo d'apporto o supporti per torcia ed elementi componenti specifici utilizzati nel processo di saldatura TIG;</p>	<p>Identifica, seleziona e prepara l'attrezzatura TIG per il processo di saldatura.</p>	<p>Collaborare con i membri del gruppo di lavoro per adempiere al compito;</p> <p>Assumere all'interno del gruppo di lavoro le responsabilità per il compito lavorativo.</p>	<p>Attrezzatura utilizzata nel processo di saldatura TIG.</p>
<p>Spiegare l'importanza del corretto assemblaggio dell'apparecchiatura, l'impostazione della</p>	<p>Identificare la fonte di alimentazione, gli strumenti e gli accessori utilizzati per la saldatura TIG.</p>		<p>Parametri (corrente, tensione, velocità, ecc.)</p>

<p>fonte di alimentazione e la scelta dell'elettrodo e le conseguenze di una selezione errata.</p>	<p>Descrivere il principio, la formazione, la natura, la potenza dell'arco elettrico utilizzato per la saldatura dei giunti saldati;</p> <p>Stabilire i parametri di utilizzo dell'arco elettrico e le possibilità di protezione dell'arco elettrico;</p>		<p>Che influenzano il processo.</p> <p>Fonte di potere.</p> <p>Cavi.</p> <p>Dispositivi di terra.</p> <p>Cadute di tensione.</p>	
<p>Ispezionare e preparare il pezzo / i in base ai disegni e alle pratiche di lavoro, per la saldatura TIG.</p> <p>Spiegare l'importanza del corretto assemblaggio dell'apparecchiatura, l'impostazione della fonte di alimentazione e la scelta dell'elettrodo e le conseguenze di una selezione errata.</p> <p>Spiegare lo spessore dei materiali, in relazione alle dimensioni e al tipo di elettrodo di saldatura utilizzato e l'influenza della manipolazione dell'elettrodo durante il processo di saldatura.</p> <p>Preparare l'ambiente di saldatura TIG utilizzando simulatore / attrezzatura reale.</p>	<p>Identificare il tipo di elettrodo da utilizzare con corrente continua o alternata;</p> <p>Selezionare e utilizzare i materiali di consumo per saldatura secondo i requisiti per la saldatura di lamiere in acciaio al carbonio, alluminio e acciaio inossidabile.</p> <p>Utilizzare il processo di saldatura ad arco di tungsteno a gas (TIG) in tutte le posizioni.</p> <p>Saldare il materiale del pezzo da lavorare in conformità con il foglio di istruzioni di lavoro e i requisiti del disegno utilizzando simulatore / attrezzatura reale.</p> <p>Applicare controlli di qualità sul processo.</p> <p>Ispezionare il pezzo saldato per rilevare eventuali difetti (utilizzare test visivi e non distruttivi), in conformità alle specifiche riportate sul disegno o sui requisiti del lavoro.</p> <p>Identificare i difetti di saldatura e intraprendere azioni correttive.</p>		<p>Tecnologie di saldatura TIG.</p> <p>Accensione dell'arco sulla saldatura TIG.</p> <p>Affilatura degli elettrodi non consumabili.</p> <p>Classificazione delle bacchette e dei fili di riempimento.</p> <p>Classificazione del gas di protezione per saldatura e taglio ad arco.</p> <p>Influenza della saldatura Parametri sulle tecnologie di saldatura TIG.</p> <p>Posizioni di saldatura.</p>	
<p>Identificare e rettificare i possibili rischi di saldatura in conformità con le</p>	<p>Osservare pratiche di lavoro sicure durante la saldatura;</p> <p>Applicare altre misure da adottare per la prevenzione</p>		<p>Misure di salute e sicurezza.</p> <p>Precauzioni di sicurezza applicabili a</p>	

pratiche di cantiere standard. Spiegare i requisiti di sicurezza relativi ai prodotti saldati. Fornisci esempi di errori e spiegate le cause e le conseguenze.	di incidenti legati a rumore, fumo, incendi, scosse elettriche.		saldatrici, utensili manuali, attrezzature, utensili e durante le operazioni di saldatura.
--	---	--	--

1.5 Contenuti

1. Introduzione alla saldatura TIG

2. Attrezzatura per saldatura

2.1. Fonti di alimentazione

2.2. Cavi

2.3. Dispositivi di terra

2.4. Cadute di tensione

3. Tecnologia di saldatura

3.1. Accensione dell'arco sulla saldatura TIG

3.2. Affilatura degli elettrodi

3.3. Elettrodi non consumabili

3.4. Classificazione delle bacchette e dei fili di riempimento

3.5. Classificazione del gas di protezione per saldatura e taglio ad arco

3.6. Influenza dei parametri di saldatura

3.7. Posizioni di saldatura

3.8. Difetti tipici di saldatura

4. Salute e sicurezza della saldatura TIG

1.6 Partecipanti

Caratteristiche dello studente: <i>(Delineare il profilo del gruppo di studenti target per il corso)</i>	Conoscenza di base nella saldatura
---	------------------------------------

1.7 Requisiti di accesso

(Descrivere i requisiti di accesso al corso, se necessario)

Requisiti del livello di istruzione:	Studenti delle scuole di formazione professionale (formazione sull'istruzione obbligatoria)
Conoscenza precedente necessaria	Conoscenza di base nella saldatura
Requisiti di età:	Età compresa tra 16 e 20 anni

1.8 Attività di valutazione

Valutazione sommativa

- *Esame teorico mediante simulatore / computer autonomo o aula virtuale SIMTRANET*

1.9 Bibliografia (usata o supplementare)

- [1] Corso generale sulla tecnologia della saldatura. Fondo di formazione-CESOL. Modulo 1 e 2. 1994.
- [2] Documentazione del corso "European Welding Specialist". Moduli 1 e 2. 1995.
- [3] UNE-EN ISO 6848: 2005, Elettrodi di tungsteno per saldatura ad arco in atmosfera inerte con elettrodo refrattario e per saldatura e taglio plasma. Simbolizzazione.
- [4] AWS A5.12-98: Specifiche per elettrodi di tungsteno e lega di tungsteno per saldatura e taglio ad arco.
- [5] AWS C5.5-03, Pratiche consigliate per la saldatura ad arco con gas al tungsteno.
- [6] AWS Z49.1-05, Sicurezza nella saldatura e taglio e processi affini.

NUMERO UNITÀ: Unità didattica 1**TITOLO UNITÀ: Saldatura TIG****PRESENTAZIONE DELL'UNITÀ**

In questa unità corrispondente alla saldatura TIG acquisiremo le conoscenze riferite alle apparecchiature del processo di saldatura, come i parametri (corrente, tensione, velocità, ecc.) Influenzano il processo, le tecnologie del processo TIG e una sezione relativa alla salute e sicurezza. Quando sono richiesti requisiti di finitura più elevati, è necessario utilizzare il sistema TIG per ottenere saldature omogenee con un buon aspetto e una finitura completamente liscia.

OBIETTIVI

Gli obiettivi di queste unità sono:

- Lo studente è in grado di:

Conoscenza	Competenze	Atteggiamenti	Concorsi di apprendimento
<p>Utilizzare e spiegare la terminologia associata al processo di saldatura TIG.</p> <p>Descrivere i vantaggi e le limitazioni del processo di saldatura TIG;</p> <p>Identificare le apparecchiature di saldatura come elettrodi di tungsteno, bacchette di metallo d'apporto o supporti per torcia ed elementi componenti specifici utilizzati nel processo di saldatura TIG;</p>	<p>Identifica, seleziona e prepara l'attrezzatura TIG per il processo di saldatura.</p>	<p>Collaborare con i membri del gruppo di lavoro per adempiere al compito;</p> <p>Assumere all'interno del gruppo di lavoro le responsabilità per il compito lavorativo.</p>	<p>Attrezzatura utilizzata nel processo di saldatura TIG.</p>
<p>Spiegare l'importanza del corretto assemblaggio dell'apparecchiatura, l'impostazione della fonte di alimentazione e la scelta dell'elettrodo e le conseguenze di una selezione errata.</p>	<p>Identificare la fonte di alimentazione, gli strumenti e gli accessori utilizzati per la saldatura TIG.</p> <p>Descrivere il principio, la formazione, la natura, la potenza dell'arco elettrico utilizzato per la saldatura dei giunti saldati;</p>		<p>Parametri (corrente, tensione, velocità, ecc.) Che influenzano il processo.</p> <p>Fonte di potere.</p> <p>Cavi.</p>

	Stabilire i parametri di utilizzo dell'arco elettrico e le possibilità di protezione dell'arco elettrico;		Dispositivi di terra. Cadute di tensione.
<p>Ispezionare e preparare il pezzo / i in base ai disegni e alle pratiche di lavoro, per la saldatura TIG.</p> <p>Spiegare l'importanza del corretto assemblaggio dell'apparecchiatura, l'impostazione della fonte di alimentazione e la scelta dell'elettrodo e le conseguenze di una selezione errata.</p> <p>Spiegare lo spessore dei materiali, in relazione alle dimensioni e al tipo di elettrodo di saldatura utilizzato e l'influenza della manipolazione dell'elettrodo durante il processo di saldatura.</p> <p>Preparare l'ambiente di saldatura TIG utilizzando simulatore / attrezzatura reale.</p>	<p>Identificare il tipo di elettrodo da utilizzare con corrente continua o alternata;</p> <p>Selezionare e utilizzare i materiali di consumo per saldatura secondo i requisiti per la saldatura di lamiera in acciaio al carbonio, alluminio e acciaio inossidabile.</p> <p>Utilizzare il processo di saldatura ad arco di tungsteno a gas (TIG) in tutte le posizioni.</p> <p>Saldare il materiale del pezzo da lavorare in conformità con il foglio di istruzioni di lavoro e i requisiti del disegno utilizzando simulatore / attrezzatura reale.</p> <p>Applicare controlli di qualità sul processo.</p> <p>Ispezionare il pezzo saldato per rilevare eventuali difetti (utilizzare test visivi e non distruttivi), in conformità alle specifiche riportate sul disegno o sui requisiti del lavoro.</p> <p>Identificare i difetti di saldatura e intraprendere azioni correttive.</p>		<p>Tecnologie di saldatura TIG.</p> <p>Accensione dell'arco sulla saldatura TIG.</p> <p>Affilatura degli elettrodi non consumabili.</p> <p>Classificazione delle bacchette e dei fili di riempimento.</p> <p>Classificazione del gas di protezione per saldatura e taglio ad arco.</p> <p>Influenza della saldatura Parametri sulle tecnologie di saldatura TIG.</p> <p>Posizioni di saldatura.</p>
<p>Identificare e rettificare i possibili rischi di saldatura in conformità con le pratiche di cantiere standard.</p> <p>Spiegare i requisiti di sicurezza relativi ai prodotti saldati.</p> <p>Fornisci esempi di errori e spiegate le</p>	<p>Osservare pratiche di lavoro sicure durante la saldatura;</p> <p>Applicare altre misure da adottare per la prevenzione di incidenti legati a rumore, fumo, incendi, scosse elettriche.</p>		<p>Misure di salute e sicurezza.</p> <p>Precauzioni di sicurezza applicabili a saldatrici, utensili manuali, attrezzature, utensili e durante le operazioni di saldatura.</p>

cause e le conseguenze.			
----------------------------	--	--	--

CONTENUTI

Esempio:

1. Introduzione alla saldatura TIG
2. Attrezzatura per saldatura
 - 2.1. Fonti di alimentazione
 - 2.2. Cavi
 - 2.3. Dispositivi di terra
 - 2.4. Cadute di tensione
3. Tecnologia di saldatura
 - 3.1. Accensione dell'arco sulla saldatura TIG
 - 3.2. Affilatura degli elettrodi
 - 3.3. Elettrodi non consumabili
 - 3.4. Classificazione delle bacchette e dei fili di riempimento
 - 3.5. Classificazione del gas di protezione per saldatura e taglio ad arco
 - 3.6. Influenza dei parametri di saldatura
 - 3.7. Posizioni di saldatura
 - 3.8. Difetti tipici di saldatura
4. Salute e sicurezza della saldatura TIG

SVILUPPO DEI CONTENUTI

1. Introduzione della saldatura TIG

La saldatura TIG è un processo di saldatura per fusione e schermatura del gas che utilizza come fonte di alimentazione un arco elettrico stabilito tra un elettrodo non consumabile e il pezzo in lavorazione, mentre un gas inerte protegge il bagno di saldatura. Il materiale d'apporto, quando utilizzato, viene applicato mediante bacchette come avviene per la saldatura ossiacetilenica.

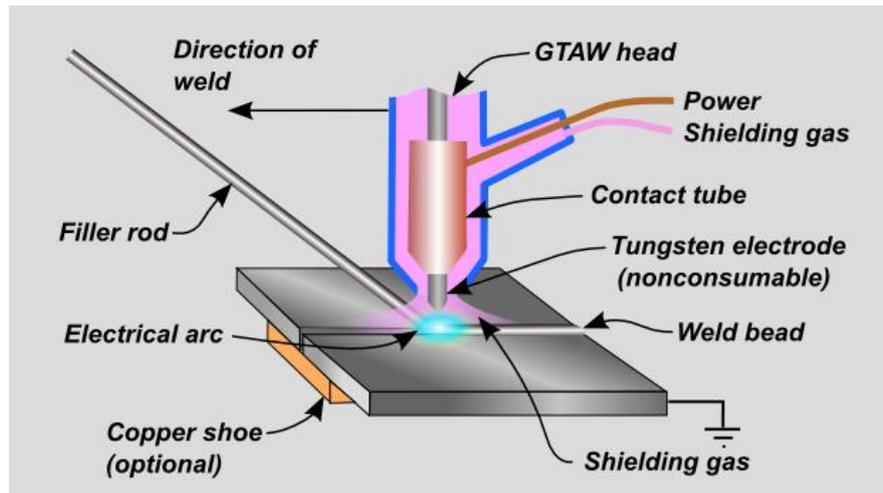


Fig. 1. Schema del processo TIG

Il processo di saldatura TIG riceve anche i nomi di:

- GTAW, saldatura ad arco con gas al tungsteno, AWS 3.0
- Saldatura ad arco con protezione di gas con elettrodo di tungsteno non consumabile (EN ISO 4063: 2011)
- Saldatura ad arco con elettrodo di tungsteno non consumabile (EN 14610: 2006)

La tabella seguente mostra i principali vantaggi e limitazioni del proprio processo:

Vantaggi	Limitazioni
È un processo adatto per unire la maggior parte dei metalli	La velocità di deposizione è inferiore a quella ottenibile con altri processi di saldatura ad arco
Fornisce un arco stabile e concentrato	Poiché si tratta di un'applicazione manuale richiede, in generale, una grande abilità da parte del saldatore
Sebbene si tratti di un processo essenzialmente manuale, è stato automatizzato per alcuni manufatti in serie, come tubi di piccolo spessore saldati longitudinali o spirali e per il fissaggio dei tubi alle piastre negli scambiatori di calore	È antieconomico per spessori superiori a 10 mm

Vantaggi	Limitazioni
Non vengono prodotte proiezioni (perché il trasporto del metallo nell'arco non esiste)	In presenza di correnti d'aria può essere difficile ottenere una protezione adeguata della zona di saldatura
La scoria non viene prodotta	Produce più radiazioni ultraviolette rispetto ad altri processi, richiedendo una protezione adeguata
Si ottengono saldature lisce e regolari	
Può essere utilizzato con o senza metallo d'apporto, a seconda dell'applicazione	
Può essere utilizzato in tutti i tipi di articolazioni e posizioni	
È possibile ottenere elevate velocità di saldatura in spessori inferiori a 3-4 mm	
Si possono ottenere saldature di alta qualità	
Fornisce un eccellente controllo della penetrazione della passata radicolare	
Non è richiesto l'utilizzo di fonti energetiche eccessivamente costose	
Consente il controllo indipendente della fonte di alimentazione e del metallo d'apporto	
Non viene prodotto fumo	

Tabella 1. Vantaggi e limiti della saldatura TIG.

2. Attrezzatura per saldatura

Identificare l'attrezzatura di saldatura utilizzata in ogni processo è molto importante, poiché a seconda dell'attrezzatura si ottengono alcune proprietà o altre. In questa apparecchiatura, dobbiamo apprendere tutti gli elementi necessari per eseguire una saldatura TIG, come: alimentatori, cavi, morsetti del pezzo o cadute di tensione.

2.1. Fonti di alimentazione

La saldatura TIG è, principalmente, un processo di saldatura manuale, il che implica che il generatore ci fornisca condizioni di lavoro stabili, indipendentemente dalle piccole variazioni nella lunghezza dell'arco che si verificheranno durante la saldatura a seguito dell'impulso del saldatore. Questo perché nella saldatura TIG vengono impiegate sorgenti di alimentazione a corrente costante o caratteristica verticale.

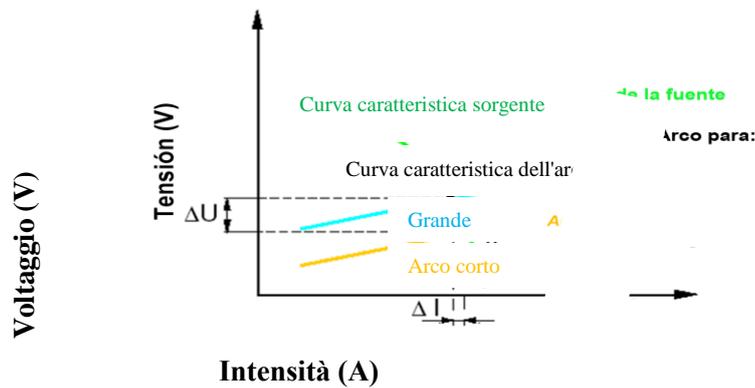


Fig. 2. Curva caratteristica della pendenza verso il basso

Come possiamo vedere nella Figura 2, lavorare con questo tipo di generatore (curva caratteristica della pendenza verso il basso) implica che variazioni significative nella tensione di saldatura significano variazioni molto piccole di corrente. Questo è fondamentale nei processi di saldatura manuale, come la saldatura TIG, poiché la tensione di saldatura è strettamente correlata alla variazione della lunghezza dell'arco. In un processo manuale è impossibile per il saldatore prendere sempre la stessa lunghezza dell'arco, in modo che varierà lungo la saldatura.

Tuttavia, con questo tipo di sorgenti di saldatura si ottiene che queste variazioni della lunghezza dell'arco, e quindi della tensione di saldatura, non comportano variazioni della corrente di saldatura, ed evitano quindi problemi come mancanza di fusione e penetrazione, perforazioni del pezzo, ecc. .

Inoltre, la saldatura TIG può essere eseguita sia con corrente alternativa che in corrente continua, che richiederanno differenti caratteristiche del generatore.

Fonti di alimentazione AC. Trasformatori:

La funzione principale dei generatori è quella di ottenere una corrente elettrica adatta alla saldatura, ovvero una corrente elettrica di bassa tensione e alto amperaggio.

La corrente fornita dalla rete è corrente alternata a bassa corrente e alta tensione, il che la rende non adatta alla saldatura. Quindi è necessario modificarlo per adattarlo alla saldatura. Questo è l'obiettivo dei trasformatori elettrici, cioè quello che "prende" dalla rete in corrente alternata, alta tensione, bassa corrente, e "ritorna" una corrente alternata ad alta corrente e bassa tensione, adatta alla saldatura. I generatori per saldatura TIG con corrente alternata sono formati principalmente da:

- Trasformatore
- Generatore di impulsi ad alta frequenza
- Fan
- Gas di saldatura per valvola magnetica
- Controllo della corrente di saldatura

Fonti di alimentazione CC. Raddrizzatore:

Quando la saldatura TIG deve essere eseguita con corrente continua, il generatore deve eseguire due "modifiche" alla corrente della rete elettrica a cui è collegato:

1. Trasforma la rete AC (alta tensione e bassa corrente) in corrente alternata adatta alla saldatura (bassa tensione e alta intensità).
2. Raddrizzando la forma di corrente alternata, l'avvolgimento secondario del trasformatore a corrente continua utilizzata nella saldatura.

I generatori per saldatura TIG in corrente continua sono formati principalmente da:

- Trasformatore
- Raddrizzatore
- Fan
- Gas di saldatura per valvola magnetica
- Modulo di controllo
- Controllo della corrente di saldatura

Quando la corrente di saldatura viene regolata tramite il potenziometro del generatore TIG, quello che facciamo è variare la curva caratteristica del generatore su cui lavora.

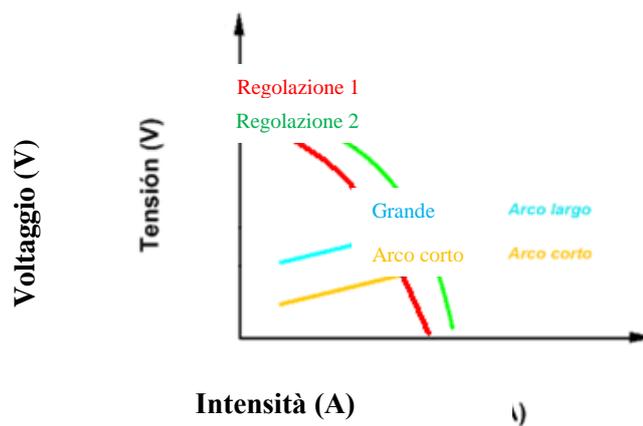


Fig. 3. Impostazioni diverse della corrente di saldatura.

Per capire come controllare le caratteristiche della sorgente è importante comprendere due parametri chiave: tensione a circuito aperto e corrente di cortocircuito.

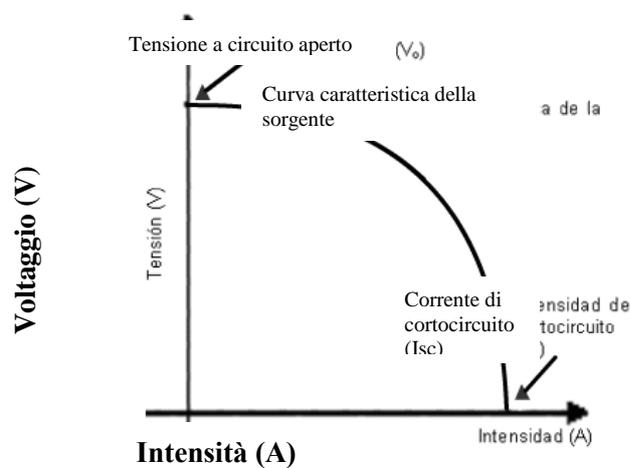


Fig. 4. Curva caratteristica della sorgente di saldatura

Tensione a circuito aperto

La tensione a circuito aperto (V_0) è la tensione massima che il generatore può fornire ed è la tensione ai terminali del generatore quando non sta saldando. La tensione a circuito aperto del circuito è solitamente maggiore del doppio della tensione di saldatura. Viene utilizzato principalmente per garantire facilità di accensione e stabilità dell'arco, quindi a causa della maggiore instabilità dell'arco durante la saldatura con AC, i trasformatori hanno una tensione a circuito aperto maggiore dei raddrizzatori.

Corrente di cortocircuito

La corrente di cortocircuito (I_{sc}) è la corrente massima fornita dal generatore. Per innescare l'arco si produce un cortocircuito, in questo momento la tensione viene annullata e la corrente che scorre è massima (I_{sc}), grazie a ciò l'elettrodo si riscalda e può stabilizzare l'arco.

Questi due parametri sono di particolare rilevanza nella saldatura TIG, contribuendo a facilitare l'instaurazione dell'arco.

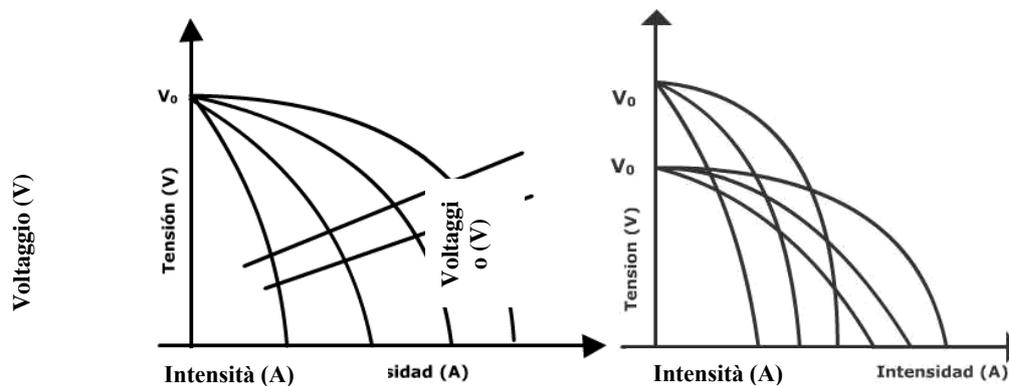


Fig. 5. Variazione delle curve caratteristiche del generatore

In generale si può dire che la variazione della pendenza della curva si ottiene agendo sul campo magnetico generato nel trasformatore, mentre le variazioni di tensione a circuito aperto sono effettuate da piombo nel circuito primario o secondario, è semplicemente variabile il numero di spire nelle bobine primarie o secondarie per derivazioni.

2.2. Cavi

I cavi sono responsabili del trasporto della corrente elettrica dal generatore al pezzo in lavorazione e della sua restituzione al generatore di saldatura.

La lunghezza dei cavi deve essere selezionata in base alla corrente che deve essere supportata, e questa è una funzione del diametro dell'elettrodo e della dimensione del generatore.

È preferibile che sia il morsetto che la torcia abbiano lo stesso diametro, tuttavia, occasionalmente uno dei cavi, generalmente il morsetto del pezzo in lavorazione, può avere un diametro maggiore, ma non minore.

Si consiglia di avere buoni conduttori nella corrente di saldatura. Nelle officine di solito vengono utilizzate barre, tubi dell'acqua e tutti i tipi di elementi metallici per chiudere il circuito, portando spesso a guasti nelle saldature.

2.3. Dispositivi di bloccaggio del pezzo

È un dispositivo di connessione dalla fonte di alimentazione al pezzo in lavorazione ed è disponibile in varie dimensioni e configurazioni per diverse applicazioni. La condizione da soddisfare è che deve essere in buone condizioni e deve stabilire un buon contatto con il metallo di base. Una clip shabby non fornisce la sicurezza di una buona conduzione elettrica, provocando instabilità nell'arco durante la saldatura.

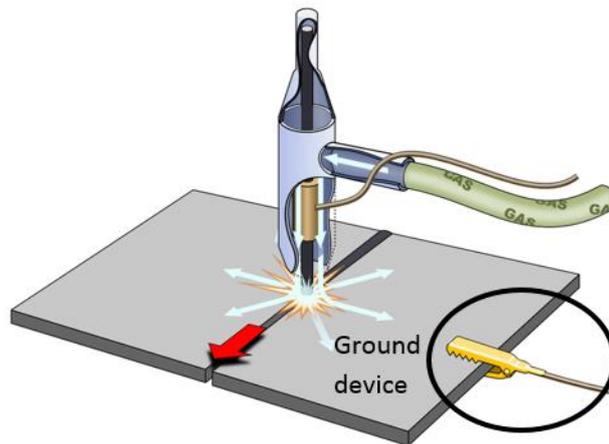


Fig. 6. Esempio di un morsetto del pezzo da lavorare

2.4. Cadute di tensione

La caduta di tensione di un conduttore è la differenza di tensione tra le sue estremità.

Quando una tensione V è indicata sul display dell'attrezzatura di saldatura, questa tensione non è esattamente la tensione di saldatura. Questo perché la tensione indicata dal voltmetro della macchina è la tensione di uscita totale, che è la tensione dell'arco più le cadute di tensione su cavi, elettrodo, portaelettrodo, pezzo e morsetto pezzo. Queste cadute di tensione sono direttamente proporzionali alla corrente, quindi è facile capire che la saldatura è un processo che richiede una corrente elevata; queste cadute di tensione hanno un valore considerevole.

Affinché queste cadute di tensione non influiscano negativamente sulla saldatura, sono limitate a un valore di 2 volt.

Il comune **punti di caduta di tensione e riscaldamento a resistenza** siamo:

- **Cavo di alimentazione troppo piccolo o danneggiato.**
- **Morsetto del pezzo allentato o danneggiato.**
- **Collegamenti dei cavi di alimentazione allentati (allentati).**

I collegamenti allentati producono una caduta di tensione maggiore di quella consentita per la stabilità dell'arco (2 V) dalla fonte di alimentazione al portaelettrodo. Per questo motivo, non devono essere utilizzati come conduttori cattivi collegamenti o elementi in acciaio o tubi o barre piuttosto che un cavo di terra con una pinza in buone condizioni, per fissarlo adeguatamente alla lamiera o alla struttura da saldare.

3. Tecnologia di saldatura

È molto importante conoscere e studiare la tecnologia di ogni processo di saldatura, poiché ci sono diversi parametri da tenere in considerazione durante la saldatura. Per quanto riguarda la saldatura TIG, ci concentreremo sull'accensione dell'arco, sugli elettrodi non consumabili e sulla loro forma, sulla classificazione del materiale di apporto e dei gas protettivi, sui parametri di saldatura, sulle posizioni di saldatura e sui difetti tipici di saldatura.

3.1. Accensione dell'arco sulla saldatura TIG

Il metodo di accensione dell'arco più semplice è toccare (raschiando) con l'elettrodo, con molta attenzione, contro il metallo di base. Tuttavia, il rischio di inclusioni di tungsteno nel metallo di base è elevato. Per evitare ciò, l'arco può

essere acceso in un'ulteriore piastra di rame, nota come pezzo di partenza. Un altro svantaggio dell'accensione da "tocco" (raschiato) è la facilità con cui si può danneggiare l'elettrodo.

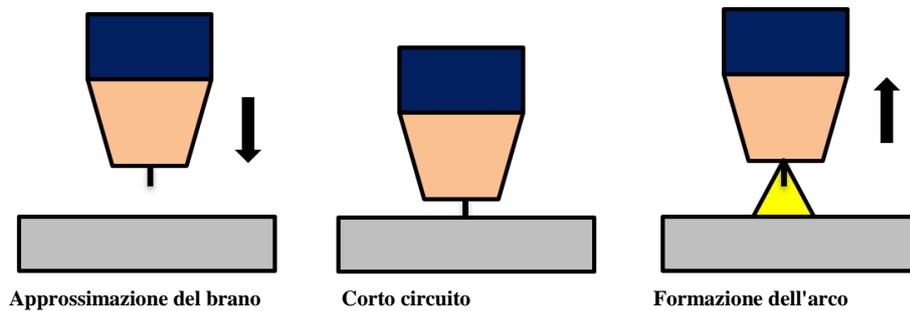


Fig. 7. Arco che colpisce per "gioco" (raschiato).

Per evitare gli svantaggi dell'accensione "toccando" (raschiando) (fig. 7. arco che colpisce per "gioco" (raschiato).) viene utilizzata una corrente di alta frequenza e alta tensione. Questo metodo è sempre utilizzato per la corrente alternata e talvolta per la corrente continua.

Pertanto, quando si utilizza l'alimentazione CA non è necessario toccare l'elettrodo sul pezzo in lavorazione per stabilire l'arco, ma caricare il circuito di saldatura e tenere ferma la torcia, in modo che l'elettrodo sia approssimativamente orizzontale e 50 mm sul pezzo. Quindi, ruotando il polso, portare la punta dell'elettrodo sul pezzo da lavorare, fino a circa 2 o 3 mm di esso. A questo punto, la corrente ad alta frequenza supera la resistenza dell'aria e l'arco si instaura. Il movimento di avvicinamento dell'elettrodo deve essere eseguito rapidamente; facendolo raggiungere il flusso massimo di gas di protezione alla zona di saldatura.

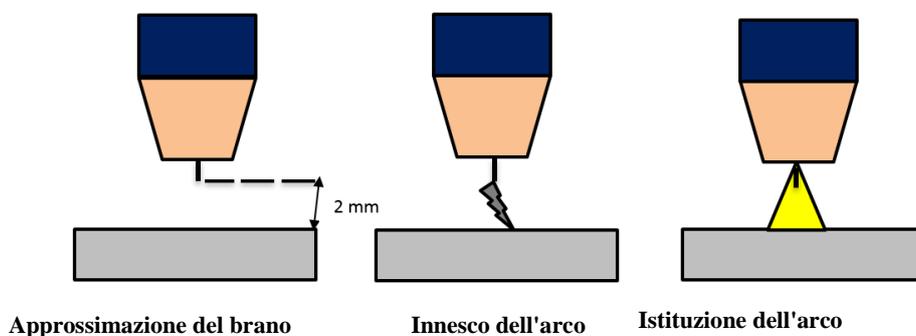


Fig. 8. Accensione dell'arco mediante corrente ad alta frequenza.

Esistono altri sistemi di accensione dell'arco come:

- Applicazione di un impulso ad alta tensione tra l'elettrodo non consumabile e il pezzo da lavorare, generalmente utilizzato con corrente continua.
- Scarica dei condensatori.
- "Lift-Arc"TM: Questo metodo prevede di picchiettare delicatamente (senza raschiare) il pezzo in lavorazione con l'elettrodo, mantenendo perpendicolarmente la torcia al pezzo. In quel momento la macchina rileva un cortocircuito e stabilisce una corrente a bassa tensione nel circuito. Questa corrente non è sufficiente per stabilire l'arco ma contribuisce a riscaldare l'elettrodo. Quando l'elettrodo viene sollevato, la macchina non rileva alcun cortocircuito e automaticamente si instaura l'arco, aiutato dal preriscaldamento dell'elettrodo.

Le torce hanno la missione di condurre la corrente all'elettrodo non consumabile e il gas di protezione all'area di saldatura. Possono essere raffreddamento naturale (tramite aria) o raffreddamento forzato (mediante circolazione di acqua). Il primo viene utilizzato nella saldatura di materiali sottili che non richiedono correnti elevate e il raffreddamento forzato è consigliato per lavori che richiedono intensità superiori a 150-200 ampere. In questi casi la circolazione dell'acqua all'interno della torcia impedisce il surriscaldamento. Negli impianti dove sono necessari 300 ampere o più, anche se in modalità discontinua, è necessario che anche l'ugello sia raffreddato ad acqua.

La figura 9 mostra varie configurazioni di torce TIG.

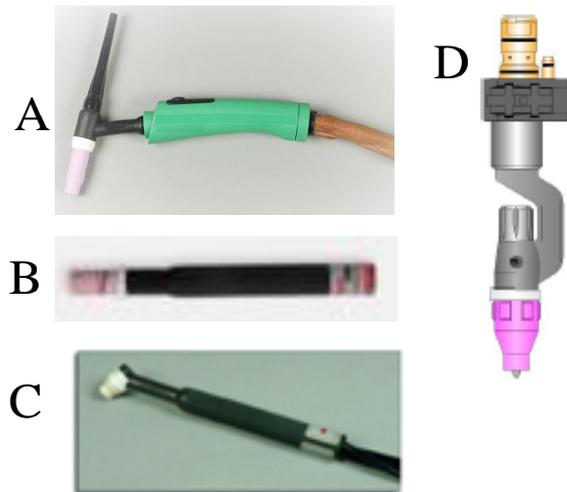


Fig. 9. Configurazioni torce TIG. (A) Normale, (B) dritto, (C) con parte superiore corta, (D) per robot

L'elettrodo di tungsteno che trasporta la corrente di saldatura alla zona di saldatura è fissato rigidamente da una fascetta alloggiata nel corpo torcia. Ogni torcia dispone di un set di collettori, di diverse dimensioni, che consentono il serraggio di elettrodi di diverso diametro. È molto importante avere un buon contatto elettrico tra l'elettrodo e la pinza.



Fig. 10. Immagine della raccolta TIG

3.2. Affilatura degli elettrodi

La forma della punta dell'elettrodo è molto importante in quanto, se non è corretta; c'è il rischio che l'arco elettrico sia instabile. Da ciò si conclude che l'elettrodo di affilatura ha una grande influenza sul risultato finale della saldatura, in modo che:

- ✚ Un elettrodo con una buona affilatura risulterà in un arco stabile, con il calore focalizzato e ottenendo una buona penetrazione.

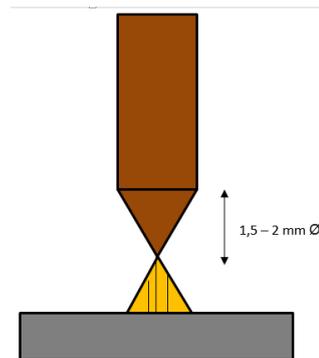


Fig. 11. Elettrodo ben affilato

- ✚ Un elettrodo non affilato provoca un arco irregolare, generando un ampio bagno di saldatura e una scarsa penetrazione.

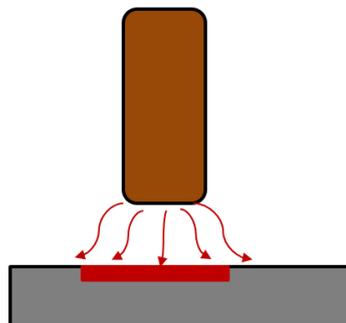


Fig. 12. Elettrodo affilato male.

- ✚ Gli elettrodi presentano un rischio eccessivo che si verifichino inclusioni di tungsteno. UNDOpo l'affilatura dell'elettrodo, la punta deve essere arrotondata e non affilata come una matita.

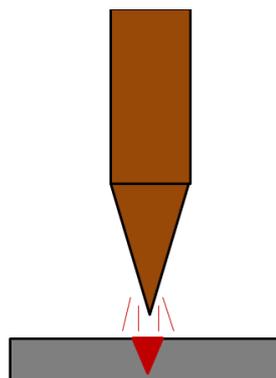


Fig. 13. Elettrodo molto affilato

Variazioni geometriche della punta dell'elettrodo

A seconda del tipo di corrente utilizzata nel processo di saldatura, la punta dell'elettrodo deve avere una determinata geometria:

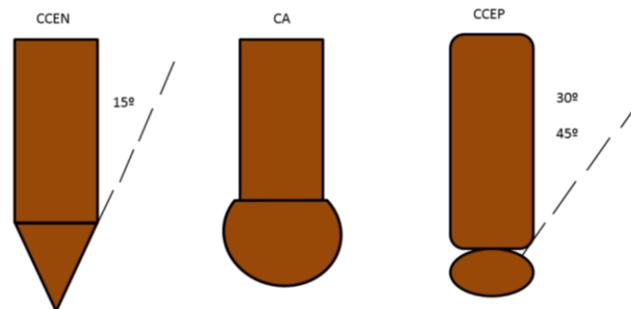


Fig. 14. Variazioni geometriche della punta dell'elettrodo in base al tipo di flusso

Punta dell'elettrodo

Gli elettrodi per la saldatura con corrente continua devono essere ribaltati. Quando si utilizza la molatura per ottenere una corretta geometria dell'elettrodo, deve essere realizzata con mola o nastro abrasivo a grana fine e utilizzata solo per la preparazione di elettrodi di tungsteno, evitando così contaminazioni. È importante che la molatura venga eseguita correttamente, deve essere eseguita nella direzione longitudinale dell'elettrodo. Una lunghezza corretta della punta dell'elettrodo è il doppio del suo diametro. L'estremità appuntita in eccesso dell'elettrodo deve essere rimossa dalla mola in quanto vi è il rischio che venga fusa e incorporata nel bagno di saldatura.

Nel saldatura con corrente alternata, l'estremità della punta deve essere leggermente arrotondata. La punta viene arrotondata da sola se l'elettrodo viene accuratamente sovraccaricato, rendendo superfluo molarlo.

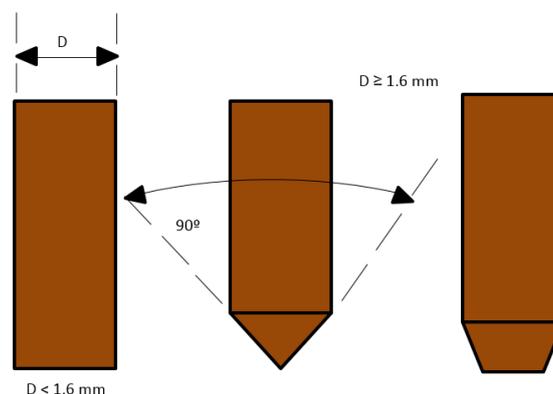


Fig. 15. Elettrodo a punta per saldatura con corrente alternata

3.3. Elettrodi non consumabili

Il compito dell'elettrodo in questo processo è solo quello di mantenere l'arco senza fornire materiale di riempimento. Per questo motivo e per prevenire l'usura, è molto importante che abbia una temperatura di fusione elevata.

In generale, vengono utilizzati cinque tipi di elettrodi, classificati in base alla loro composizione:

- Tungsteno puro
- Tungsteno legato con torio
- Tungsteno legato con zirconio
- Tungsteno legato con cerio
- Tungsteno legato con lantanio

All'inizio gli elettrodi erano in puro tungsteno, ma in seguito si è riscontrato che l'aggiunta di ossidi metallici di torio o zirconio, cerio o lantanio, il comportamento dell'elettrodo era migliorato sotto diversi aspetti:

- Maggiore capacità di emissione di elettroni, che favorisce la stabilità dell'arco e la facilità di accensione.
- Aumentare la temperatura di fusione dell'elettrodo, consentendo di lavorare a correnti di saldatura più elevate.

La Norma che definisce la classificazione degli elettrodi di tungsteno è la EN ISO 6848 e in essa vengono specificate dalle varie dimensioni che possiamo trovare alla simbolizzazione degli elettrodi in base alla loro composizione chimica, passando i dati da visualizzare nelle confezioni di elettrodi.

Selezione degli elettrodi

La selezione degli elettrodi viene eseguita principalmente in base al tipo di corrente utilizzata, che è determinata dal materiale di base. In generale, possiamo dire che DC (-) è impiegato con tutti i tipi di materiali, ad eccezione di quelli che formano uno strato di ossido refrattario, come leghe come alluminio e magnesio, in cui viene utilizzata la corrente alternata.

3.4. Classificazione delle bacchette e dei fili di riempimento. UNE-EN ISO 636: 2017

Il metallo d'apporto per saldatura TIG non è sempre necessario quando si saldano pezzi sottili (meno di 3 mm di spessore), per i quali utilizzeremo una preparazione a bordo dritto o con bordi rialzati. Quando è necessario utilizzare materiale di riempimento, possiamo farlo manualmente o automaticamente.

Per poter utilizzare giunti privi di difetti, è molto importante mantenere il metallo d'apporto libero da contaminazioni, sotto forma di umidità, polvere o sporco. Dobbiamo quindi tenerlo nella sua confezione fino al momento in cui lo utilizziamo. Durante la saldatura, prestare particolare attenzione al fatto che la parte calda della bacchetta è sempre abbastanza vicina alla vasca di fusione per essere ricoperta dal gas di protezione.

Poiché il TIG è un processo privo di scorie e viene svolto in un'atmosfera inerte che non provoca reazioni nel bagno, il materiale in ingresso, quando dobbiamo utilizzarlo, deve avere sostanzialmente una composizione chimica simile a quella del materiale di base.

Normalmente troveremo bacchette di diversi diametri: 1.0; 1.5; 2.0; 2.5; 3.0; 4.0; e 5,0 mm, con una lunghezza di 1000 mm.

3.5. Classificazione del gas di protezione per saldatura e taglio ad arco

La classificazione dei gas di protezione, secondo EN ISO 14175, si basa sulla reattività della miscela di gas o gas e sulla composizione chimica.

Argon

Le caratteristiche di questo gas sono:

- È inerte. Non reagisce durante la saldatura.
- È inodore, incolore, insapore e non tossico
- Protezione efficiente grazie alla sua alta densità. L'argon è 1,4 volte più pesante dell'aria, il che aiuta nella sua funzione di schermatura, per evacuare l'aria dall'area di saldatura. L'elio, al contrario, è molto più leggero dell'aria e quindi richiede portate più elevate per fornire lo stesso livello di schermatura dell'argon.
- Facile accensione e buona stabilità dell'arco. L'argon ha una bassa energia di ionizzazione (7,15 eV), che facilita le caratteristiche citate.
- Conveniente. Si ottiene dalla distillazione dell'aria che è in proporzione all'1% circa. L'argon è molto meno costoso dell'elio, per questo e per altri suoi vantaggi; l'argon è molto utilizzato nella saldatura TIG.
- Adatto per piccoli spessori. Avendo una bassa energia di ionizzazione, può essere saldato con basse tensioni e basso apporto termico, risultando adatto alla saldatura di pezzi di piccolo spessore.
- Forma e penetrazione delle perle. L'argon ha una conduttività termica inferiore rispetto all'elio, quindi il calore è concentrato nell'area centrale dell'arco formando penetrazioni e aspetto caratteristico simile a quello mostrato in figura 16.

Elio

Le caratteristiche più importanti dell'elio sono:

- Elevata energia di ionizzazione (24,5 eV)
- Alta conduttività, quindi la colonna di plasma è ampia
- Densità molto bassa

Pertanto, le proprietà più importanti dell'elio sono:

- Apporto di calore molto elevato
- Si ottengono perle larghe e ad alta penetrazione
- La saldatura può essere eseguita a velocità più elevate

Per queste caratteristiche le principali applicazioni dell'elio sono:

- Saldatura di spessori elevati
- Saldatura automatizzata in cui è possibile utilizzare velocità elevate
- Saldatura di materiali ad alta conducibilità, ad esempio rame, riducendo la necessità di preriscaldamento

- Sebbene nella saldatura dell'alluminio venga utilizzato il gas argon, l'elio può essere utilizzato nella saldatura CC automatizzata. L'elio produce una maggiore penetrazione e velocità di saldatura, ma per ottenere ciò è necessario pulire la superficie dagli ossidi.

Tuttavia, l'elio ha quanto segue **svantaggi**:

- Cattiva stabilità dell'arco rispetto all'argon, è dovuta alla sua elevata energia di ionizzazione.
- A causa della sua bassa densità è richiesta una portata circa 2-2,5 volte superiore a quella necessaria con l'argon. Ciò significa che in linea di principio, economicamente **meno redditizio**, ma prima di negarne l'uso, dovrebbe esserci un calcolo economico.

Spesso viene aggiunto elio all'argon per aumentare la penetrazione e l'apporto di calore.

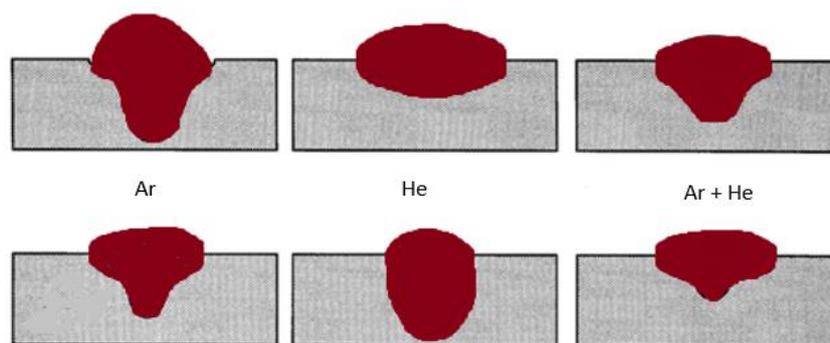


Fig. 16. Forma delle microsferi basata sul gas di protezione

Miscela He / Ar

La miscela di questi due gas inerti fornisce ulteriori **benefici sotto la velocità con cui interviene ciascuno**.

La penetrazione è intermedia tra quella tipica di ogni gas puro, come mostrato in figura 16.

3.6. Influenza dei parametri di saldatura

In sostanza, i parametri principali che dovrai controllare sono i seguenti:

- Diametro dell'elettrodo.
- Selezione del tipo corrente.
- Corrente di saldatura.
- Voltaggio dell'arco.
- Velocità di saldatura.

È essenziale che tu abbia una chiara comprensione dell'influenza di questi parametri prima di affrontare qualsiasi saldatura. Ti consigliamo inoltre di eseguire test in officina utilizzando valori diversi, in modo da poter verificare di persona le informazioni che vengono presentate.

Diametro dell'elettrodo

Il primo parametro che devi regolare è il diametro dell'elettrodo.

Il diametro determina la corrente di saldatura. Se usiamo una corrente bassa per un dato diametro dell'elettrodo, ciò causerà instabilità dell'arco. Se al contrario usiamo un'intensità eccessiva possiamo provocare l'erosione e la fusione della punta dell'elettrodo, nonché inclusioni di tungsteno nel metallo saldato.

Con la corrente continua gli elettrodi hanno la loro massima capacità di trasporto di corrente. Con corrente inversa solo il 10% della quantità che potrebbe essere pilotata sotto la polarità diretta della corrente continua. Nel caso di corrente alternata, potremmo ottenere il 50% della portata massima di corrente. UNE-EN ISO 6848: 2015.

Selezione del tipo corrente

Il processo TIG può essere utilizzato sia in corrente continua che alternata. La scelta della classe e della polarità della corrente viene effettuata in base al materiale da saldare. Al fine di effettuare correttamente questa scelta, evidenzieremo alcuni aspetti differenziali di entrambe le alternative.

- **Arco in corrente continua:**

Quando si utilizza la polarità diretta, ovvero l'elettrodo collegato al polo negativo, l'energia dell'arco è concentrata principalmente sul pezzo, con conseguente prestazione termica relativamente accettabile, maggiore velocità di saldatura e buona penetrazione. D'altra parte, l'elettrodo supporta intensità dell'ordine di 8 volte maggiori che se fosse collegato al polo positivo senza fondersi o deteriorarsi.

Se invertiamo la polarità, l'elettrodo collegato al polo positivo, la distribuzione termica è meno favorevole, il che si traduce in un bagno relativamente ampio, con poca penetrazione e un eccessivo accumulo di calore nell'elettrodo, che provoca surriscaldamento e rapido deterioramento, anche a basse intensità di corrente. Secondo questo, la polarità consigliata in corrente continua è la polarità diretta. È importante sapere che l'alluminio è saldato con DC+ e l'acciaio con DC-.

- **Arco a corrente alternata:**

La corrente alternata unisce, sebbene ridotta, i vantaggi delle due polarità: il buon comportamento durante il semiciclo a polarità diretta e l'effetto decapante del bagno durante il ciclo a polarità inversa, in modo da poter essere utilizzato nella saldatura di leghe leggere, come Al e Mg. Come i suoi principali svantaggi, presenta difficoltà nell'innesco e nella stabilità dell'arco, il che rende necessario incorporare un generatore ad alta frequenza nell'apparecchiatura.

Con corrente alternata, l'arco si spegne ogni volta che la tensione è inferiore alla tensione di innesco, due volte per ciclo. Per migliorare la stabilità, dobbiamo aumentare la tensione a circuito aperto. Per evitare questo inconveniente, aggiungeremo una sorgente ad alta frequenza.

Corrente di saldatura

Il valore della corrente di saldatura è l'unico parametro che è possibile regolare nell'attrezzatura di saldatura, una volta regolata la polarità. Selezionare sempre un valore di corrente come indicato nelle specifiche della procedura di saldatura.

Quando saldi, ci sono indicazioni che ti fanno sapere se l'intensità che stai usando è adeguata:

Se l'intensità di saldatura è troppo bassa, Lo scoprirai:

- è difficile colpire l'arco,
- che l'arco emette poca luce,
- che è difficile andare avanti senza instabilità dell'arco,
- che la tua pozza di metallo fuso è scomodamente piccola,
- che è difficile che la canna si sciolga.

Se l'intensità di saldatura è troppo alta, Lo scoprirai:

- che l'arco è molto energico ed emette molta luce,
- che la vasca di fusione è grande, fluida e ha una grande agitazione,
- che allarga il buco della serratura nel passaggio della radice,
- che il bagno tende a incurvarsi,
- che possono verificarsi proiezioni e schizzi (non usuali),
- l'elettrodo si scioglie e nel cavo compaiono inclusioni di tungsteno.

Quali problemi possono verificarsi se l'intensità di saldatura NON è adeguata?

Come regola generale, un elettrodo non deve essere utilizzato con correnti al di fuori dell'intervallo consigliato dal produttore. Oltre alle indicazioni descritte nella sezione precedente, che si possono vedere durante la saldatura, si possono riscontrare difetti nel cordone anche quando l'intensità non è adeguata:

Se hai saldato con un'intensità molto bassa:

- Il tratto di saldatura sarà stretto ed eccessivamente ingombrante, con possibilità di mancanza di fusione ai bordi, sovrapposizioni, ecc.

Se hai saldato con un'intensità molto elevata:

- Nella posizione PA, il tratto di saldatura tenderà ad essere molto largo e piatto e potrebbero apparire dei sottosquadri sui bordi.
- In posizione PB, PC e PD, il cavo tende a cadere, lasciando morsi sulla piastra superiore e si sovrappone su quella inferiore.
- In posizione PF e PE il cordone tende a cadere verso il centro della saldatura, diventando ingombrante nella parte centrale e con morsi sui lati. Nella posizione PE, il bagno potrebbe persino cadere.
- Il pezzo può presentare crepe.
- Il pezzo può presentare un eccesso di penetrazione, cedimenti e persino perforazioni nella radice.
- I segni di solidificazione sulla faccia della saldatura avranno un aspetto allungato, formando dei picchi.

Voltaggio dell'arco

La lunghezza dell'arco è un parametro che è necessario controllare continuamente per ottenere la saldatura più omogenea possibile. La tensione è direttamente correlata alla lunghezza dell'arco, all'aumentare della tensione, aumenta anche la lunghezza dell'arco.

Quale lunghezza dell'arco è adeguata?

La lunghezza dell'arco dipende principalmente dal tipo di elettrodo e dal suo diametro. Generalmente, dovrebbe essere uguale al diametro dell'elettrodo.

È conveniente mantenere sempre la stessa lunghezza d'arco, in modo da evitare oscillazioni nella tensione e intensità della corrente e con essa una penetrazione diseguale.

Quando la lunghezza dell'arco utilizzato non è adeguata o quando viene modificata durante la saldatura (ad esempio, a causa di un cattivo impulso del saldatore o mancanza di destrezza), possono verificarsi dei difetti sul cavo.

Velocità di saldatura

La velocità di saldatura è un altro parametro che il saldatore deve controllare manualmente. Anche in questo caso, il saldatore deve utilizzare la velocità di saldatura specificata nella WPS. Normalmente ci viene data una gamma, ma è essenziale che il saldatore mantenga una velocità uniforme.

Come influisce la velocità di saldatura?

Maggiore è la velocità di saldatura, minore è la larghezza del cordone, minore è l'apporto di calore e più velocemente la saldatura si raffredda.

- Se la velocità di saldatura fosse troppo elevata, ci saranno dei sottosquadri sul cordone.
- Se la velocità di saldatura fosse troppo bassa, la scoria può sorpassare il bagno di saldatura con conseguente mancanza di fusione e inclusioni di scorie.

Orientamento della torcia

L'orientamento dell'elettrodo può essere definito da due angoli:

- **Angolo di anticipo:** è l'angolo che forma la torcia con la direzione di saldatura. Tra 100° e 110° .
- **Angolo di lavoro:** l'angolo formato dalla torcia rispetto alle superfici delle parti che compongono il giunto. Dipende dalla geometria, in un giunto di testa di 90° e in un giunto di raccordo di 45° .

Il saldatore deve tenere sempre in considerazione che l'arco elettrico ha un importante carattere direzionale rispetto alla fornitura di energia.

3.7. Posizioni di saldatura

Il saldatore deve saper identificare le diverse posizioni di saldatura, definite nella norma EN ISO 6947: 2011. La Figura 17 mostra le posizioni principali, PA, PB, PC, PD, PE, PF e PG, nonché alcuni esempi tipici di queste posizioni. Queste posizioni sono applicabili sia alle lamiere che ai tubi. È anche importante notare che le posizioni PB e PD sono esclusive dei giunti angolari e non si applicano ai giunti di testa.

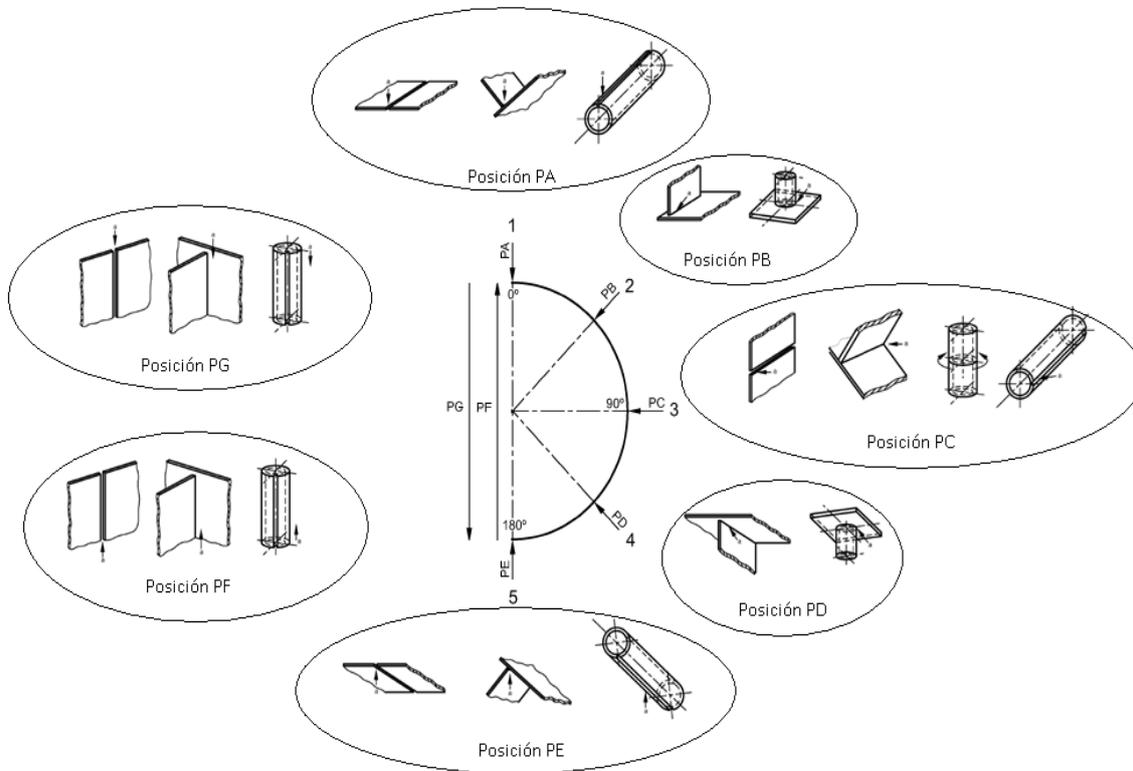


Fig. 17. Posizioni principali di saldatura.

Oltre a quanto sopra, ci sono altre posizioni principali di saldatura che sono applicabili esclusivamente ai tubi e che sono le posizioni PH (saldatura tubo ascendente), PJ (saldatura tubo discendente) e PK (saldatura tubo orbitale). La Figura 18 mostra alcuni esempi di queste posizioni di saldatura.

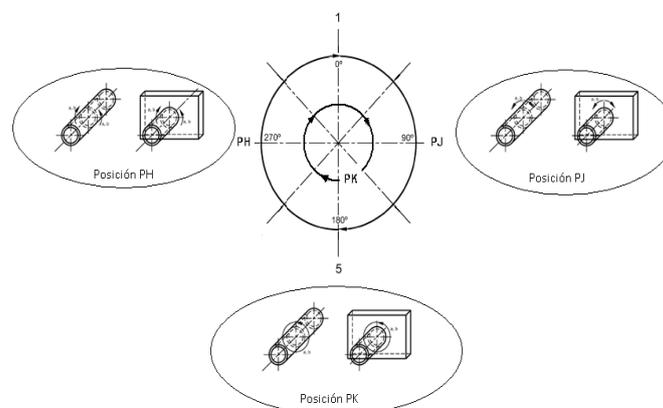


Fig. 18. Principali posizioni di saldatura.

La posizione di saldatura è fondamentale in quanto è una variabile essenziale della qualifica dei saldatori. I saldatori devono conoscere le posizioni di saldatura per essere sicuri che la qualifica che hanno li copra per le posizioni in cui stanno saldando.

3.8. Difetti tipici di saldatura

Durante il processo TIG possono comparire una serie di difetti tipici che possono far sì che il pezzo sia difettoso.

Mancanza di penetrazione	
Aspetto: Tacca o radice a fessura. 	
Causa	Soluzione
Corrente di saldatura troppo bassa. Velocità di traslazione troppo elevata. Preparazione del giunto non corretta Arco troppo lungo. Aspetto: radice concava Le saldature a punti non si sono completamente sciolte completamente durante la saldatura. In posizione piatta, flusso del gas di protezione troppo alto. Preparazione congiunta inaccettabile.	Per aumentare la corrente. Rallentamento della saldatura. Aumentare l'angolo di smusso, ridurre la lunghezza della faccia della radice o aumentare la separazione alla radice. Per ridurre la lunghezza dell'arco. Ridurre le dimensioni delle saldature a punti. Ridurre il flusso del gas di protezione. Utilizzare le preparazioni a U e assicurarsi che il metallo fuso non sia un ponte tra le facce dei bordi del giunto.
Sottosquadro	
Aspetto: Canale lungo la punta di saldatura. 	
Causa	Soluzione
Corrente di saldatura troppo bassa. Velocità di traslazione troppo elevata. Torcia inclinata lateralmente.	Per aumentare la corrente. Rallentamento della saldatura. Posizionare la torcia perpendicolarmente alla piastra.

Figura 19. Difetti tipici di saldatura

Mancanza di fusione

Aspetto: Di solito non è visibile, è rilevabile solo mediante CND o flessione laterale



Causa	Soluzione
<p>Corrente di saldatura troppo bassa. Velocità di traslazione troppo elevata.</p> 	<p>Per aumentare la corrente. Rallentamento della saldatura. Per aumentare l'angolo di smusso, per ridurre la faccia della radice o per aumentare la separazione alla radice. Riduci la lunghezza dell'arco</p>
<p>Torcia con angolo sbagliato. Posizione non centrata rispetto ai bordi.</p> 	<p>Per inclinare indietro la torcia e mantenere l'arco sul bordo anteriore della goccia di metallo fuso Posizionare la torcia centrata rispetto ai bordi del giunto.</p>
<p>Errata preparazione del giunto. Diametro dell'asta eccessivo per la saldatura dello spessore della lamiera. Scarsa pulizia.</p>	<p>Aumentare lo smusso del giunto. Riduci il diametro del marciume. Pulisci i pezzi.</p>

Figura 19. Difetti tipici di saldatura Difetti tipici di saldatura (continuazione)

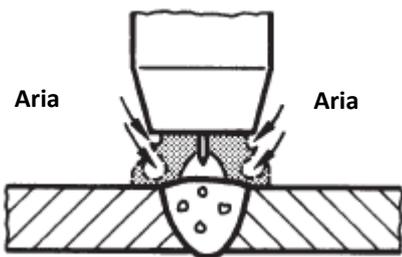
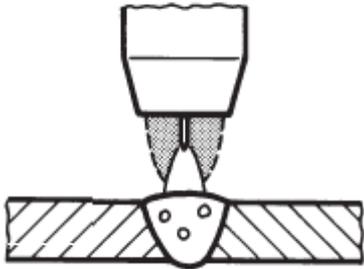
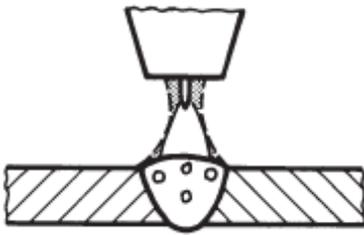
Porosità	
<p>Aspetto: Superficie e sottosuolo normalmente rilevabili mediante radiografia.</p> <div style="text-align: center;">  </div>	
Causa	Soluzione
<p>Schermatura insufficiente. Turbolenze nel gas di protezione.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Errata distribuzione del gas di protezione. Sporcizia, olio, grasso, vernice, ecc. Sulla piastra</p> <p>Sporcizia sull'asta di riempimento. Protezione da gas contaminati.</p>	<p>Aumentare il flusso del gas di protezione. Ridurre il flusso del gas di protezione. Utilizzare un flusso di laminazione o cambiare l'ugello se ne ha uno.</p> <p>Per proteggere tutta l'area di saldatura. Pulire e sgrassare le superfici.</p> <p>Pulire e sgrassare l'asta di riempimento. Cambiare le bombole del gas. Spurgare le linee del gas prima della saldatura. Verificare le connessioni. Usa tubi in rame o neoprene.</p>

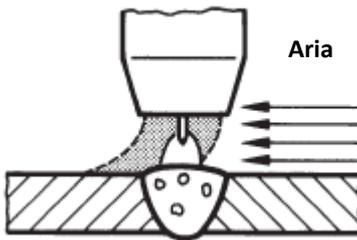
Figura 19. Difetti tipici di saldatura (Continuazione)

Porosità	
Causa	Soluzione
<p>La torcia è separata dai pezzi in lavorazione.</p> <div style="text-align: center;">  </div>	<p>Per ridurre la distanza torcia-pezzo.</p>

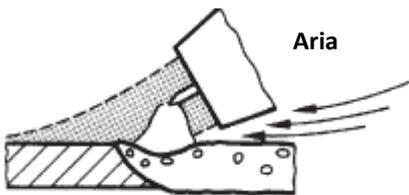
Diametro ugello piccolo.



Saldatura in sito. Alta velocità del vento.



Angolo di inclinazione della pistola troppo piccolo.
(angolo di corsa elevato).



Selezionare l'ugello appropriato.

Proteggere la zona di saldatura dal vento.

Diminuire l'angolo di inclinazione.

Figura 19. Difetti tipici di saldatura (Continuazione)

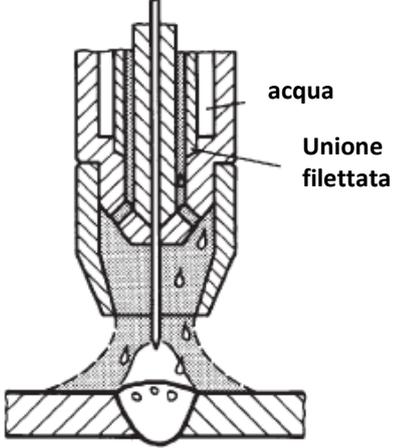
Porosità	
Causa	Soluzione
<p>Immettere acqua di raffreddamento nel gas di protezione a causa di una perdita</p> 	<ul style="list-style-type: none"> – Controllare periodicamente l'attrezzatura di saldatura.
Crepe nel metallo saldato	
<p>Aspetto: Crepa lungo il centro della saldatura.</p>	
Causa	Soluzione
<p>Eccessiva sollecitazione trasversale nelle saldature vincolate. Profondità / larghezza del rapporto troppo basse. Contaminazione superficiale. Scarso adattamento tra le parti nelle saldature d'angolo in presenza di separazioni elevate.</p>	<p>Modificare il processo di saldatura per ridurre le sollecitazioni dovute all'effetto termico. Imposta i parametri per lavorare con un rapporto profondità / larghezza 1: 1. Pulire le superfici, rimuovendo in particolare i lubrificanti da taglio. Migliora l'adattamento delle piastre all'articolazione.</p>

Figura 19. Difetti tipici di saldatura (Continuazione)

Inclusioni di tungsteno	
<p>Aspetto: è visibile sulle radiografie. Le inclusioni di tungsteno hanno lo stesso effetto delle tacche, essendo aree di potenziale e rapida corrosione.</p> 	
Causa	Soluzione

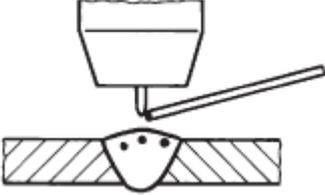
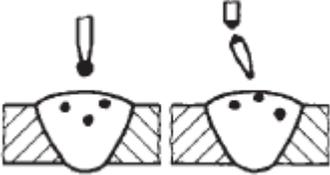
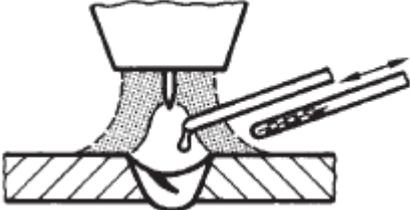
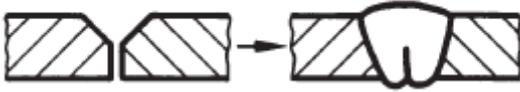
<p>Contatto tra il pezzo in lavorazione e l'elettrodo di tungsteno.</p> <p>Contatto tra l'asta di riempimento e l'elettrodo di tungsteno.</p> 	<p>Separare la torcia dal pezzo. Per ridurre la lunghezza libera dell'elettrodo di tungsteno.</p> <p>Introdurre l'asta di riempimento nel bagno di fusione, senza toccare l'elettrodo.</p>
<p>Corrente eccessiva</p> 	<p>Utilizzare la corrente adatta</p>
Inclusioni di ossido	
<p>Aspetto: Inclusioni irregolari. Visibile radiograficamente.</p> 	
Causa	Soluzione
<p>Insufficiente pulizia delle superfici del metallo base e dello stelo, soprattutto nei materiali refrattari ossidi: alluminio e magnesio.</p>	<p>Eseguire la pulizia meccanica e / o chimica. Dovrà anche spazzolare tra le passate.</p>

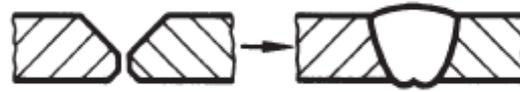
Figura 19. Difetti tipici di saldatura (Continuazione)

Inclusioni di ossido	
Causa	Soluzione
<p>Tecnica di saldatura non adatta. Estrarre ripetutamente l'asta dalla "cortina" di gas protettivo nel movimento alternativo dell'asta durante la saldatura.</p> 	<p>Usa la tecnica corretta.</p>

Preparazione articolare inadeguata. Eccessiva faccia della radice.



Riduci la radice della faccia.



Radice arrugginita

Aspetto: Ossido alla radice della saldatura.



Causa

Mancanza di schermatura nella radice.
Ossidazione delle radici.

Soluzione

Usa il gas di supporto.

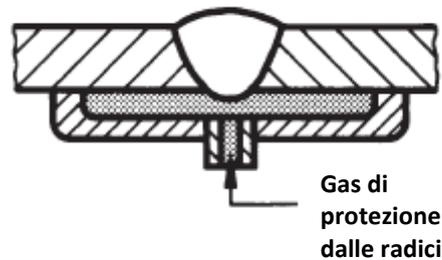


Figura 19. Difetti tipici di saldatura (Continuazione)

4. Salute e sicurezza della saldatura TIG

La saldatura TIG comporta gli stessi rischi di qualsiasi processo di saldatura ad arco, che sono stati descritti in argomenti precedenti, più un'altra serie di rischi specifici di questo processo e ai quali dovrebbe essere prestata particolare attenzione.

Questi rischi inerenti alla saldatura TIG possono essere raggruppati in due gruppi principali:

- Rischi relativi al processo.
- Rischi relativi alla manipolazione di gas compressi

Rischi relativi al processo

I rischi principali inerenti alla saldatura TIG e non presenti, o presenti in misura minore in altri processi di saldatura, risiedono nell'aumentata radiazione ultravioletta emessa dall'arco nella saldatura TIG rispetto ad altri processi di saldatura:

- La protezione degli occhi deve essere più intensa perché l'arco è più luminoso e la radiazione ultravioletta più intensa, quindi i filtri devono essere qualcosa di più scuro. Cristalli n. 6 a correnti di 30 ampere vengono utilizzati per n. 14 quando la corrente è maggiore di 400 ampere. Non dovrebbe usare cristalli più scuri del necessario.

- Un livello più elevato di radiazioni ultraviolette, una maggiore formazione di ozono e come ossidi di azoto, tutti gas molto dannosi per la salute. Quindi, nella saldatura TIG diventa più importante la protezione delle vie respiratorie. Questo è raro che venga preso in considerazione, poiché non si genera una quantità eccessiva di fumo, quindi spesso si presume, a torto, che la saldatura TIG non sia necessaria per adottare misure a tutela dell'apparato respiratorio saldatore.

Rischi relativi alla manipolazione di gas compressi

Il principale gas impiegato nella saldatura TIG è l'argon. I rischi derivanti dalla manipolazione di gas compressi e le misure di prevenzione da adottare per evitare tali rischi sono:

- Asfissia spostando aria con gas inerti, quindi quando la saldatura viene eseguita in spazi ristretti, questi devono essere ben ventilati. Se è impossibile controllare l'ossigeno atmosferico, la saldatura deve essere eseguita con schermi di saldatura con azionamento incorporato o rimozione dei fumi.
- Mediante la manipolazione delle bottiglie intrappolate.

BIBLIOGRAFIA UNITARIA

- [1] Corso generale sulla tecnologia della saldatura. Fondo di formazione-CESOL. Modulo 1 e 2. 1994.
 [2] Documentazione del corso "European Welding Specialist". Moduli 1 e 2. 1995.
 [3] UNE-EN ISO 6848: 2005, Elettrodi di tungsteno per saldatura ad arco in atmosfera inerte con elettrodo refrattario e per saldatura e taglio plasma. Simbolizzazione.
 [4] AWS A5.12-98: Specifiche per elettrodi di tungsteno e lega di tungsteno per saldatura e taglio ad arco.
 [5] AWS C5.5-03, Pratiche consigliate per la saldatura ad arco con gas al tungsteno.
 [6] AWS Z49.1-05, Sicurezza nella saldatura e taglio e processi affini.

Quality Assurance in Welding

1.1 Nome del corso

Garanzia di qualità nella saldatura

1.2 Durata del corso

5 ore

1.3 Scopo del corso

Questa unità è fondamentale per apprendere come eseguire un lavoro di saldatura che soddisfi tutti i requisiti di qualità. Dalle imperfezioni dei materiali alle azioni di ispezione che portano alla qualifica del saldatore, questa Unità copre tutti gli standard specifici che ti aiuteranno a garantire un buon lavoro e, in definitiva, il tuo successo nella saldatura.

1.4 Obiettivi del corso

Obiettivi generali

- *Descrivere gli standard specifici utilizzati nella garanzia della qualità nella saldatura per eseguire una buona saldatura,*
- *Interpretare WPS e WPQR per fornire un lavoro di saldatura che soddisfi tutti i criteri,*
- *Ispezionare un pezzo saldato utilizzando standard specifici per identificare le imperfezioni del materiale,*
- *Identificare i tagliandi di prova e le relative connessioni agli standard di qualificazione e validità.*

Obiettivi specifici

Conoscenza	Competenze	Atteggiamenti
<p>Descrivere e spiegare il ruolo e il funzionamento di standard specifici sulla qualità nella saldatura:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Requisiti di qualità ISO 3834 per il gruppo di saldatura • ISO 9001: 2015 - Sistemi di gestione della qualità • ISO 14731: 2019 - Coordinamento della saldatura - Compiti e responsabilità 	<p>Utilizzare termini e definizioni coerenti con la terminologia di saldatura generalmente accettata come standard di saldatura internazionali registrati</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicare agli altri, • Assunzione all'interno del gruppo di lavoro delle responsabilità per il compito lavorativo.
<p>Descrivere e spiegare il ruolo di WPS (Welding Procedure Specification) e WPQR (Welding Procedure Qualification Record) per il livello di qualità riferito a:</p> <p>Descrivere e spiegare il ruolo di WPS (Welding Procedure Specification) e WPQR (Welding Procedure Qualification Record) per il livello di qualità riferito a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ISO 15607: 2019 - Specifica e qualificazione delle procedure di 	<ul style="list-style-type: none"> • Identificare le regole generali per la specifica e la qualificazione delle procedure di saldatura per i materiali metallici, • Comprendere le abbreviazioni e le terminologie di WPS, • Preparare il suo lavoro secondo WPS. 	

<p>saldatura per materiali metallici - Regole generali</p> <ul style="list-style-type: none"> • ISO 15609-1: 2019 - Specifica e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Specifica della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco • ISO 15614-1: 2017 - Specifica e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Test della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco e gas di acciai e saldatura ad arco di nichel e leghe di nichel 		
<p>Identificare le potenziali cause di difetti o imperfezioni di saldatura prima della saldatura e agire per soddisfare i requisiti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ISO 6520-1: 2007 Saldatura e processi affini - Classificazione delle imperfezioni geometriche nei materiali metallici - Parte 1: Saldatura per fusione; • ISO 5817: 2014 - Saldatura - Giunti saldati per fusione in acciaio, nichel, titanio e loro leghe (saldatura a fascio esclusa) - Livelli di qualità per le imperfezioni; • ISO 10042: 2018 - Saldatura - Giunti saldati ad arco in alluminio e sue leghe - Livelli di qualità per le imperfezioni 	<ul style="list-style-type: none"> • Effettuare controlli preoperativi in conformità con le specifiche del produttore, • Identificare i difetti di saldatura e intraprendere azioni correttive. 	
<p>Descrivere e spiegare gli standard per la qualità e il coordinamento nella saldatura facendo riferimento a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ISO 9606-1: 2012 Test di qualificazione dei saldatori - Saldatura per fusione - Parte 1: Acciai 	<ul style="list-style-type: none"> • Ispezionare il pezzo saldato per rilevare eventuali difetti (utilizzare test distruttivi) e applicare controlli di qualità • in corso, • Ispezionare il prodotto finale per verificarne la conformità alle specifiche riportate sul disegno o sui requisiti del lavoro. 	

1.5 Contenuti

1. Qualità nella saldatura

1.1. Generali

1.1.1 Standardizzazione e attività correlate

1.2 Standard specifici

1.2.1 ISO 3834 - Requisiti di qualità per la saldatura

1.2.1.1 ISO 3834 - Parte 1: 2005

1.2.1.2 ISO 3834 - Parte 2: 2005 e Parte 3: 2005

1.2.1.3 ISO 3834 - Parte 4: 2005

1.2.1.4 ISO 3834 - Parte 5: 2015

1.2.1.4 ISO / TR 3834 - Parte 6: 2007

1.2.2 ISO 9001: 2015 - Sistemi di gestione della qualità

1.2.2.1 (Contesto dell'organizzazione)

1.2.2.2 (Comando)

1.2.2.3 (Pianificazione)

1.2.2.4 (Supporto)

1.2.2.5 (Operazioni)

1.2.2.6 (Valutazione delle prestazioni)

1.2.2.7 (Miglioramento)

1.2.3 ISO 14731: 2019 - Coordinamento della saldatura - Compiti e responsabilità

2. WPS e WPQR

2.1 Standard

2.1.1 ISO 15607: 2019 - Specifica e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Regole generali

2.1.2 ISO 15609-1: 2019 Specifica e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Specifica della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco

2.1.3 ISO 15614-1: 2017 - Specifica e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Test della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco e gas di acciai e saldatura ad arco di nichel e leghe di nichel

3. Imperfezioni di saldatura

3.1 ISO 6520-1: 2007 - Saldatura e processi affini - Classificazione delle imperfezioni geometriche nei materiali metallici - Parte 1: Saldatura per fusione

3.2 ISO 5817: 2014 - Saldatura - Giunti saldati per fusione in acciaio, nichel, titanio e loro leghe (saldatura a fascio esclusa) - Livelli di qualità per le imperfezioni

3.3 ISO 10042: 2018 - Saldatura - Giunti saldati ad arco in alluminio e sue leghe - Livelli di qualità per le imperfezioni

4. Qualifica e ispezione del saldatore

4.1 ISO 9606-1: 2012 Test di qualificazione dei saldatori - Saldatura per fusione - Parte 1: Acciai

- Visita medica

- Test

- Standard specifici

- Pezzo di prova

- Gamma di qualifiche

- Validità

1.6 Partecipanti

Caratteristiche dello studente:	<i>Conoscenza di base nella saldatura</i>
---------------------------------	---

(Delineare il profilo del gruppo di studenti target per il corso)

1.7 Requisiti di accesso

(Descrivere i requisiti di accesso al corso, se necessario)

Requisiti del livello di istruzione:	<i>Studenti delle scuole di formazione professionale (formazione sull'istruzione obbligatoria)</i>
Conoscenza precedente necessaria	<i>Conoscenza di base nella saldatura</i>
Requisiti di età:	<i>Età compresa tra 16 e 20 anni</i>

1.8 Attività di valutazione

Valutazione sommativa

- *Esame teorico mediante simulatore / computer autonomo o aula virtuale SIMTRANET*

1.9 Bibliografia (usata o supplementare)

Institute of Risk Management (2019). *Informazioni sulla gestione del rischio*. (www.theirm.org) Data della consultazione: agosto 2019

ISO (2003). ISO 15607: 2003 Specifica e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Regole generali. (<https://www.iso.org/standard/28388.html>). Data della consultazione: luglio 2019

ISO (2005). ISO 3834-1: 2005 Requisiti di qualità per la saldatura per fusione di materiali metallici - Parte 1: Criteri per la selezione del livello appropriato di requisiti di qualità. (<https://www.iso.org/standard/35144.html>). Data della consultazione: luglio 2019

ISO (2005). ISO 3834-2: 2005 Requisiti di qualità per la saldatura per fusione di materiali metallici - Parte 2: Requisiti di qualità completi. (<https://www.iso.org/standard/35145.html>). Data della consultazione: luglio 2019

ISO (2005). ISO 3834-3: 2005 Requisiti di qualità per la saldatura per fusione di materiali metallici - Parte 3: Requisiti di qualità standard. (<https://www.iso.org/standard/35146.html>). Data della consultazione: luglio 2019

ISO (2005). ISO 3834-4: 2005 Requisiti di qualità per la saldatura per fusione di materiali metallici - Parte 4: Requisiti di qualità elementari. (<https://www.iso.org/standard/35147.html>). Data della consultazione: luglio 2019

ISO (2007). ISO 6520-1: 2007 - Saldatura e processi affini - Classificazione delle imperfezioni geometriche nei materiali metallici - Parte 1: Saldatura per fusione. (<https://www.iso.org/standard/40229.html>). Data della consultazione: luglio 2019

ISO (2012). *ISO 9606-1: 2012 Test di qualificazione dei saldatori - Saldatura per fusione - Parte 1: Acciai.* (<https://www.iso.org/standard/54936.html>). Data della consultazione: luglio 2019

ISO (2014). *ISO 5817: 2014 - Saldatura - Giunti saldati per fusione in acciaio, nichel, titanio e loro leghe (saldatura a fascio esclusa) - Livelli di qualità per le imperfezioni.* (<https://www.iso.org/standard/54952.html>). Data della consultazione: luglio 2019

ISO (2014). *ISO 5817: 2014 Saldatura - Giunti saldati per fusione in acciaio, nichel, titanio e loro leghe (saldatura a fascio esclusa) - Livelli di qualità per le imperfezioni.* (<https://www.iso.org/standard/54952.html>). Data della consultazione: luglio 2019

ISO (2015). *ISO 3834-5: 2015 Requisiti di qualità per la saldatura per fusione di materiali metallici - Parte 5: Documenti ai quali è necessario conformarsi per dichiarare la conformità ai requisiti di qualità di ISO 3834-2, ISO 3834-3 o ISO 3834-4.* (<https://www.iso.org/standard/63729.html>). Data della consultazione: luglio 2019

ISO (2015). *ISO 9001: 2015 Sistemi di gestione della qualità - Requisiti.* (<https://www.iso.org/standard/62085.html>). Data della consultazione: luglio 2019

ISO (2017). *ISO 15614-1: 2017 Specifica e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Test della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco e gas di acciai e saldatura ad arco di nichel e leghe di nichel.* (<https://www.iso.org/standard/51792.html>). Data della consultazione: luglio 2019

ISO (2018). *ISO 10042: 2018 - Saldatura - Giunti saldati ad arco in alluminio e sue leghe - Livelli di qualità per le imperfezioni.* (<https://www.iso.org/standard/70566.html>). Data della consultazione: luglio 2019

ISO (2019). *ISO 15609-1: 2019 Specifica e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Specifica della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco.* (<https://www.iso.org/standard/75556.html>). Data della consultazione: luglio 2019

Lessico dizionari (2019). Definizione della parola "Qualità" in inglese. (<https://www.lexico.com/en/definizione/quality>). Data della consultazione: luglio 2019

Wikipedia (2019). Immagine di SS Schenectady. Recuperato da https://en.wikipedia.org/wiki/SS_Schenectady. Data della consultazione: luglio 2019

NUMERO UNITÀ: Unità didattica 3
TITOLO UNITÀ: *Garanzia di qualità nella saldatura*
PRESENTAZIONE DELL'UNITÀ

Ciascuna delle unità (o materie) del corso (o modulo) dovrebbe avere una breve presentazione in cui, in modo accattivante e motivante, enfatizzi la sua importanza e presenti i punti più importanti che possono essere visti in essa.

Questa unità è fondamentale se vuoi imparare come eseguire un lavoro di saldatura che soddisfi tutti i requisiti di qualità. Dalle imperfezioni dei materiali alle azioni di ispezione che portano alla qualifica del saldatore, questa Unità copre tutti gli standard specifici che ti aiuteranno a garantire un buon lavoro e, in definitiva, il tuo successo nella saldatura.

OBIETTIVI

Indica 2-3 obiettivi specifici dell'unità. Si riferiscono a ciò che gli studenti possono conoscere dopo lo studio unitario. La formulazione degli obiettivi deve essere chiara, utilizzando un linguaggio adeguato al livello di conoscenza degli studenti e deve essere espressa all'infinito.

Obiettivi generali

- *Descrivere gli standard specifici utilizzati nella garanzia della qualità nella saldatura per eseguire una buona saldatura,*
- *Interpretare WPS e WPQR per fornire un lavoro di saldatura che soddisfi tutti i criteri,*
- *Ispezionare un pezzo saldato utilizzando standard specifici per identificare le imperfezioni del materiale,*
- *Identificare i tagliandi di prova e le relative connessioni agli standard di qualificazione e validità.*

Obiettivi specifici

Conoscenza	Competenze	Atteggiamenti
Descrivere e spiegare il ruolo e il funzionamento di standard specifici sulla qualità nella saldatura: <ul style="list-style-type: none"> • Requisiti di qualità ISO 3834 per il gruppo di saldatura • ISO 9001: 2015 - Sistemi di gestione della qualità • ISO 14731: 2019 - Coordinamento della saldatura - Compiti e responsabilità 	Utilizzare termini e definizioni coerenti con la terminologia di saldatura generalmente accettata come standard di saldatura internazionali registrati	<ul style="list-style-type: none"> • Comunicare agli altri, • Assunzione all'interno del gruppo di lavoro delle responsabilità per il compito lavorativo.
Descrivere e spiegare il ruolo di WPS (Welding Procedure Specification) e WPQR (Welding Procedure Qualification Record) per il livello di qualità riferito a: Descrivere e spiegare il ruolo di WPS (Welding Procedure Specification) e WPQR (Welding Procedure Qualification Record) per il livello di qualità riferito a:	<ul style="list-style-type: none"> • Identificare le regole generali per la specifica e la qualificazione delle procedure di saldatura per i materiali metallici, • Comprendere le abbreviazioni e le terminologie di WPS, • Preparare il suo lavoro secondo WPS. 	

<ul style="list-style-type: none"> • ISO 15607: 2019 - Specifica e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Regole generali • ISO 15609-1: 2019 - Specifica e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Specifica della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco • ISO 15614-1: 2017 - Specifica e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Test della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco e gas di acciai e saldatura ad arco di nichel e leghe di nichel 		
<p>Identificare le potenziali cause di difetti o imperfezioni di saldatura prima della saldatura e agire per soddisfare i requisiti:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ISO 6520-1: 2007 Saldatura e processi affini - Classificazione delle imperfezioni geometriche nei materiali metallici - Parte 1: Saldatura per fusione; • ISO 5817: 2014 - Saldatura - Giunti saldati per fusione in acciaio, nichel, titanio e loro leghe (saldatura a fascio esclusa) - Livelli di qualità per le imperfezioni; • ISO 10042: 2018 - Saldatura - Giunti saldati ad arco in alluminio e sue leghe - Livelli di qualità per le imperfezioni 	<ul style="list-style-type: none"> • Effettuare controlli preoperativi in conformità con le specifiche del produttore, • Identificare i difetti di saldatura e intraprendere azioni correttive. 	
<p>Descrivere e spiegare gli standard per la qualità e il coordinamento nella saldatura facendo riferimento a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ISO 9606-1: 2012 Test di qualificazione dei saldatori - Saldatura per fusione - Parte 1: Acciai 	<ul style="list-style-type: none"> • Ispezionare il pezzo saldato per rilevare eventuali difetti (utilizzare test distruttivi) e applicare controlli di qualità • in corso, • Ispezionare il prodotto finale per verificarne la conformità alle specifiche riportate sul disegno o sui requisiti del lavoro. 	

Presentare l'indice delle unità correttamente numerato

1. Qualità nella saldatura

1.1. Generali

1.1.1 Standardizzazione e attività correlate

1.2 Standard specifici

1.2.1 ISO 3834 - Requisiti di qualità per la saldatura

1.2.1.1 ISO 3834 - Parte 1: 2005

1.2.1.2 ISO 3834 - Parte 2: 2005 e Parte 3: 2005

1.2.1.3 ISO 3834 - Parte 4: 2005

1.2.1.4 ISO 3834 - Parte 5: 2015

1.2.1.4 ISO / TR 3834 - Parte 6: 2007

1.2.2 ISO 9001: 2015 - Sistemi di gestione della qualità

1.2.2.1 (Contesto dell'organizzazione)

1.2.2.2 (Leadership)

1.2.2.3 (Pianificazione)

1.2.2.4 (Supporto)

1.2.2.5 (Operazioni)

1.2.2.6 (Valutazione delle prestazioni)

1.2.2.7 (Miglioramento)

1.2.3 ISO 1473: 2019 - Coordinamento della saldatura - Compiti e responsabilità

2.WPS e WPQR

2.1 Standard

2.1.1 ISO 15607: 2019 - Specifica e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Regole generali

2.1.2 ISO 15609-1: 2019 Specifica e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Specifica della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco

2.1.3 ISO 15614-1: 2017 - Specifica e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Test della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco e gas di acciai e saldatura ad arco di nichel e leghe di nichel

3. Imperfezioni di saldatura

3.1 ISO 6520-1: 2007– Saldatura e processi affini - Classificazione delle imperfezioni geometriche nei materiali metallici - Parte 1: Saldatura per fusione

3.2 ISO 5817: 2014 - Saldatura - Giunti saldati per fusione in acciaio, nichel, titanio e loro leghe (saldatura a trave esclusa) - Livelli di qualità per le imperfezioni

3.3 ISO 10042: 2018 - Saldatura - Giunti saldati ad arco in alluminio e sue leghe - Livelli di qualità per le imperfezioni

4. Qualifica e ispezione del saldatore

4.1 ISO 9606-1: 2012-Test di qualificazione dei saldatori - Saldatura per fusione - Parte 1: Acciai

- Visita medica

- Test

- Standard specifici

- Pezzo di prova

- Gamma di qualifiche

- Validità

SVILUPPO DEI CONTENUTI

PRIMA SEZIONE O PUNTO: 1. Qualità nella saldatura

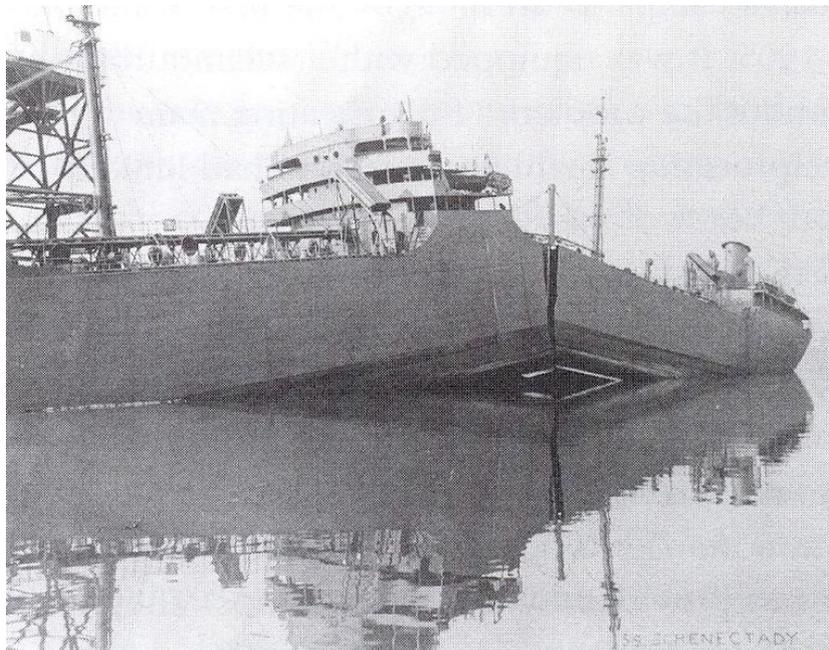
SOTTOSEZIONE: 1.1. Generali

La qualità è un concetto che accompagna da tempo la produzione. È un argomento molto importante, poiché determina le specifiche di come dovrebbe apparire / agire un giunto saldato.

Qualità, per definizione, significa "Lo standard di qualcosa misurato rispetto ad altre cose di tipo simile; il grado di eccellenza di qualcosa." (in Lessico Dictionaries, 2019).

Le conseguenze per la mancanza di qualità possono variare dalla semplice perdita di "bellezza" del pezzo, ad un guasto catastrofico dell'intero sistema che da esso dipende. Inoltre, la saldatura può essere definita come un "processo speciale", che, secondo lo standard ISO 9000, si riferisce a processi la cui qualità non può essere prontamente o economicamente verificata alla fine del processo di produzione. Per questo motivo, è importante stabilire misure per il controllo e la garanzia della qualità durante il processo di saldatura.

Per assicurarsi che il controllo di qualità sia efficace, deve essere sviluppato e implementato un piano di test di ispezione (ITP). Le attività di ITP comprendono la verifica documentale e anche i controlli distruttivi e non distruttivi. Anche il saldatore svolge un ruolo molto importante in questo processo, rendendo necessaria la prova delle sue qualifiche / esperienza per garantire buone saldature e prevenire possibili fallimenti di saldatura.



Nell'immagine possiamo vedere il relitto dell'autocisterna "SS Schenectady" T2. La causa del relitto era il posizionamento di una saldatura difettosa in un'area di concentrazione dello stress. La rottura è avvenuta mentre giaceva al molo di allestimento nel cantiere dei costruttori a Portland, dopo le prove in mare.

Fonte: Wikipedia

SOTTOSEZIONE 1.1.1. Standardizzazione e attività correlate

La standardizzazione è il processo di creazione di standard per guidare la creazione di un bene o servizio basato sul consenso di tutte le parti interessate del settore. Gli standard garantiscono che i beni o servizi prodotti in un settore specifico abbiano una qualità costante e siano equivalenti ad altri prodotti o servizi comparabili nello stesso settore. L'obiettivo della standardizzazione è garantire l'uniformità di alcune pratiche all'interno del settore. La standardizzazione si concentra sul processo di creazione del prodotto, sulle operazioni delle aziende, sulla tecnologia in uso e sul modo in cui vengono forniti specifici processi obbligatori.

In sostanza, uno standard è un modo concordato di fare qualcosa. Potrebbe riguardare la realizzazione di un prodotto, la gestione di un processo, la fornitura di un servizio o la fornitura di materiali: gli standard possono coprire una vasta gamma di attività intraprese dalle organizzazioni e utilizzate dai loro clienti.

Gli standard sono la saggezza distillata di persone con esperienza nella loro materia e che conoscono le esigenze delle organizzazioni che rappresentano - persone come produttori, venditori, acquirenti, clienti, associazioni di categoria, utenti o regolatori.

Gli standard sono conoscenza. Sono strumenti potenti che possono aiutare a guidare l'innovazione e aumentare la produttività. Possono rendere le organizzazioni più efficaci e la vita quotidiana delle persone più facile, più sicura e più sana.

SOTTOSEZIONE: 1.2. Standard specifici

Discuteremo ulteriormente tre standard per i requisiti di qualità: la serie ISO 3834, la ISO 9001 e la ISO 14731.

SOTTOSEZIONE: 1.2.1. ISO 3834: 2005 Requisiti di qualità per il gruppo di saldatura

La serie ISO 3834 fornisce requisiti di qualità adatti ai processi di saldatura per fusione di materiali metallici. Questi requisiti possono tuttavia essere adottati per altri processi di saldatura. Si riferiscono solo agli aspetti della qualità del prodotto, non essendo assegnati a un gruppo di prodotti specifico. Fornisce inoltre una guida per valutare la capacità di saldatura di un produttore.

Questo standard è suddiviso in 5 standard e 1 rapporto tecnico (parte 6):

1. Criteri per la selezione del livello appropriato di requisiti di qualità,
2. Requisiti di qualità completi,
3. Requisiti di qualità standard,
4. Requisiti di qualità elementari,
5. Documenti applicabili,
6. Linee guida per l'implementazione della ISO 3834.

La prima parte viene quindi utilizzata per scegliere tra i requisiti di qualità - seconda, terza e quarta parte (essendo la seconda la più rigorosa, quindi la terza e infine la quarta) - che contengono i requisiti di qualità degli standard, a diversi livelli di qualità. La quinta parte contiene i documenti necessari per soddisfare i requisiti di qualità, definiti nelle diverse parti della serie standard (parti due, tre e quattro. La sesta parte è una relazione tecnica che ha lo scopo di aiutare nell'implementazione della norma. Anche quando sta spiegando ma per essere un'introduzione completa a tutte le parti.

Questa serie di standard definisce i requisiti di qualità necessari per raggiungere un certo livello di qualità per una certa costruzione saldata. Può essere utilizzato in situazioni contrattuali (in specifica dei requisiti di qualità), dai produttori (nello stabilire e mantenere requisiti di qualità della saldatura), dai comitati che redigono codici di fabbricazione (in specifica dei requisiti di qualità della saldatura) o da organizzazioni che valutano la qualità prestazioni (es. clienti)

Se i criteri per uno dei livelli sono soddisfatti, si presume che siano soddisfatti anche quelli per tutti i livelli inferiori (ad esempio, se un produttore è conforme a ISO 3834-2, è anche conforme a ISO 3834-3 e ISO 3834 -4).

SOTTOSEZIONE: 1.2.1.1 ISO 3834 - Parte 1: 2005

La scelta della parte della norma da consultare deve essere effettuata in base a quanto segue, relativo ai prodotti:

- Estensione e importanza dei prodotti critici per la sicurezza,
- Complessità di fabbricazione,
- Gamma di prodotti realizzati,
- Gamma di materiali utilizzati,
- Fino a che punto possono verificarsi problemi metallurgici,
- Misura in cui imperfezioni di produzione, ad esempio disallineamento o distorsione, influiscono sulle prestazioni del prodotto.

SOTTOSEZIONE: 1.2.1.2 ISO 3834- Parte 2: 2005 e Parte 3: 2005

Queste parti dello standard includono i requisiti completi e standard (rispettivamente) per la saldatura per fusione di materiali metallici nelle officine e nelle installazioni in loco. Fornisce linee guida basate sui seguenti requisiti:

- Materiale / i principale / i e proprietà del giunto saldato,
- Requisiti di qualità e accettazione per le saldature,
- Posizione, accessibilità e sequenza delle saldature, comprese quelle per l'ispezione e le prove non distruttive,
- La specifica delle procedure di saldatura, delle procedure di prova non distruttiva e delle procedure di trattamento termico,
- L'approccio da utilizzare per la qualificazione delle procedure di saldatura,
- La qualificazione del personale,
- Selezione, identificazione e / o tracciabilità del processo,
- Disposizioni per il controllo della qualità, compreso qualsiasi coinvolgimento di un organismo di ispezione,
- Ispezione e collaudo,
- Subappalto,
- Trattamento termico post-saldatura,
- Altri requisiti di saldatura, ad esempio contenuto di ferrite del metallo saldato,
- Uso di metodi speciali, ad esempio per ottenere la piena penetrazione senza supporto quando saldato da un solo lato,
- Dimensioni e dettagli della preparazione del giunto e della saldatura completata,
- Saldature da eseguire in officina o altrove,
- Condizioni ambientali rilevanti per l'applicazione del processo (ad es. Necessità di fornire protezione contro condizioni meteorologiche avverse),
- Gestione delle non conformità.

SOTTOSEZIONE: 1.2.1.3 ISO 3834- Parte 4: 2005

Questa parte della norma include i requisiti elementari per la saldatura per fusione di materiali metallici. Fornisce linee guida, basate sui requisiti del processo, quali:

- Subappalto,

- Qualifica del personale di saldatura,
- Qualifica del personale di ispezione e collaudo,
- Stato dell'attrezzatura,
- Tecniche di saldatura e disponibilità di materiali di consumo,
- Non conformità e azioni correttive,
- Periodo di conservazione del record di qualità
- Ispezione e collaudo.

SOTTOSEZIONE: 1.2.1.4 ISO 3834- Parte 5: 2015

Questa parte dello standard fornisce informazioni su quali documenti ISO sono necessari per l'applicazione delle norme nel gruppo ISO 3834.

SOTTOSEZIONE: 1.2.1.5 ISO / TR 3834- Parte 6: 2007

Questo fornisce le linee guida per l'implementazione dei requisiti forniti nelle parti 2, 3 e 4 della ISO 3834. Ha lo scopo di aiutare i produttori nell'implementazione della parte rilevante della ISO 3834.

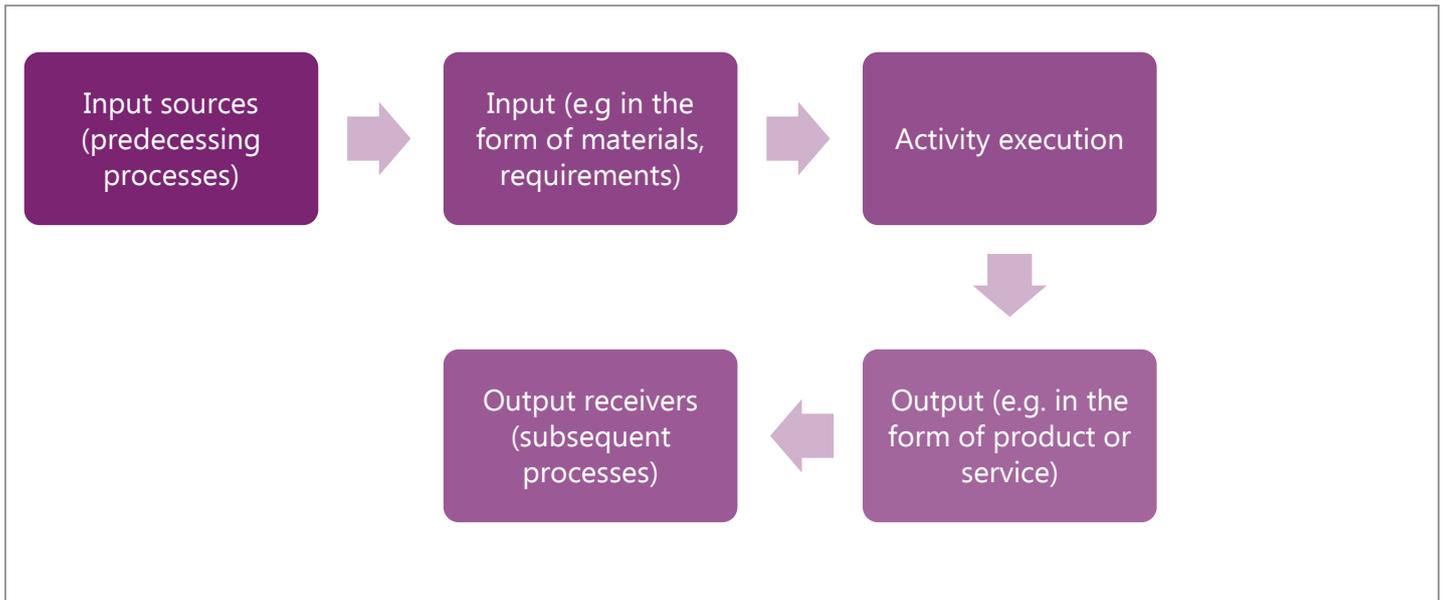
SOTTOSEZIONE: 1.2.2. Sistemi di gestione della qualità ISO 9001: 2015

Questo standard si riferisce ai requisiti per il sistema di gestione della qualità di un'azienda (gestione dell'intera impresa). Può essere utilizzato da organizzazioni di tutte le dimensioni.

La ISO 9001 può essere suddivisa in sette gruppi principali di requisiti:

- Contesto dell'organizzazione,
- Comando,
- Pianificazione,
- Supporto,
- Operazione,
- Valutazione delle prestazioni,
- Miglioramento.

L'immagine seguente, basata sulla ISO 9001, mostra i passaggi necessari per implementare un progetto / attività. Si noti che ognuna di queste fasi può essere utilizzata per monitorare / misurare la qualità e le prestazioni.



SOTTOSEZIONE: 1.2.2.1 ISO 9001 (Contesto dell'organizzazione)

Questa sezione definisce i passaggi necessari per la fondazione del sistema di gestione della qualità ISO 9001. Richiede che l'organizzazione identifichi i suoi punti di forza e di debolezza, i bisogni e le aspettative e attraverso l'approccio per processi determini i processi della ISO 9001. Il sistema di gestione della qualità dovrà quindi essere implementato, mantenuto e continuamente migliorato.

La documentazione in questo sistema deve includere procedure e istruzioni di lavoro, per garantire un controllo efficace di tutti i processi. È inoltre necessario stabilire registrazioni per fornire prove dell'uso di una ISO 9001 adeguatamente mantenuta.

Suggerimento: poiché questa norma si basa su una documentazione adeguata, si consiglia di utilizzare modelli per semplificare le procedure.

SOTTOSEZIONE: 1.2.2.2 ISO 9001 (Leadership)

Questa sezione riguarda il coinvolgimento dell'Alta Direzione nel sistema di gestione della qualità.

Riassume le sue diverse responsabilità (ISO 9001), come l'integrazione del sistema nei processi operativi dell'azienda.

Il top management deve assumere la leadership quando si tratta di focalizzare l'attenzione sul cliente (determinare i requisiti del cliente e i relativi rischi, affrontarli, mantenere un focus sulla soddisfazione del cliente).

Dovrebbe garantire che le responsabilità e le autorità all'interno dell'organizzazione siano chiaramente stabilite.

Infine, la norma afferma che l'Alta Direzione è responsabile del sistema di gestione per la qualità. Tuttavia, può essere nominato un rappresentante ISO 9001.

SOTTOSEZIONE: 1.2.2.3 ISO 9001 (Pianificazione)

Questa sezione è focalizzata sulla pianificazione delle operazioni, come suggerisce il titolo.

In primo luogo, affronta il modo in cui l'organizzazione dovrebbe impegnarsi nella gestione del rischio (comprendere, analizzare e affrontare il rischio, affinché l'organizzazione possa raggiungere i propri obiettivi).

In secondo luogo, dovrebbero essere stabiliti obiettivi di qualità e piani su come raggiungerli.

Infine affronta la pianificazione dei cambiamenti, da fare in modo sistematico.

SOTTOSEZIONE: 1.2.2.4 ISO 9001 (Supporto)

Questa sezione si concentra sulle funzioni di supporto delle operazioni, come risorse, competenza / formazione, comunicazione e documentazione.

In primo luogo, afferma che un'azienda dovrebbe determinare e fornire, in modo tempestivo, le risorse necessarie per l'implementazione e il miglioramento dei processi nel sistema di gestione della qualità. Questi includono le risorse umane (persone), le loro competenze e la formazione necessaria per raggiungere quelle richieste.

Quindi, l'infrastruttura necessaria per ottenere la conformità dei prodotti / servizi dovrebbe essere identificata, fornita e mantenuta.

Anche le attrezzature, i macchinari e l'ambiente di lavoro devono essere mantenuti. I dispositivi di misurazione devono essere particolarmente curati e adeguatamente calibrati.

La conoscenza dell'organizzazione (ad esempio le migliori pratiche) dovrebbe essere determinata, mantenuta e condivisa.

Inoltre, l'azienda dovrebbe disporre di canali di comunicazione sia interni che esterni.

Infine, dovrebbe essere garantito che le persone giuste abbiano a disposizione la versione corrente del documento giusto. Dovrebbero essere conservate registrazioni per le numerose attività svolte.

SOTTOSEZIONE: 1.2.2.5 ISO 9001 (funzionamento)

Questa sezione affronta i requisiti per i processi necessari per ottenere il prodotto o servizio.

Pone l'accento sul modo in cui l'azienda comprende, comunica e soddisfa le esigenze dei clienti e sul percorso che dovrebbe seguire se dovessero cambiare. Afferma che sia le revisioni della progettazione e dello sviluppo, sia la verifica e la convalida devono essere pianificate all'inizio del processo.

Specifica inoltre i controlli per la produzione effettiva e la fornitura di servizi, dalle istruzioni di lavoro alle ispezioni di controllo della qualità.

Affronta anche la non conformità dell'output ai requisiti.

SOTTOSEZIONE: 1.2.2.6 ISO 9001 (Valutazione delle prestazioni)

Questa parte affronta la misurazione e la valutazione.

Discute la definizione, la pianificazione e l'implementazione delle attività di misurazione e monitoraggio necessarie, al fine di garantire la conformità, nonché il miglioramento.

Si concentra anche sull'analisi dei dati derivanti da queste attività e sull'audit interno sistematico per capire se il sistema ISO 9001 funziona come pianificato.

Infine, affronta le revisioni della direzione. Questi dovrebbero coprire una vasta gamma di argomenti relativi alla ISO 9001, che vanno dalla soddisfazione del cliente alle prestazioni dei fornitori. Ciò si traduce in decisioni e azioni relative a miglioramenti, modifiche e necessità di risorse.

SOTTOSEZIONE: 1.2.2.7 ISO 9001 (miglioramento)

Questa sezione richiede alle aziende di identificare le opportunità di miglioramento.

Discute la necessità di migliorare sia i prodotti che i servizi con un occhio alle esigenze del mercato attuali e future. Specifica inoltre che la non conformità deve essere controllata e corretta, se possibile.

Infine, dovrebbero essere pianificati e gestiti i processi per il miglioramento continuo del sistema di gestione per la qualità, utilizzando i dati acquisiti nelle sezioni precedenti.

SOTTOSEZIONE: 1.2.3. ISO 14731: 2019 Coordinamento della saldatura - Compiti e responsabilità

La presente norma internazionale identifica le responsabilità e i compiti relativi alla qualità inclusi nel coordinamento delle attività relative alla saldatura.

Queste attività includono, in conformità con ISO 3834: revisione dei requisiti, revisione tecnica, idoneità del subappalto, qualificazione del personale di saldatura, revisione delle attrezzature, pianificazione della produzione, qualificazione delle procedure di saldatura, specifiche della procedura di saldatura, emissione di istruzioni di lavoro, revisione dei materiali di consumo per saldatura, revisione dei materiali, ispezione e prova prima della saldatura, ispezione e prova durante la saldatura, ispezione e prova dopo la saldatura, trattamento termico post-saldatura, non conformità e azioni correttive, calibrazione e convalida delle apparecchiature di misurazione, ispezione e prova, identificazione e tracciabilità e la preparazione e la manutenzione dei record di qualità

Queste attività possono essere associate ad alcune attività / responsabilità, come ad esempio:

- Specifiche e preparazione,
- Controllo,
- Ispezione,
- Controllo o testimonianza.

Nelle occasioni in cui il coordinamento della saldatura è svolto da più di una persona, i compiti e le responsabilità dovrebbero essere adeguatamente assegnati, in modo tale che la responsabilità sia chiaramente definita e sia assicurata la qualificazione per ogni compito specifico. Questo coordinamento è di esclusiva responsabilità del produttore, essendo il coordinatore da lui designato.

Lo standard specifica anche che è richiesta una descrizione accurata del lavoro per il personale di coordinamento, che dovrebbe includere i loro compiti e responsabilità.

I compiti devono essere assegnati in base alle informazioni contenute nell'allegato B della norma

Le responsabilità dovrebbero essere identificate come:

- la loro posizione nell'organizzazione di produzione e le loro responsabilità;
- la portata dell'autorizzazione loro concessa per l'accettazione mediante firma da parte dell'organizzazione di produzione, necessaria per adempiere ai compiti assegnati, ad esempio per la specifica della procedura e i rapporti di supervisione;
- l'entità dell'autorizzazione loro concessa per lo svolgimento dei compiti assegnati.

Infine, discute il tema della conoscenza tecnica, specificando che i coordinatori dovrebbero essere in grado di dimostrare la quantità adeguata per garantire uno svolgimento soddisfacente dei compiti. La portata dell'esperienza / istruzione / conoscenza richiesta deve essere decisa dall'organizzazione di produzione e dovrebbe dipendere dai compiti / responsabilità assegnati. Ad esempio, per quanto riguarda il personale di coordinamento della saldatura, ci sono tre livelli di conoscenza: completo, specifico e di base.

PRIMA SEZIONE O PUNTO: 2. WPS & WPQR

L'introduzione della sezione deve essere contestualizzata e suscitare interesse e motivazione negli studenti. La sezione deve essere introdotta indicando cosa si può vedere in essa, quali sono le diverse sottosezioni o temi che include, come sono interconnesse ... in altre parole, si tratta di Presentare le idee chiave che verranno viste.

Sia WPS (Welding Procedure Specification) che WPQR (Welding Procedure Qualification Record) svolgono un ruolo importante in un giunto saldato, perché attraverso di essi è possibile garantire il livello di qualità richiesto. Un WPS ha lo stesso scopo per un saldatore di una ricetta per un fornello. Ciò consente al saldatore di (con sufficiente conoscenza della saldatura), eseguire saldature corrette, come specificato, tutte le volte necessarie. Il WPQR comprende tutti i dati necessari per la qualificazione del WPS - pWPS preliminare (che verrà discusso più avanti in questa sezione).

SOTTOSEZIONE: 2.1. Standard

Sviluppa questa sezione e le successive con tutti i contenuti teorici inclusi i complementi informativi come illustrazioni, immagini, figure, tabelle, grafici, grafici e diagrammi

Quando si parla di questi due argomenti, è necessario fare riferimento a tre standard: ISO 15607: 2019, ISO 15609-1: 2019 e ISO 15614-1: 2017.

SOTTOSEZIONE: 2.1.1 ISO 15607: 2019 Specifica e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Regole generali

Sviluppa questa sezione e le successive con tutti i contenuti teorici inclusi i complementi informativi come illustrazioni, immagini, figure, tabelle, grafici, grafici e diagrammi

La ISO 15607 definisce le regole generali per la specifica e la qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici. Fornisce alcune informazioni su WPS e WPQR, nonché a quali standard fare riferimento.

In primo luogo, afferma che un WPS preliminare dovrebbe essere elaborato dal produttore, che è applicabile per la produzione effettiva, utilizzando l'esperienza di produzioni precedenti.

Quindi il WPQR viene realizzato utilizzando uno dei quattro possibili metodi di qualificazione, ciascuno con la propria applicazione:

- Test della procedura di saldatura, che può essere sempre applicata, tranne quando il test della procedura non corrisponde alla geometria del giunto, al vincolo o all'accessibilità delle saldature effettive. Questi test sono specificati nella norma ISO 15614;

- Materiali di consumo per saldatura testati, limitati alle procedure di saldatura che utilizzano materiali di consumo. Ulteriori limitazioni per questo metodo possono essere trovate negli standard ISO 15610;

- Precedente esperienza di saldatura, limitata alle procedure frequentemente utilizzate in passato, in articoli, giunti e materiali comparabili. I requisiti di questo metodo sono discussi ulteriormente nello standard ISO 15611;

- Procedura di saldatura standard, che è come il "test di procedura di saldatura", con i suoi limiti specificati nella norma ISO 15612;

- Test di saldatura pre-produzione, il cui principio può essere sempre applicato, ma richiede la fabbricazione di un pezzo di prova, in condizioni di produzione (ulteriormente spiegato nella norma ISO 15613 - Specifica e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Qualificazione basata sulla pre-produzione prova di saldatura).

Queste qualifiche sono valide a tempo indeterminato, se non diversamente specificato.

SOTTOSEZIONE: 2.1.2 ISO 15609-1: 2019 Specifica e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Specifica della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco

Sviluppa questa sezione e le successive con tutti i contenuti teorici inclusi i complementi informativi come illustrazioni, immagini, figure, tabelle, grafici, grafici e diagrammi

Questo standard specifica la tesi che dovrebbe figurare in una WPS per i processi di saldatura ad arco.

Afferma che il WPS dovrebbe includere:

- Identificazione del produttore;

- Identificazione del WPS;

- Riferimento al WPQR

- Designazione del / i materiale / i e standard / i di riferimento;

- Dimensioni del materiale

- Gamme di spessore del giunto;

- Intervalli di diametro esterno per tubi.

- Processi di saldatura utilizzati in conformità alla norma EN ISO 4063 (Processi di saldatura e affini - Nomenclatura dei processi e numeri di riferimento).

- Uno schizzo del progetto / configurazione e delle dimensioni del giunto o riferimento a norme che forniscono tali informazioni.
- Sequenza di saldatura data sullo schizzo se essenziale per le proprietà della saldatura.
- Posizioni di saldatura applicabili secondo EN ISO 6947.
- Metodi di preparazione dei giunti, pulizia, sgrassaggio, compresi i metodi da utilizzare;
- Jigging, fissaggi e puntatura.
- Tessitura se applicabile.
 - Per saldatura manuale: larghezza massima della corsa.
 - Per la saldatura meccanizzata e automatica: tessitura massima, frequenza e tempo di sosta dell'oscillazione;
- Torcia, elettrodo e / o angolo del filo.
- Scriccatura sul retro:
 - Il metodo da utilizzare, profondità e forma.
 - Il metodo e il tipo di supporto, materiale di supporto e dimensioni. (Per il gas backing, gas in conformità con ISO 14175.)
- Consumabili per saldatura:
 - Designazione, marca, dimensione, maneggevolezza
- Tipo di corrente elettrica
- Dettagli di saldatura a impulsi se applicabile.
- Gamma attuale.
- Saldatura meccanizzata e automatica:
 - Gamma di velocità di marcia, gamma di velocità di avanzamento filo / nastro.
- La temperatura minima applicata all'inizio della saldatura e durante la saldatura.
- Temperatura Interpass massima e, se necessario, minima.
- La temperatura minima nella zona di saldatura che deve essere mantenuta in caso di interruzione della saldatura.
- Post-riscaldamento per rilascio idrogeno:
 - Intervallo di temperatura. tempo minimo di permanenza.
- Il tempo minimo e l'intervallo di temperatura per il trattamento termico o l'invecchiamento post-saldatura, o riferimento alle rispettive norme.
- Gas di schermatura
 - Designazione secondo ISO 14175: 2008 e, ove applicabile, composizione, produttore e nome commerciale.
- Range di apporto termico (se specificato).

Include anche informazioni su alcuni parametri specifici del processo per i seguenti processi: saldatura manuale ad arco metallico, Saldatura ad arco sommerso, Saldatura ad arco metallico con schermatura a gas, Saldatura a gas con elettrodo non consumabile e saldatura ad arco al plasma.

SOTTOSEZIONE: 2.1.3 ISO 15614-1: 2017 Specifica e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Prova della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco e gas di acciai e saldatura ad arco di nichel e leghe di nichel

Sviluppa questa sezione e le successive con tutti i contenuti teorici inclusi i complementi informativi come illustrazioni, immagini, figure, tabelle, grafici, grafici e diagrammi

Questa norma specifica come una specifica preliminare di procedura di saldatura (pWPS) viene qualificata mediante test di procedura di saldatura nella saldatura ad arco e gas di acciai e saldatura ad arco di nichel e sue leghe, in tutte le forme di prodotto.

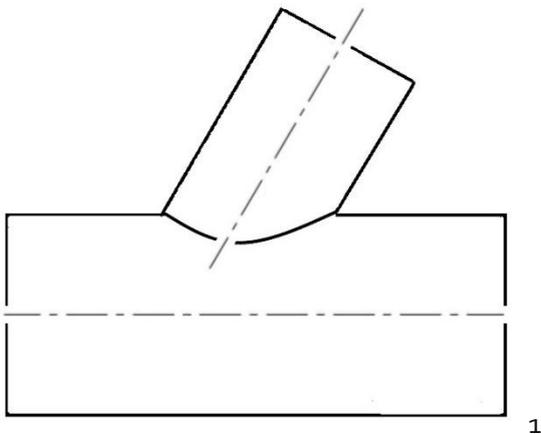
Si afferma che "Vengono forniti due livelli di test della procedura di saldatura per consentire l'applicazione a un'ampia gamma di prodotti saldati". Sono designati dai livelli 1 e 2, essendo il livello 1 in base ai requisiti dell'ASME (Sezione IX - Qualifiche di saldatura) e il livello 2 in base ai precedenti problemi di questo standard.

Livello 2, che qualifica automaticamente il livello 1 (ma non viceversa). In esso, l'estensione del test è maggiore e gli intervalli di qualificazione sono più restrittivi di quelli del livello 1. Tutti i requisiti del livello 2 si applicano quando nessun livello è specificato in un contratto o in uno standard applicativo.

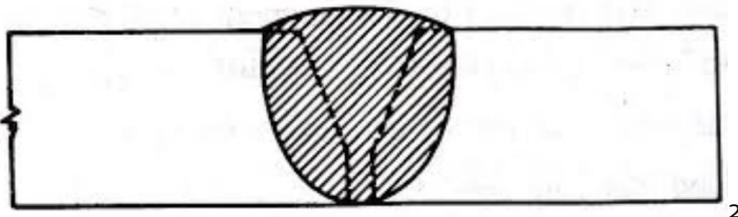
La ISO 15614-1: 2017 afferma che in primo luogo, uno o più pezzi di prova standardizzati dovrebbero essere realizzati per rappresentare il giunto saldato in questione. Laddove nessun pezzo standardizzato rappresenti accuratamente i requisiti di produzione / geometria del giunto, è necessario consultare lo standard ISO 15613: 2004.

Questi provini devono essere preparati in conformità a quanto segue:

- La lunghezza o il numero di provette dovrebbe essere sufficiente per consentire l'esecuzione di tutte le prove richieste;
- Possono essere preparati provini aggiuntivi, o provini più lunghi della dimensione minima, al fine di consentire provini aggiuntivi e / o ripetuti;
- Per tutte le provette eccetto le connessioni di diramazione e le saldature d'angolo, lo spessore del materiale, t , deve essere lo stesso per entrambe le piastre / tubi da saldare;
- Se richiesto dalla norma applicativa, la direzione di rotolamento della piastra deve essere contrassegnata sulla provetta quando è necessario eseguire prove d'urto nella zona interessata dal calore;
- Lo spessore e / o il diametro esterno del tubo delle provette devono essere selezionati in base alle rispettive tabelle;
- I giunti di testa in piastra a piena penetrazione, i giunti di testa in tubo a piena penetrazione, i giunti a T e le derivazioni devono essere realizzati in conformità alle rispettive figure della norma (si consiglia di consultarli).

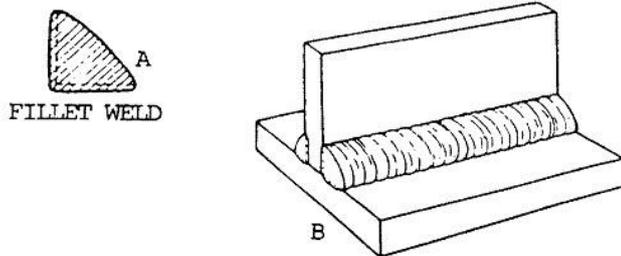


Fonte: Tiago Nuncio



Fonte: ecourseonline.com

Fonte: Quora.com



Nelle immagini sopra sono rappresentate una saldatura di derivazione (1), un giunto di testa (2) e un giunto a T d'angolo (3)

I provini devono essere saldati secondo il pWPS e nelle condizioni generali di saldatura in produzione che rappresentano. La saldatura di questi pezzi dovrebbe essere assistita da un esaminatore / organismo esaminatore.

Questi pezzi dovrebbero quindi essere testati con metodi sia non distruttivi che distruttivi, come test visivi, test radiografici o ultrasonici, test di rilevamento di crepe superficiali, test di trazione trasversale, test di piegatura trasversale, test di impatto, test di durezza, esame macroscopico. Alcuni standard applicativi possono specificare test aggiuntivi, come test di trazione longitudinale della saldatura, test di piegatura di tutti i metalli saldati, test di corrosione, analisi chimica, microesame, esame delta ferrite e / o test cruciformi.

Dopo che tutte le prove non distruttive (NDT) sono state eseguite e superate, devono essere prelevati campioni di prova (in conformità alle rispettive figure degli standard). È accettabile prenderli da aree che evitano imperfezioni come si è visto attraverso i metodi NDT.

I metodi NDT dovrebbero essere applicati dopo ogni trattamento termico post-saldatura. Per i materiali suscettibili al cracking da idrogeno senza trattamento post-riscaldamento / post-saldatura, questi test dovrebbero essere ritardati.

Fonte: Philip Carvalho



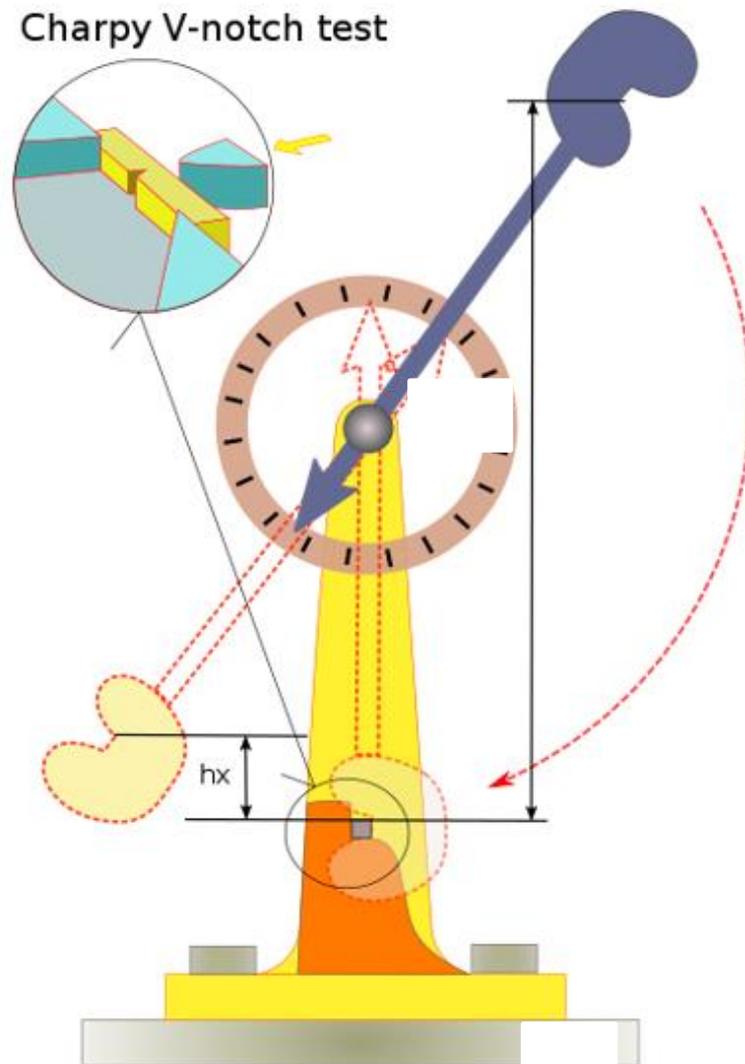
In questa immagine possiamo vedere i risultati di una prova di penetrazione dello stampo su una saldatura di testa in alluminio che è stata lavorata.

Se il provino non è conforme a uno qualsiasi dei requisiti per i metodi NDT, è necessario saldare un ulteriore provino e sottoporlo allo stesso esame. Se anche questo secondo pezzo non è conforme, il test è fallito.

Se alcuni provini non sono conformi ai requisiti per i test distruttivi a causa di imperfezioni della saldatura, è necessario testare altri due provini per ciascuno che non è riuscito. Questi campioni aggiuntivi possono essere prelevati dallo stesso pezzo di prova se c'è abbastanza materiale o da un pezzo di prova diverso. Se uno qualsiasi di questi due non è conforme ai requisiti, il test è considerato un fallimento.

Se sono presenti singoli valori di durezza in diverse zone di prova al di sopra dei valori indicati, è possibile eseguire ulteriori prove. Nessuno dei valori di durezza aggiuntivi deve superare i valori massimi indicati.

Per le prove di impatto Charpy, in cui i risultati di una serie di tre campioni non sono conformi ai requisiti, con un solo valore inferiore al 70%, devono essere prelevati tre campioni aggiuntivi. Il valore medio di questi campioni insieme ai risultati iniziali non dovrebbe essere inferiore alla media richiesta.



Fonte: Wikipedia

In questa immagine possiamo vedere una rappresentazione di un test di impatto Charpy.

La qualificazione di un pWPS mediante un test della procedura di saldatura, secondo lo standard ISO 15614-1, è valida per la saldatura in officine o siti sotto lo stesso controllo tecnico e di qualità del produttore (il produttore che ha eseguito il test della procedura di saldatura si assume la completa responsabilità per tutte le saldature ad esso effettuate).

Gli intervalli di qualificazione per nichel e leghe, acciaio e per giunti dissimili tra acciai e leghe di nichel sono riportati nelle rispettive tabelle della ISO 15614-1.

Gli intervalli di qualificazione vengono quindi specificati per le variabili essenziali, che variano ai livelli di qualità 1 e 2. Essi sono:

- Relativo al produttore;
- Spessore del materiale, diametro del tubo e angolo di connessione della diramazione;
- Processi di saldatura;
- Posizioni di saldatura;
- Tipo di giunto;
- Materiale genitore
- Materiale, tipo e dimensioni di riempimento;
- Tipo di corrente;
- Input di calore;
- Temperatura di preriscaldamento;
- Temperatura di interpass;
- Post-riscaldamento per rilascio di idrogeno;
- Trattamento termico post-saldatura;
- Alcuni criteri specifici del processo.

Il WPQR è una dichiarazione dei risultati dei test effettuati, inclusi i nuovi test. Dovrebbero essere inclusi anche gli elementi rilevanti per il WPS elencati nella ISO 15609, con i dettagli di qualsiasi caratteristica che sarebbe rifiutabile dai requisiti di prova. Se non vengono rilevate caratteristiche rifiutabili o risultati inaccettabili, il WPQR è qualificato e può essere firmato dall'esaminatore / organismo esaminatore. Dovrebbe essere utilizzato un formato standard per facilitare la presentazione e la valutazione dei dati.

PRIMA SEZIONE O PUNTO: 3. Imperfezioni di saldatura

L'introduzione della sezione deve essere contestualizzata e suscitare interesse e motivazione negli studenti. La sezione deve essere introdotta indicando cosa si può vedere in essa, quali sono le diverse sottosezioni o temi che include, come sono interconnesse ... in altre parole, si tratta di Presentare le idee chiave che verranno viste.

Di solito la qualità di un prodotto dipende dalle sue imperfezioni. Per questo motivo è necessario collegare i due in modo che i prodotti soddisfino i criteri di imperfezione richiesti e, quindi, i livelli di qualità specificati.

SOTTOSEZIONE: 3.1. ISO 6520-1: 2007 Saldatura e processi affini - Classificazione delle imperfezioni geometriche nei materiali metallici - Parte 1: Saldatura per fusione

Sviluppa questa sezione e le successive con tutti i contenuti teorici inclusi i complementi informativi come illustrazioni, immagini, figure, tabelle, grafici, grafici e diagrammi

Questa norma ha l'obiettivo di catalogare e smistare eventuali imperfezioni nella saldatura. È diviso in due parti: La prima parte si riferisce alla saldatura per fusione, mentre la seconda parte si concentra sulla saldatura con pressione.

Inoltre divide le suddette imperfezioni in sei gruppi:

- 1 - Crepe;
- 2 - Cavità;
- 3 - Inclusioni solide;

- 4 - Mancanza di fusione;
- 5 - Forma imperfetta;
- 6 - Eventuali altre imperfezioni non comprese nei gruppi da 1 a 5.

Il codice identificativo di ogni imperfezione fornito da questo catalogo è accettato a livello globale, fornendo una designazione semplificata che consente a tutte le parti coinvolte di comunicare senza equivoci (almeno quando si tratta di designazione dell'imperfezione)

SOTTOSEZIONE: 3.2. ISO 5817: 2014 - Saldatura - Giunti saldati per fusione in acciaio, nichel, titanio e loro leghe (saldatura a fascio esclusa) - Livelli di qualità per le imperfezioni

Sviluppa questa sezione e le successive con tutti i contenuti teorici inclusi i complementi informativi come illustrazioni, immagini, figure, tabelle, grafici, grafici e diagrammi

Lo standard ISO 5817: 2014 specifica le dimensioni massime consentite delle imperfezioni tipiche nella normale fabbricazione. Questi limiti dimensionali variano a seconda del livello di qualità scelto. Questo livello dovrebbe essere definito dal progettista responsabile in collaborazione con il produttore, l'utente e / o altre parti coinvolte. Dovrebbe considerare le considerazioni di progettazione, la successiva elaborazione, la modalità di sollecitazione, le condizioni di servizio e le conseguenze del guasto. Dovrebbero essere considerati anche fattori economici.

I livelli di qualità vanno da B a D, essendo D il meno rigoroso.

Questo standard è adattato ai processi di saldatura per fusione in giunti saldati di acciaio, nichel, titanio e loro leghe, per spessori di saldatura $\geq 0,5\text{mm}$. Può, tuttavia, essere utilizzato per altri processi di saldatura per fusione o spessori di saldatura.

Il codice identificativo delle imperfezioni è quello riscontrabile nella norma ISO 6520.



Fonte: Philip Carvalho

In questa immagine possiamo vedere i risultati di un test con particelle magnetiche su una saldatura di testa che è stata parzialmente lavorata (cerchio rosso).

SOTTOSEZIONE: 3.3. ISO 10042: 2018 - Saldatura - Giunti saldati ad arco in alluminio e sue leghe - Livelli di qualità per le imperfezioni

Sviluppa questa sezione e le successive con tutti i contenuti teorici inclusi i complementi informativi come illustrazioni, immagini, figure, tabelle, grafici, grafici e diagrammi

La ISO 10042 è l'equivalente della norma ISO 5817 ma adattata all'alluminio e alle sue leghe. Segue lo stesso sistema di livello di qualità da B a D, nonché la numerazione dallo standard ISO 6520.

PRIMA SEZIONE O PUNTO: 4. Qualifica e ispezione del saldatore

L'introduzione della sezione deve essere contestualizzata e suscitare interesse e motivazione negli studenti. La sezione deve essere introdotta indicando cosa si può vedere in essa, quali sono le diverse sottosezioni o temi che include, come sono interconnesse ... in altre parole, si tratta di Presentare le idee chiave che verranno viste.

Spesso la qualità di un giunto saldato dipende, tra gli altri fattori, dal livello di abilità dell'operatore. Per questo motivo, si ritiene necessario assicurarlo prima di eseguire la saldatura. Per garantire ciò è stata creata la norma ISO serie 9606, per snellire il metodo di qualificazione da utilizzare.

Questa famiglia standard è suddivisa in cinque parti, per cinque diversi gruppi di materiali: acciaio, alluminio e leghe, rame e leghe, nichel e leghe, titanio / zirconio e leghe.

In questo documento verrà discussa solo la prima parte, essendo caldamente consigliata la lettura delle altre.

SOTTOSEZIONE: 4.1. ISO 9606-1: 2012 Test di qualificazione dei saldatori - Saldatura per fusione - Parte 1: Acciai

Sviluppa questa sezione e le successive con tutti i contenuti teorici inclusi i complementi informativi come illustrazioni, immagini, figure, tabelle, grafici, grafici e diagrammi

Questo standard specifica i requisiti per i test di qualificazione dei saldatori per acciai per saldatura per fusione, fornendo una serie di regole tecniche per un test, indipendentemente dal tipo di prodotto, dall'ubicazione e dall'ente esaminatore.

Copre i processi di saldatura per fusione manuali e parzialmente meccanizzati, ma non quelli completamente meccanizzati.

In primo luogo, offre una serie di abbreviazioni e numeri di riferimento, come elencato nella ISO 4063, per i diversi processi di saldatura, pezzi di prova, materiali di riempimento, tipi di saldatura ad arco, termini di prova di piegatura e altri dettagli.

Offre quindi una serie di variabili essenziali, per le quali viene definita una gamma di qualifiche. Se si ritiene necessario che un saldatore debba saldare al di fuori del suo "intervallo di qualificazione", è necessario un nuovo test.

Queste variabili essenziali sono: processi di saldatura, tipo di prodotto, tipo di saldatura, gruppo di materiale di apporto, materiale di consumo per saldatura, dimensioni (spessore e diametro), posizione di saldatura e alcuni dettagli di saldatura (supporto di materiale, supporto di gas, supporto di flusso, inserto di consumo, singolo saldatura laterale, saldatura su entrambi i lati, monostrato, multistrato, saldatura a sinistra, saldatura a destra).

- Processi di saldatura: ogni prova qualifica per un solo processo di saldatura, con alcune eccezioni. Un cambio di processo richiede solitamente un nuovo test di qualificazione. È comunque possibile ottenere la qualificazione per due o più lavorazioni, tramite la saldatura di un "giunto multiprocesso", oppure effettuando due o più prove separate.

- Tipo di prodotto: le prove devono essere eseguite su piastra, tubo o un'altra forma di prodotto adeguata, ciascuna con i propri criteri.
- Tipo di saldatura: eseguita sia di testa che d'angolo, ciascuna con i propri criteri
- Raggruppamento del materiale di riempimento: il test deve essere eseguito con il materiale di riempimento appropriato del gruppo appropriato. La saldatura con materiale di apporto di un gruppo si qualifica per la saldatura con tutti gli altri materiali di quel gruppo. Inoltre, la saldatura con materiale di apporto si qualifica per la saldatura senza uno.
- Dimensioni: per le saldature di testa, il test si basa sullo spessore depositato e sui diametri esterni del tubo, come per quelli a raccordo, si basa sullo spessore della parte di prova.
- Posizione di saldatura: i provini devono essere saldati secondo le posizioni di prova in ISO 6947. I tubi con diametro esterno > 150 mm possono essere saldati in due diverse posizioni.
- Dettagli: gli intervalli di qualificazione variano a seconda dei dettagli.

Si affronta quindi il tema dell'esame e del collaudo, dove la norma specifica che la saldatura dei provini deve essere assistita dall'organismo esaminatore e da questi verificata. Il pezzo dovrebbe quindi essere identificato sia con l'identificazione del saldatore e dell'esaminatore, sia con la posizione di saldatura utilizzata. L'esaminatore ha il diritto di interrompere il test se le condizioni di saldatura non sono corrette o se il saldatore sembra non avere le capacità per soddisfare i requisiti.

Le provette, per le piastre, devono essere lunghe almeno 200 mm, dalla lunghezza dell'esame è di 150 mm. Per circonferenze del tubo inferiori a 150 mm, verranno utilizzati pezzi di prova aggiuntivi, con un massimo di tre pezzi. I post trattamenti specificati nel WPS, o pWPS, possono essere ommesso a discrezione del produttore.

La provetta deve quindi essere sottoposta a prove, vale a dire visive, radiografiche, di flessione e di frattura. Il resto dei test deve essere eseguito solo se la parte supera l'ispezione visiva.

Successivamente, tutti i risultati dei test dovrebbero essere documentati in conformità allo standard pertinente.

I provini vengono quindi valutati in base ai requisiti di accettazione.

Prima di qualsiasi prova, il pezzo dovrebbe essere controllato per i seguenti elementi:

- Rimozione di tutte le scorie e schizzi
- Nessun segno di molatura sulla radice e sul lato frontale della saldatura
- Identificazione dell'arresto e dell'avvio nella corsa di root e nella corsa di capping
- Profilo e dimensioni

I requisiti di accettazione devono, se non diversamente specificato, essere conformi alla ISO 5817, livello di qualità B (C per alcune imperfezioni, ad es. Eccesso di metallo saldato). I campioni di prova di piegatura non devono rivelare alcuna discontinuità discreta più lunga di 3 mm in qualsiasi direzione. Le discontinuità ai bordi devono essere ignorate, a meno che non vi siano prove che le fessurazioni siano dovute a penetrazione incompleta, scorie o altre discontinuità. La somma delle discontinuità maggiori che eccedono 1 mm ma meno di 3 mm in ogni provino con piegatura ne non deve superare i 10 mm.

Inutile dire che se le imperfezioni nel provino superano i limiti consentiti, il test è fallito.

Se il test stesso non è conforme ai requisiti di questa parte della ISO 9606, al saldatore può essere data l'opportunità di ripetere il test di qualificazione una volta senza ulteriore formazione.

Per quanto riguarda la validità di queste prove, assumendo che i risultati siano stati accettabili, sono di 6 mesi, il certificato dovrà essere confermato dal responsabile delle attività di saldatura o dall'ente esaminatore, con il rischio di non essere valido in caso contrario.

Ogni tre anni il saldatore verrà ritestato, oppure verranno prelevati e testati due pezzi campione (saldati negli ultimi 6 mesi del certificato) dal saldatore ogni due anni.

Se c'è un motivo specifico per dubitare della capacità del saldatore di eseguire saldature che soddisfano gli standard richiesti per le sue qualifiche, tali qualifiche verranno revocate. Una volta che il saldatore ha superato la qualifica secondo i requisiti di qualità, viene rilasciato un certificato con tutti i dettagli della saldatura.

BIBLIOGRAFIA UNITARIA

Le unità includeranno una sezione di riferimenti bibliografici su cui dobbiamo assicurarci che tutte le fonti di informazione consultate e utilizzate per lo sviluppo dei contenuti siano raccolte.

Viene presentato alla fine di ogni unità, organizzato in ordine alfabetico seguendo i consigli forniti nel documento "Allegato o. Raccomandazioni generali.pdf".

Institute of Risk Management (2019). Informazioni sulla gestione del rischio. (www.theirm.org) Data della consultazione: luglio 2019

ISO (2003). ISO 15607: 2003 Specifica e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Regole generali. (<https://www.iso.org/standard/28388.html>). Data della consultazione: luglio 2019

ISO (2005). ISO 3834-1: 2005 Requisiti di qualità per la saldatura per fusione di materiali metallici - Parte 1: Criteri per la selezione del livello appropriato di requisiti di qualità. (<https://www.iso.org/standard/35144.html>). Data della consultazione: luglio 2019

ISO (2005). ISO 3834-2: 2005 Requisiti di qualità per la saldatura per fusione di materiali metallici - Parte 2: Requisiti di qualità completi. (<https://www.iso.org/standard/35145.html>). Data della consultazione: luglio 2019

ISO (2005). ISO 3834-3: 2005 Requisiti di qualità per la saldatura per fusione di materiali metallici - Parte 3: Requisiti di qualità standard. (<https://www.iso.org/standard/35146.html>). Data della consultazione: luglio 2019

ISO (2005). ISO 3834-4: 2005 Requisiti di qualità per la saldatura per fusione di materiali metallici - Parte 4: Requisiti di qualità elementari. (<https://www.iso.org/standard/35147.html>). Data della consultazione: luglio 2019

ISO (2007). ISO 6520-1: 2007 - Saldatura e processi affini - Classificazione delle imperfezioni geometriche nei materiali metallici - Parte 1: Saldatura per fusione. (<https://www.iso.org/standard/40229.html>). Data della consultazione: luglio 2019

ISO (2012). ISO 9606-1: 2012 Test di qualificazione dei saldatori - Saldatura per fusione - Parte 1: Acciai. (<https://www.iso.org/standard/54936.html>). Data della consultazione: luglio 2019

ISO (2014). ISO 5817: 2014 - Saldatura - Giunti saldati per fusione in acciaio, nichel, titanio e loro leghe (saldatura a fascio esclusa) - Livelli di qualità per le imperfezioni. (<https://www.iso.org/standard/54952.html>). Data della consultazione: luglio 2019

ISO (2014). ISO 5817: 2014 Saldatura - Giunti saldati per fusione in acciaio, nichel, titanio e loro leghe (saldatura a fascio esclusa) - Livelli di qualità per le imperfezioni. (<https://www.iso.org/standard/54952.html>). Data della consultazione: luglio 2019

ISO (2015). ISO 3834-5: 2015 Requisiti di qualità per la saldatura per fusione di materiali metallici - Parte 5: Documenti ai quali è necessario conformarsi per dichiarare la conformità ai requisiti di qualità di ISO 3834-2, ISO 3834-3 o ISO 3834-4. (<https://www.iso.org/standard/63729.html>). Data della consultazione: luglio 2019

ISO (2015). ISO 9001: 2015 Sistemi di gestione della qualità - Requisiti. (<https://www.iso.org/standard/62085.html>). Data della consultazione: luglio 2019

ISO (2017). ISO 15614-1: 2017 Specifica e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Test della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco e gas di acciai e saldatura ad arco di nichel e leghe di nichel. (<https://www.iso.org/standard/51792.html>). Data della consultazione: luglio 2019

ISO (2018). ISO 10042: 2018 - Saldatura - Giunti saldati ad arco in alluminio e sue leghe - Livelli di qualità per le imperfezioni. (<https://www.iso.org/standard/70566.html>). Data della consultazione: luglio 2019

ISO (2019). ISO 15609-1: 2019 Specifica e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Specifica della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco. (<https://www.iso.org/standard/75556.html>). Data della consultazione: luglio 2019

Lessico dizionari (2019). Definizione della parola "Qualità" in inglese. (<https://www.lexico.com/en/definition/quality>). Data della consultazione: luglio 2019

Wikipedia (2019). Immagine di SS Schenectady. Estratto da https://en.wikipedia.org/wiki/SS_Schenectady. Data della consultazione: luglio 2019

GLOSSARIO

Comprende i concetti principali, nuovi e / o complessi visti nell'unità, come un dizionario. Questo tipo di risorsa è importante soprattutto quando il corso è rivolto a studenti senza conoscenza della materia. Le voci del glossario sono ordinate alfabeticamente.

Back scriccatura - La rimozione del metallo saldato e del metallo di base dal lato della radice della saldatura di un giunto saldato per facilitare la fusione completa e la penetrazione completa del giunto alla successiva saldatura da quel lato.

Materiale di supporto - Materiale posizionato alla radice di un giunto di saldatura per supportare il metallo di saldatura fuso

Calibrare - Correlare le letture di uno strumento di misura con quelle di uno standard per verificare la precisione dello strumento.

Corsa di tappatura - Tlo strato finale di una saldatura a gola

Conformità - Conformità a standard, regole o leggi

Materiali di riempimento - Materiale da aggiungere durante la saldatura per fusione

Saldatura per fusione - La fusione insieme del metallo d'apporto e del metallo di base, o solo del metallo di base, per produrre una saldatura

Valori di durezza - Valore dato dal risultato di una prova di durezza (es. Vickers)

Trattamento termico - Uso del calore per modificare le proprietà di un metallo

Imperfezione - Un difetto, un difetto o una caratteristica indesiderabile

ITP - Piano di collaudo ispettivo

Temperatura di interpass - Temperatura alla quale vengono depositati i successivi passaggi di saldatura

Comune - La giunzione delle aste o i bordi delle aste che devono essere unite o che sono state unite

Produzione - La realizzazione di articoli su larga scala utilizzando macchinari

NDT - Controlli non distruttivi

Materiale genitore - Il materiale principale è il materiale di base della parte da saldare

Procedura- Una serie di azioni condotte in un certo ordine o modo

Esecuzione di root - Una passata di saldatura realizzata per produrre il primo cordone di saldatura

Scorie - Rivestimento lasciato sulla saldatura dal disossidante

Esemplari - Un campione di un tagliando di prova sottoposto a test

Schizzi- Goccioline di metallo fuso che si generano in corrispondenza o in prossimità dell'arco di saldatura

Subappalto - Assumere un'azienda o una persona esterna alla propria per lavorare come parte di un progetto più ampio

Modello- Qualcosa che viene utilizzato come modello per produrre altre cose simili

Pezzo di prova - Pezzi di esempio che rappresentano il pezzo in prova

Tessitura - Una tecnica di saldatura in cui la sorgente di energia oscilla trasversalmente mentre procede lungo il percorso di saldatura