

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Chimica e dei Materiali

Relazione per la prova finale

**«EFFETTO DELL' AGGIUNTA DI COBALTO SULLA MICROSTRUTTURA E
SULLE PROPRIETA' A CORROSIONE IN SALDATURE LASER DI ACCIAI
INOSSIDABILI DUPLEX SAF 2507»**

Tutor universitario: *Prof. Irene Calliari*

Laureando: *Alessandro Ghezzo, 2004523*

Padova, 10/07/2024



Figura 1:Foto microstruttura acciaio duplex SAF 2507, al microscopio ottico in 5x

- I duplex stainless steel (DSS), sono una particolare categoria di acciai inossidabili
- microstruttura mista di austenite e ferrite
- **$PREN = Cr \% + 3.3Mo \% + 16N(\%)$**
- Ottimo rapporto tra proprietà meccaniche e proprietà a corrosione
- Applicazioni : impianti chimici, industria alimentare, scambiatori di calore e in ambienti salini

Lo scopo di questo lavoro è stato la verifica dell'efficacia della saldatura laser di acciai super duplex con l'aggiunta di vari spessori di cobalto, andando ad analizzare:

- Microstruttura in superficie e in sezione
- Quantificazione delle componenti microstrutturali (XRD, analisi d'immagine)
- Microdurezze in superficie
- Proprietà a corrosione (CPT, Polarizzazioni Anodiche)

Sono stati testati 4 campioni di acciaio inossidabile duplex SAF 2507 saldato via laser con l'inserimento di diverse spessori di cobalto (specifiche riportate in tabella 1 e tabella 2)

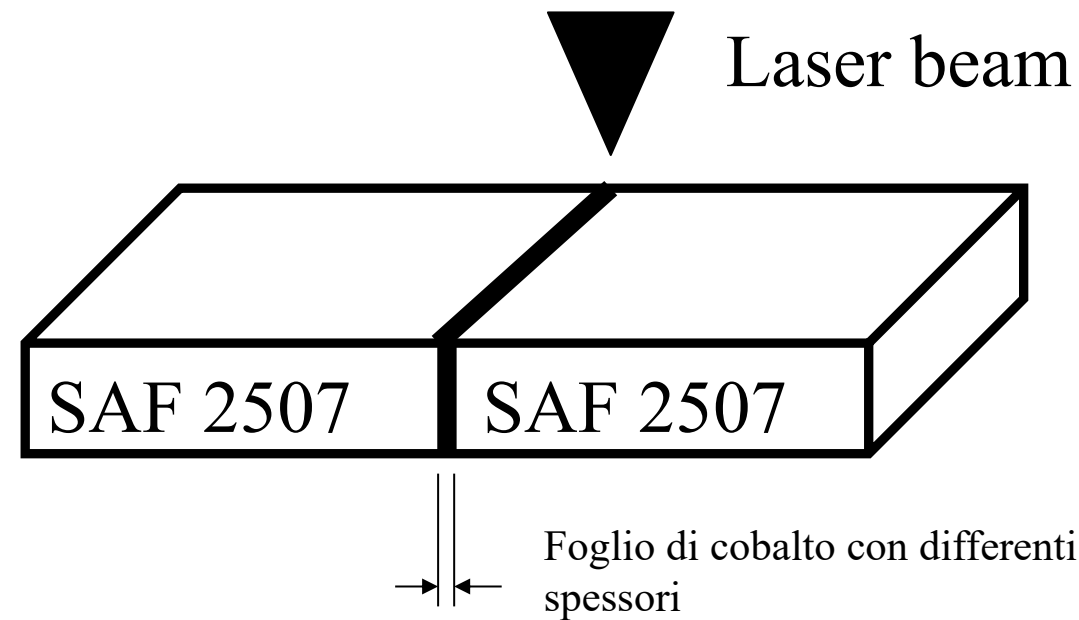


Figura 2: processo di saldatura

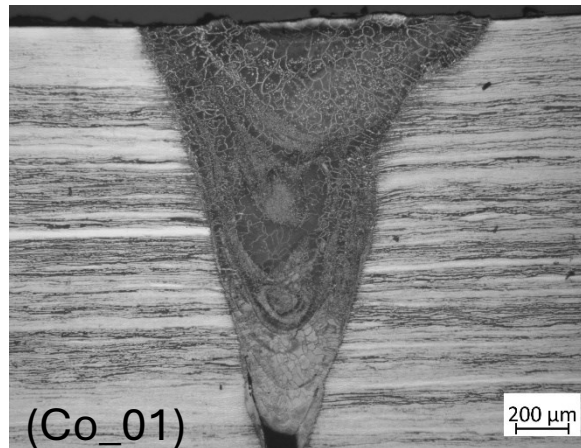
Sample name	Austenite(%)	Ferrite(%)	Cobalt thickness(μm)
Co 1	23,8	76,2	21,3
Co 2	31,3	68,7	29,5
Co 3	58,9	41,3	60,9
Co 4	42,3	57,7	43,0

Tabella 1 : specifiche di composizione in sezione fornite per i 4 campioni

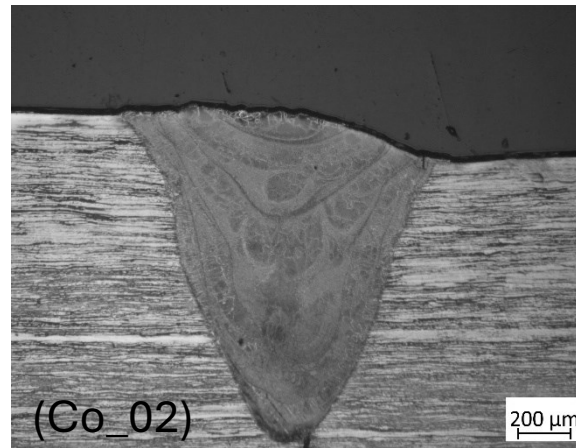
Test	Peak power(Kw)	Pulse span(ms)	Pulse energy(J)	Frequence (Hz)	Welding speed(mm/s)	Argon (1/min)	Depth (mm)
D1	2	5	10	9	1	20	1,093
D2	2	6	12	9	1	20	1,175
D3	2	7	14	9	1	20	1,475

Tabella 2 : specifiche di saldatura per i 4 campioni .Con il cambiamento dello spessore del foglio a 2 mm, il parametro scelto è stato D3 con una profondità di 1,475 mm.

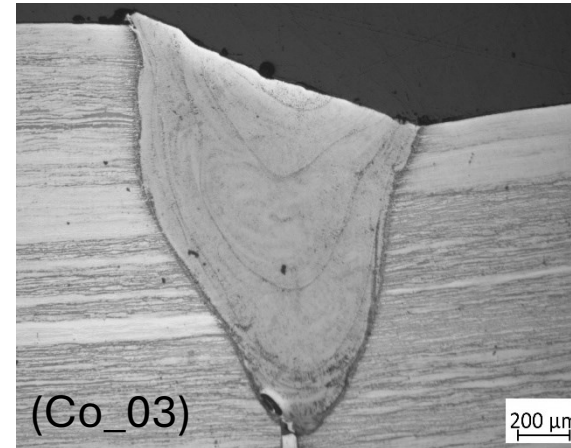
I campioni , precedentemente lucidati a specchio sono poi stati attaccati con il reagente Beraha, modificato con una concentrazione doppia di acido cloridrico. Dall'osservazione al microscopio ottico notiamo le diverse composizioni dell'autenite (fase chiara) e della ferrite (fase scura) per i diversi campioni analizzati, evidenziando anche differenze molto marcate nella percentuale delle fasi.



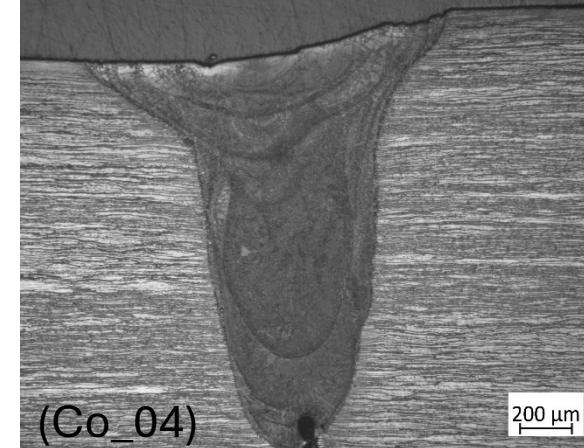
*Figura 3: saldatura
campione Co_01*



*Figura 4: saldatura
campione Co_02*

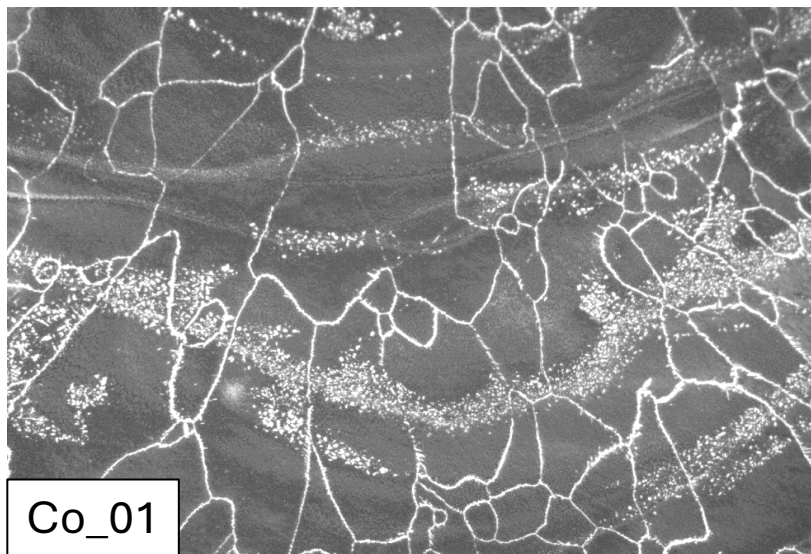


*Figura 5: saldatura
campione Co_03*

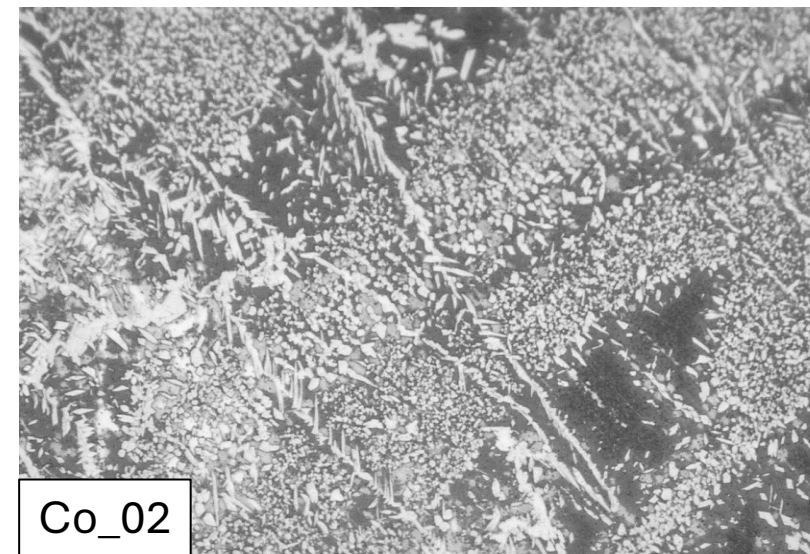
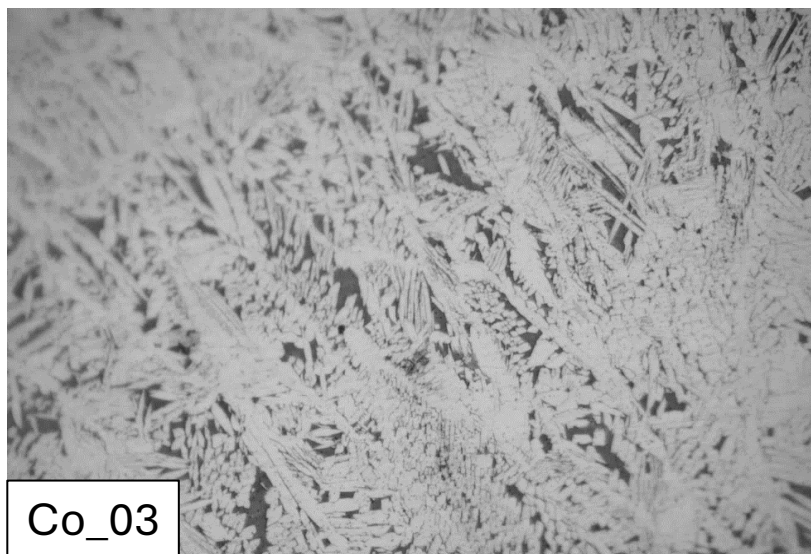


*Figura 6: saldatura
campione Co_04*

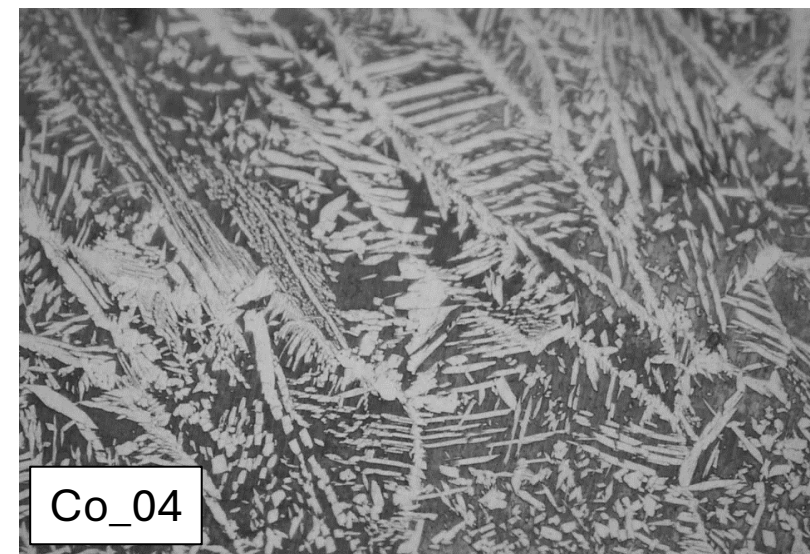
*Figura 7:
immagine
microstruttura
Co_01 al
microscopio ottico*



*Figura 9:
immagine
microstruttura
Co_03 al
microscopio ottico*



*Figura 8:
immagine
microstruttura
Co_02 al
microscopio ottico*



*Figura 10:
immagine
microstruttura
Co_04 al
microscopio ottico*

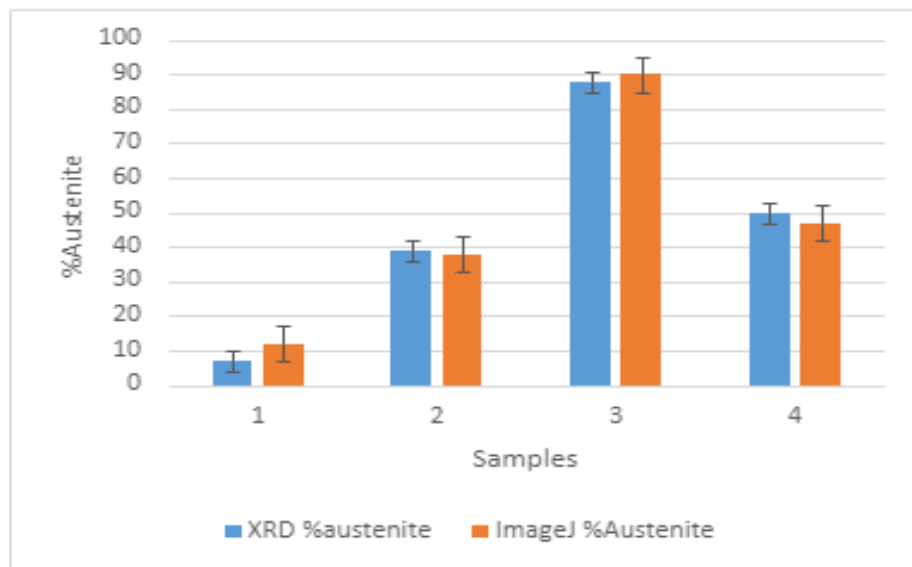


Grafico 1: Comparazione % γ , XRD e ImageJ.

	XRD %austenite	Image J %austenite	Thickness Co (μm)	wt% Co EDS weld surface
Co_1	7	12	21,3	3,3
Co_2	39	38	29,5	5
Co_3	88	90	60,9	11
Co_4	50	47	43	7,5

Tabella 2: Riaccolta analisi XRD, OM e EDS

Dall'analisi di quantificazione è risultato che il quarto campione (Co_04) è quello che si avvicina di più all'uguaglianza tra le due fasi in saldatura. Inoltre le varie analisi hanno riportato risultati molto simili di quantificazione dandoci una riconferma della validità dei risultati

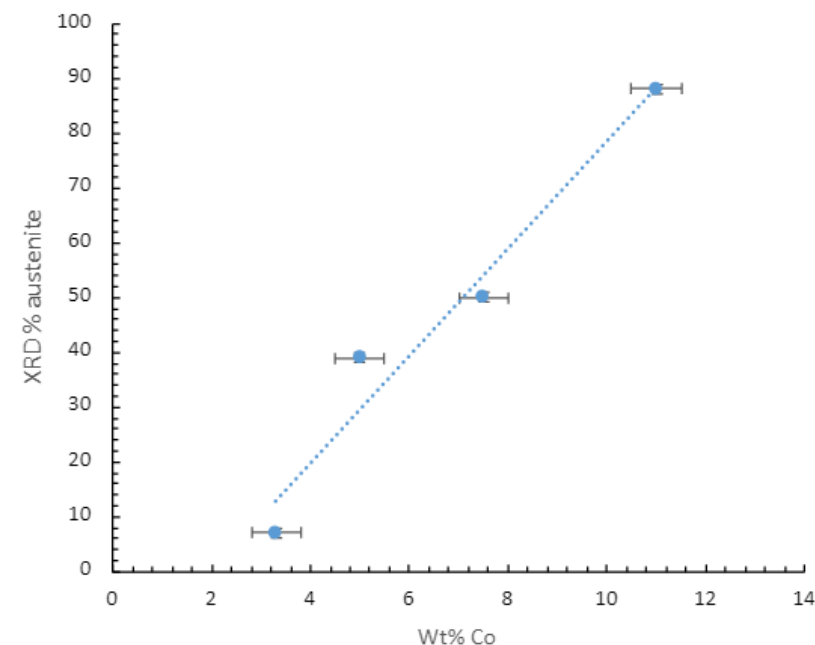


Grafico 2: percentuale di austenite in relazione alla percentuale di cobalto in superficie.

Dai risultati delle prove di microdurezza non si nota una particolare relazione tra l'aumento di durezza in relazione alle varie fasi o al contenuto di cobalto, ma si evince un aumento di durezza in corrispondenza della saldatura per tutti i campioni

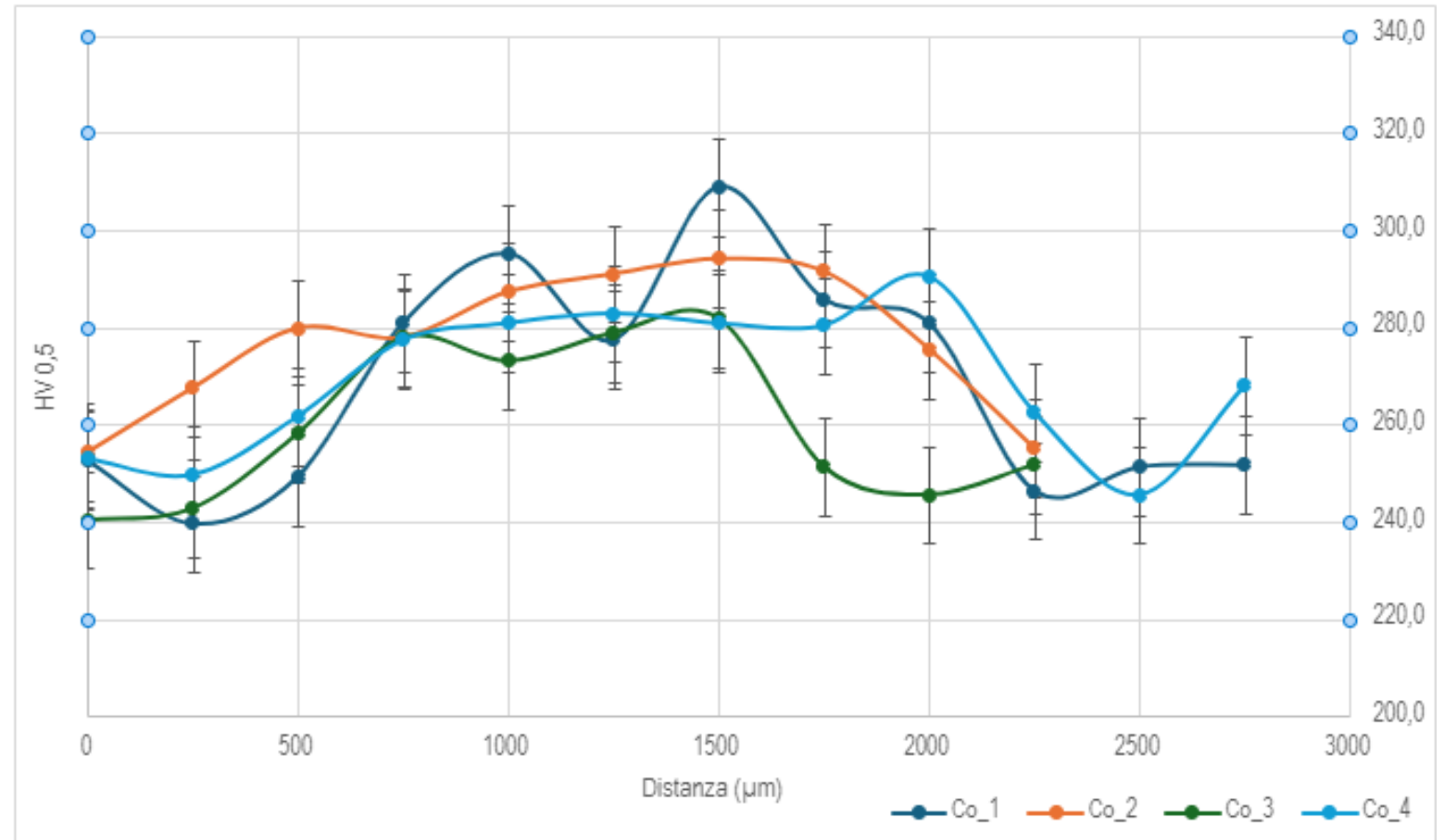


Grafico 3: valori di microdurezza in superficie con 500g per i 4 provini

Dalle prove CPT condotte sui vari campioni e sul BULK del materiale non è stata messa in evidenza alcuna differenza sostanziale nel comportamento dei vari provini analizzati. Le temperature critiche di pitting sono risultate tutte superiori ai 90 °C

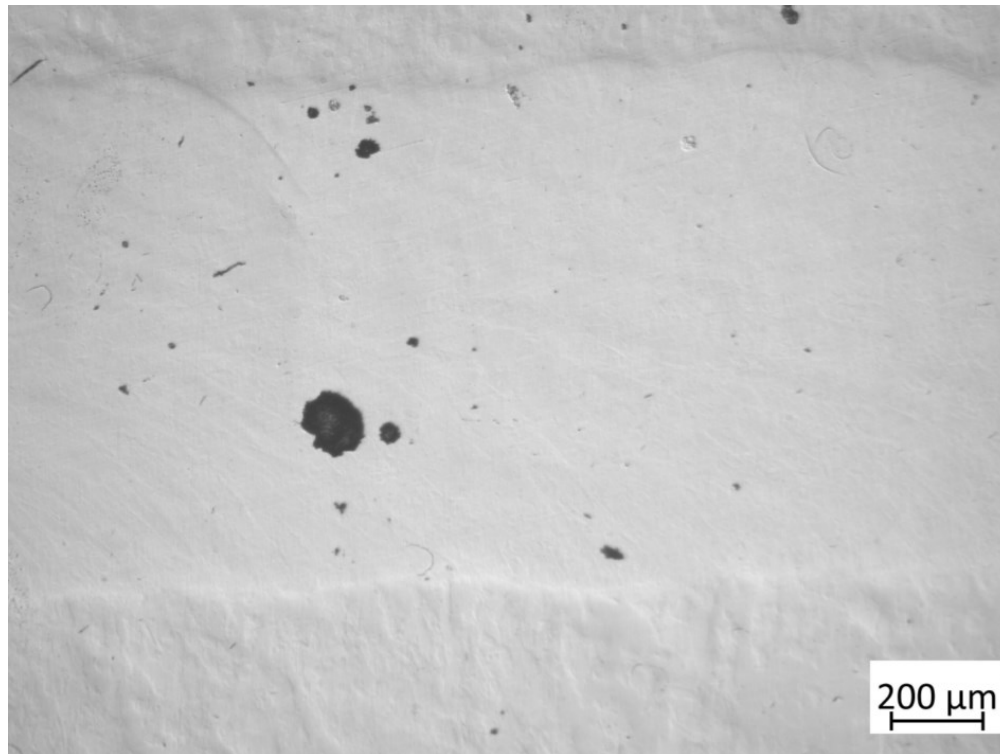


Figura 11: Pit formatosi sul quarto campione a seguito della CPT in corrispondenza della zona fusa

Campione	CPT
Co_1	>90
Co_2	>90
Co_3	>90
Co_4	>90
Bulk	>90

Tabella 3: CPT per tutti i provini

Dalle prove di polarizzazione anodica non è stata riscontrata alcuna differenza sostanziale nel potenziale di transpassivazione dei vari campioni. L'unica differenza tra i vari campioni è la corrente di corrosione che sembra seguire un trend crescente in base al contenuto di cobalto in saldatura.

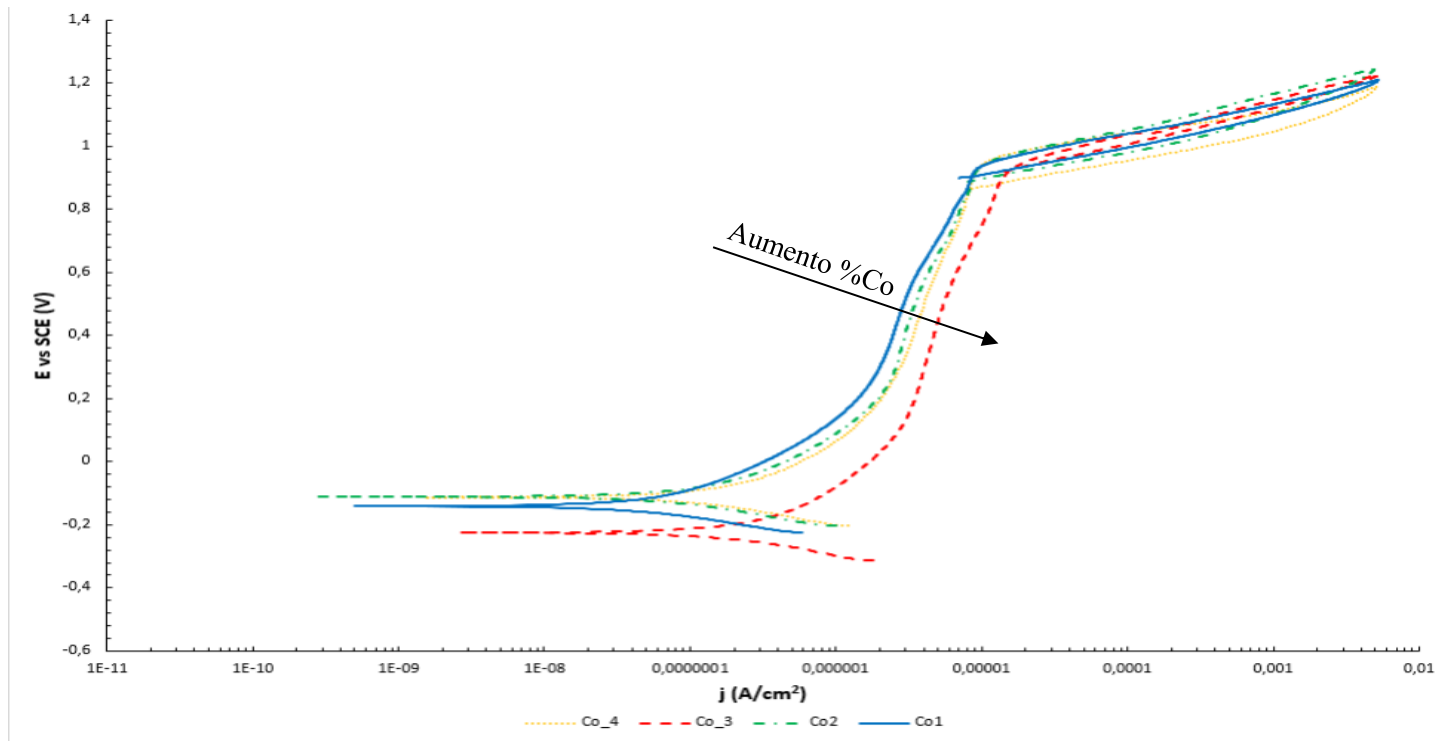


Grafico 4 : polarizzazioni anodiche dei 4 provini a 25 °C

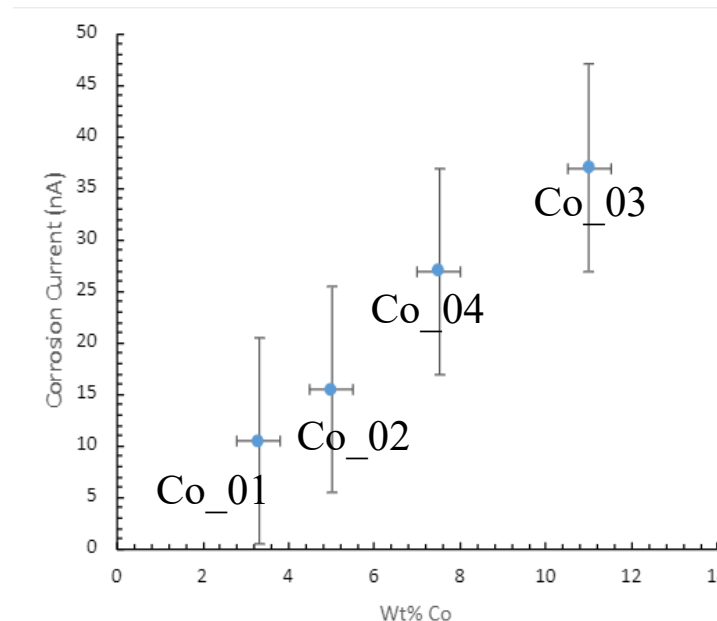


Grafico 5: corrente di corrosione vs percentuale di cobalto in superficie

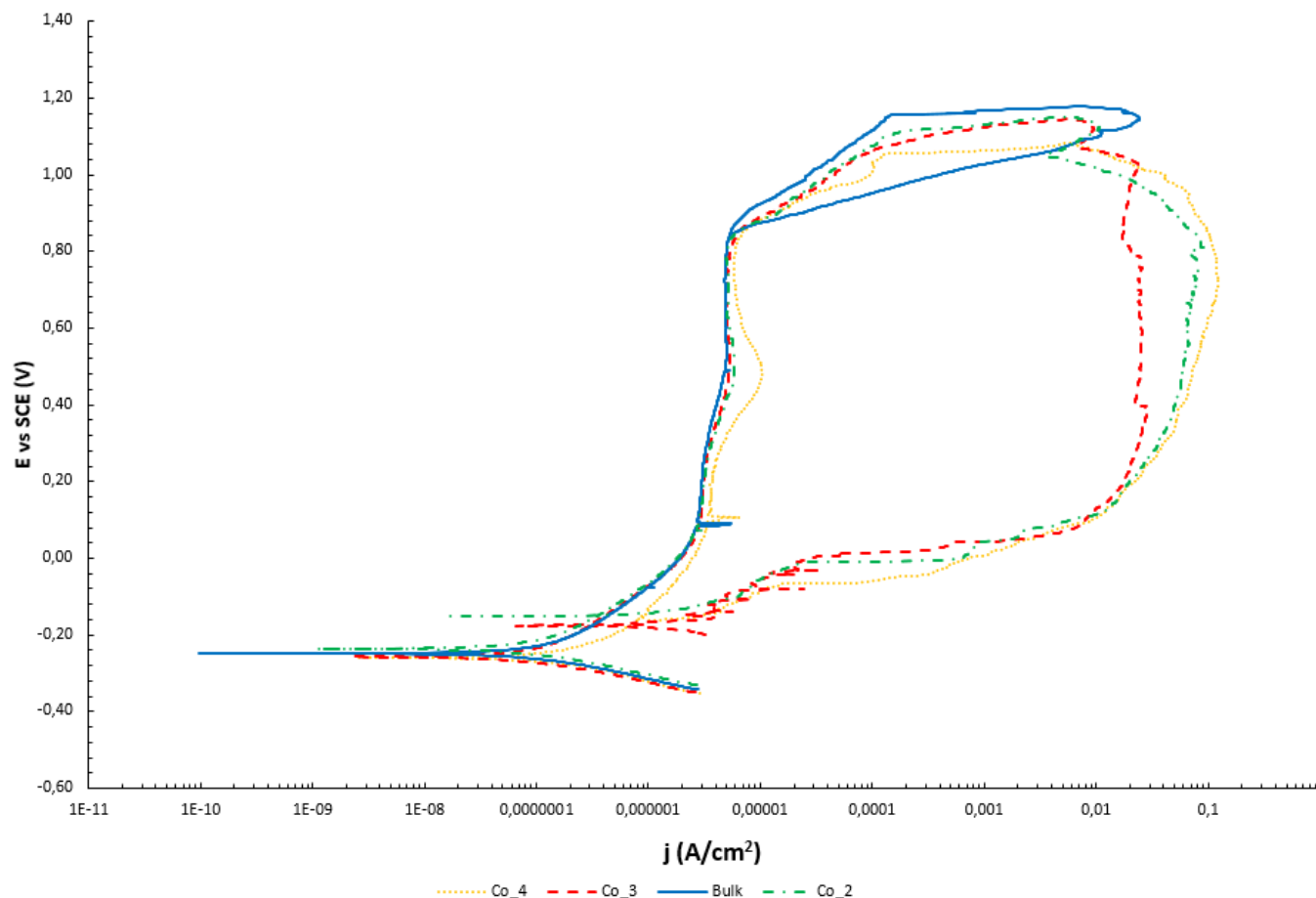


Grafico 6: polarizzazioni anodiche dei provini a 70 ° C

Per le polarizzazioni anodiche a 70 ° C dalle analisi i campioni mostrano un'inferiore potenziale di transpassivazione rispetto a quelle a 25 ° C e un potenziale di ripassivazione simile al potenziale a circuito aperto.



Figura 12: immagine pit quarto campione a seguito della polarizzazione anodica a 70 ° C

- Dall'analisi microstrutturale possiamo affermare di aver ottenuto un ottimo bilanciamento tra austenite e ferrite (per il campione Co_04 , spessore cobalto 43,0 mm)
- Dai profili di microdurezza possiamo osservare un unico picco in corrispondenza della zona fusa, il quale non è influenzato dalla %Co e dal bilanciamento delle fasi.
- Dalle prove CPT possiamo dire che presenza di cobalto non ha influenzato la temperatura critica di pitting.
- Dalle polarizzazioni anodiche a temperatura ambiente possiamo dire che i campioni i campioni hanno mantenuto ottime prestazioni, mentre le polarizzazioni anodiche a 70°C hanno evidenziato che il materiale non è idoneo a lavorare in ambienti salini ad alte temperature.

La saldatura laser di acciai duplex 2507 con l'aggiunta di cobalto si è rivelata dunque un'ottima opzione per non intaccare le proprietà dell'acciaio in condizioni non eccessivamente aggressive.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE