

# Analisi Metallografica di un Tubo Saldato Mediante Laser in Acciaio Inossidabile Bifasico SAF2205

JOB

005/2022

Test Report

005-2022-A

Date

05/11/2022

**Ing. Andrea Trombetta:** Titanium and Non Ferrous Alloys Expert

Data Ricezione Materiali: 02/11/2022

Data Esecuzione Analisi: 03/11/2022

Identificazione	Id. Cliente	Descrizione	Matertiale Dichiarato	Dimensioni
Sample A	-	Campione inglobato (attacco elettrochimico con KOH 40%) ricavato da tubo saldato laser	1.4462 (SAF2205 / X2CrNiMoN22-5-2)	Tubo 18x1,0 mm

## 1 – Premessa

Il cliente ha riscontrato durante i test meccanici delle fratture fragili in corrispondenza della saldatura di un tubo in acciaio inossidabile bifasico ottenuto mediante saldatura con laser. Sul prodotto è stata effettuata unicamente una distensione post-saldatura a circa 660 – 680°C limitatamente alla zona costituita dal cordone di saldatura.

Al fine di terminare l'origine del problema, ha inviato un saggio metallografico da 30 mm di diametro, già lucidato e attaccato elettroliticamente in soluzione di KOH al 40%.

Il campione è stato lucidato nuovamente con silice colloidale e riattaccato elettroliticamente in soluzione di acido ossalico al 10%.

# Analisi Metallografica di un Tubo Saldato Mediante Laser in Acciaio Inossidabile Bifasico SAF2205

JOB

005/2022

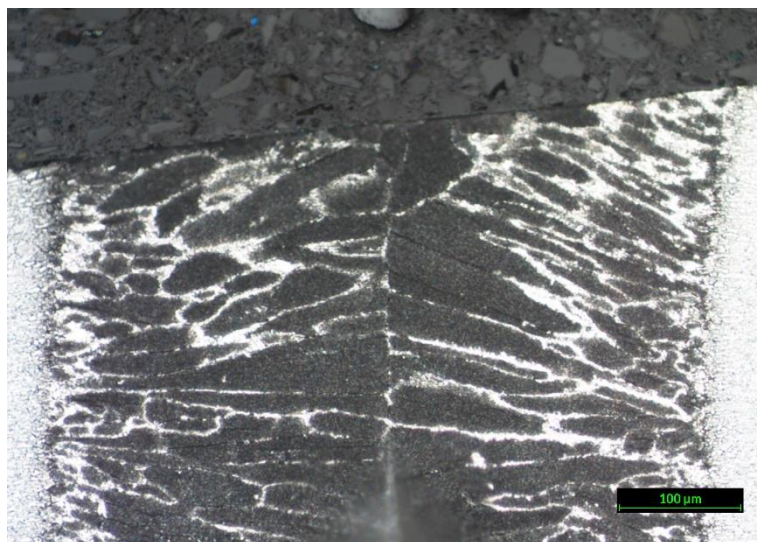
## 2 – Analisi al Microscopio Ottico

### Sample A

Metodo Preparazione: **ASTM E3**

Attacco Metallografico:

ASTM E407 N. 13  
(Oxalic Acid 10%)

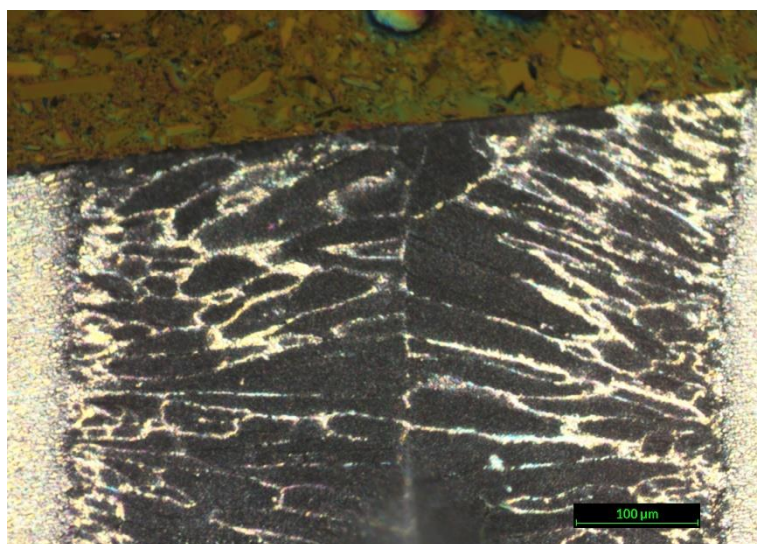


Sample A  
(SAF2205)

Mag.  
200X

### MICRO 1

Panoramica di insieme della zona di saldatura.



Sample A  
(SAF2205)

Mag.  
200X

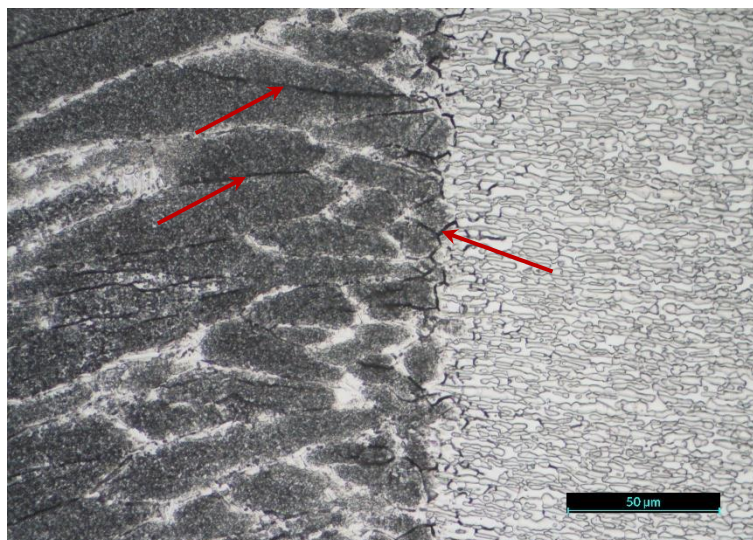
### MICRO 2

Come la precedente con contrasto d'interferenza differenziale. In saldatura si osservano grani di ferrite (scuri) circondati da un reticolo di austenite (chiara).

# Analisi Metallografica di un Tubo Saldato Mediante Laser in Acciaio Inossidabile Bifasico SAF2205

JOB

005/2022

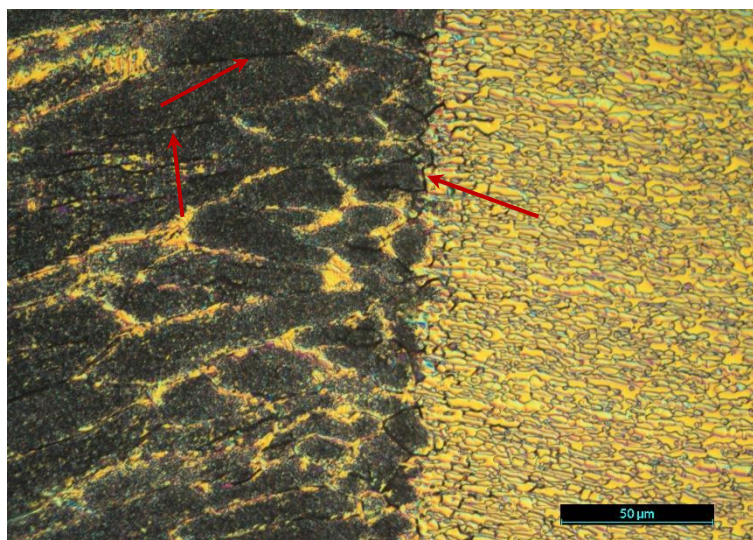


Sample A  
(SAF2205)

Mag.  
500X

## MICRO 3

A 500 ingrandimenti si osserva la presenza di una fase di colore più scuro (frecce rosse) che circonda alcuni grani di ferrite.



Sample A  
(10x0,5 304)

Mag.  
500X

## MICRO 4

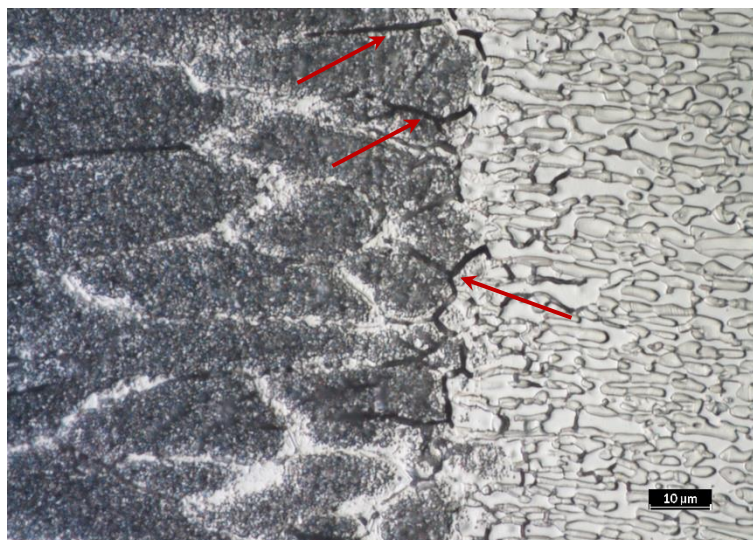
Come la precedente con contrasto d'interferenza differenziale.



# Analisi Metallografica di un Tubo Saldato Mediante Laser in Acciaio Inossidabile Bifasico SAF2205

JOB

005/2022

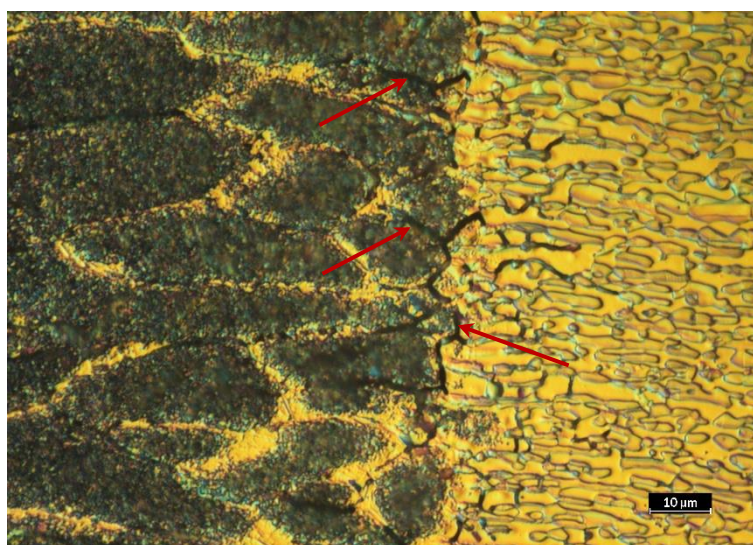


Sample A  
(SAF2205)

Mag.  
1000X

## MICRO 5

Particolare ad alto ingrandimento.



Sample A  
(10x0,5 304)

Mag.  
500X

## MICRO 6

Come la precedente con contrasto d'interferenza differenziale.

# Analisi Metallografica di un Tubo Saldato Mediante Laser in Acciaio Inossidabile Bifasico SAF2205

**JOB**

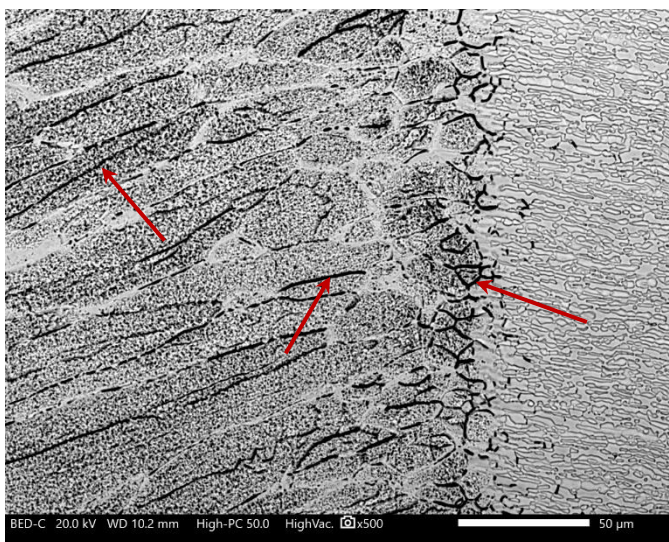
005/2022

## 3 – Analisi al Microscopio Elettronico a Scansione

### Sample A

Metodo Preparazione: **ASTM E3**

Attacco Metallografico: ASTM E407 N. 13  
(Oxalic Acid 10%)

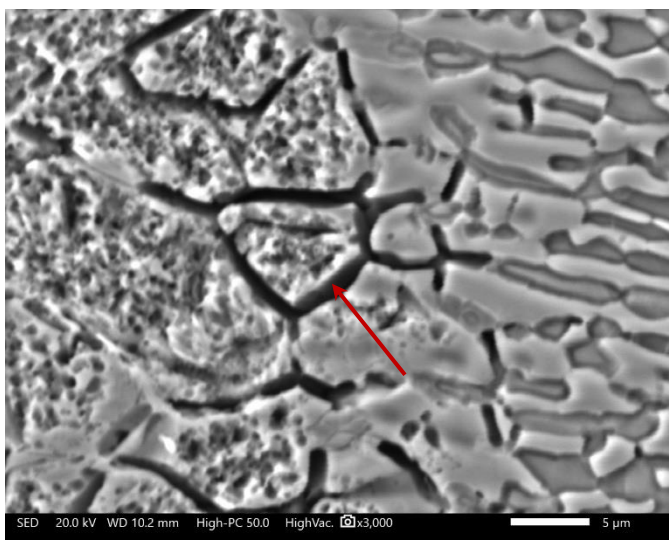


**Sample A  
(SAF2205)**

*Mag.*  
500X

### MICRO 7 – Elettroni Retrodiffusi

Visione d'insieme della zona di saldatura. Si conferma la presenza di una fase che appare più scura che circonda alcuni grani di ferrite (frecche rosse).



**Sample A  
(SAF2205)**

*Mag.*  
3000X

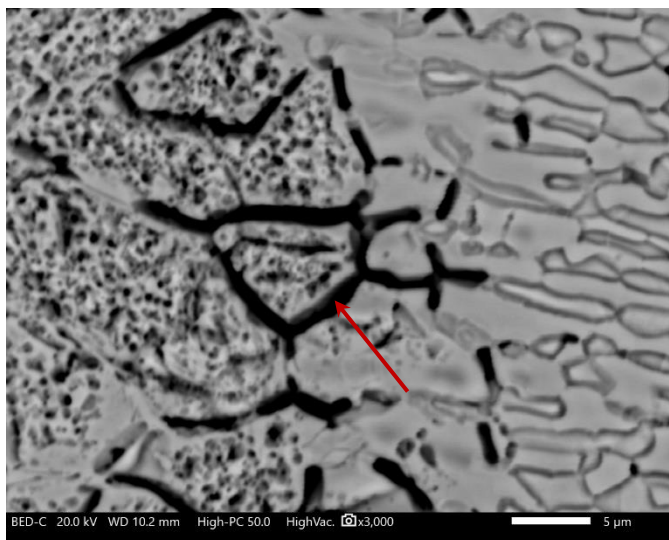
### MICRO 8 - Elettroni Secondari

Regione di transizione tra la zona fusa e quella termicamente alterata.

# Analisi Metallografica di un Tubo Saldato Mediante Laser in Acciaio Inossidabile Bifasico SAF2205

**JOB**

005/2022

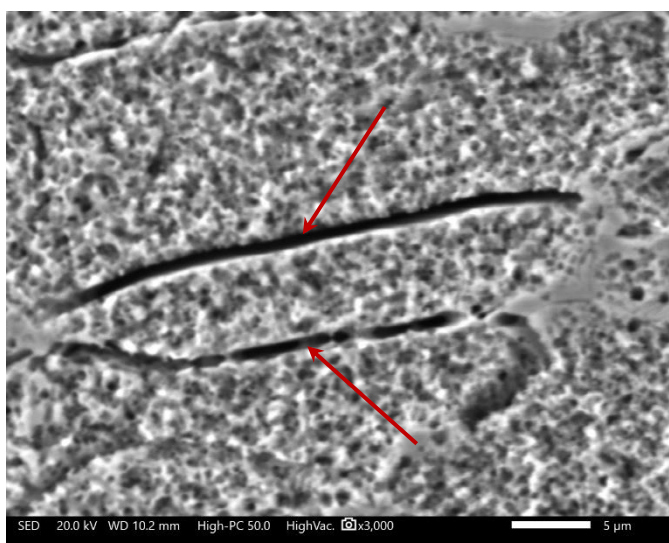


**Sample A  
(SAF2205)**

*Mag.*  
3000X

## MICRO 9 - Elettroni Retrodiffusi

Come la precedente ma con elettroni retrodiffusi.



**Sample A  
(SAF2205)**

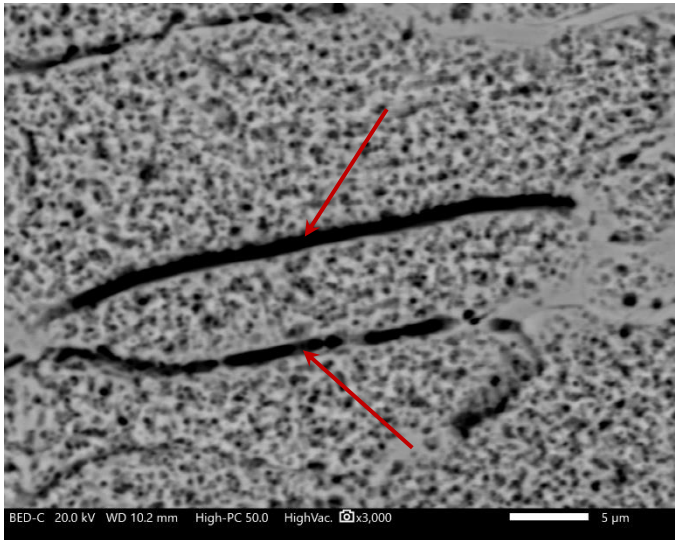
*Mag.*  
3000X

## MICRO 10 - Elettroni Secondari

Particolare della zona fusa.



<b>Analisi Metallografica di un Tubo Saldato Mediante Laser in Acciaio Inossidabile Bifasico SAF2205</b>	<b>JOB</b>
	005/2022

	<b>Sample A (SAF2205)</b>
	<b>Mag. 3000X</b>
<b>MICRO 11 - Elettroni Retrodiffusi</b> Come la precedente ma con elettroni retrodiffusi.	

## 4 – Conclusioni

L'analisi metallografica ha evidenziato che la zona fusa risulta costituita da grani di ferrite circondati da austenite (il contenuto di ferrite è indicativamente superiore al 90%). Tuttavia, in corrispondenza di numerosi bordi di grano si può osservare la presenza di una fase che al microscopio ottico appare marcatamente più scura.

L'analisi al SEM permette di escludere la precipitazione di fasi intermetalliche fragili ( $\sigma$  e X), in quanto agli elettroni retrodiffusi quest'ultime apparirebbero di colore bianco brillante, dal momento che il relativo numero atomico risulta più elevato rispetto a quello dei costituenti della matrice (ferrite e austenite).

Alla luce di quanto evidenziato, e sulla base degli studi riportati in letteratura<sup>1</sup>, si ritiene verosimile ricondurre la presenza della suddetta fase alla precipitazione di nitruri di cromo durante il processo di saldatura mediante laser di potenza al CO<sub>2</sub>.

Tali precipitanti giustificano il verificarsi di rotture fragili di tipo intergranulare nella prova di allungamento (drift expanding) e i bassi valori allungamento a rottura (circa 16%) nella prova di trazione.

Si segnala inoltre che la presenza di nitruri di cromo determina anche una diminuzione della resistenza alla corrosione.

Per risolvere il problema, andrebbe effettuato un trattamento termico di solubilizzazione a temperature tra 1050 e 1100°C.

<sup>1</sup> "Effect of PWHT on Laser-Welded Duplex Stainless Steel". BY A. S. MAGALHÃES, C. H. X. M. MAGALHÃES, M. S. F. DE LIMA, J. CRUZ, L. B. GODEFROID, R. BERTAZZOLI, AND G. L. DE FARIA. SUPPLEMENT TO THE WELDING JOURNAL, JULY 2020; Sponsored by the American Welding Society.

**Ing. Andrea Trombetta**

*Titanium and Non Ferrous Alloys Expert*