

Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Ingegneria Industriale
Relazione per la prova finale di
Laurea Triennale in Ingegneria Chimica e dei Materiali

DECOMPOSIZIONE SPINODALE DI UN ACCIAIO BIFASICO 2101

Tutor universitario: Prof. Claudio Gennari

Laureando: Chiara Vettori

Padova, 19/09/2022

ACCIAIO INOSSIDABILE BIFASICO

CARATTERISTICHE:

- Elevata resistenza meccanica
- Elevata resistenza a corrosione
- Alto contenuto di Cr
- Infragilimento termico ad alte T

MICROSTRUTTURE:

- Austenite (CFC)
- Ferrite (CCC)
- Precipitazione di fasi intermetalliche

DECOMPOSIZIONE SPINODALE

- Processo diffusivo
- Spontanea (no barriera energetica)
- Diminuzione resistenza alla corrosione
- 475 °C:
 - Decomposizione α - α'
 - Precipitazione fase G

DECOMPOSIZIONE SPINODALE

- Fase α' tra 350°C e 550°C
- 475°C: condizione più critica
- Fase σ e χ tra i 550°C e 900°C

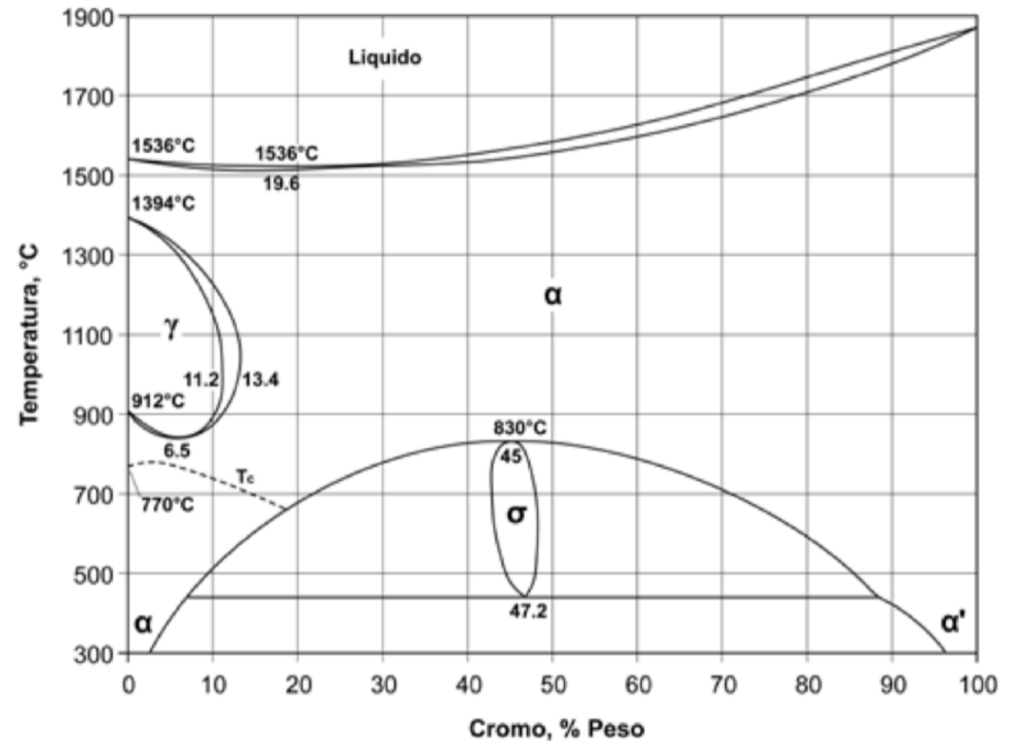


Diagramma Fe-Cr

LDSS (UNS S32101)

CAMPIONI:

- 3mm x 3mm x 20mm
- Invecchiamento a 475°C
 - 0h • 2h • 4h • 6h
 - 48h • 4w • 6w



Campioni studiati in ordine di invecchiamento

| C | Si | Mn | P | S | Cr | Ni | Mo | N | Fe |
|------|------|------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|
| 0.02 | 0.67 | 5.23 | 0.019 | 0.001 | 22.72 | 1.45 | 0.12 | 0.21 | 69.56 |

Composizione chimica dei campioni (percentuale in peso)

PREPARAZIONE CAMPIONI

STEPS:

- Levigatura
- Lappatura
- Superficie a specchio

MICROSCOPIO OTTICO

- Luce riflessa
- Distinzione ferrite e austenite

ATTACCO METALLOGRAFICO

- Zone di concavità
- Zone di convessità
- Agente Beraha

| AGENTE | COMPOSIZIONE |
|--------|--|
| Beraha | 85 mL di H ₂ O 15 mL HCl 1 g K ₂ S ₂ O ₅ |

Composizione Chimica Beraha

DL-EPR

- Riattivazione potenziocinetica elettrochimica a doppio anello
- 0,5 M H₂SO₄+0,01 M KSCN
- $v = 1,667$ mV/s
- Potenziale da -0,5 V a 0,5 V
- Sistema a tre elettrodi

XRD

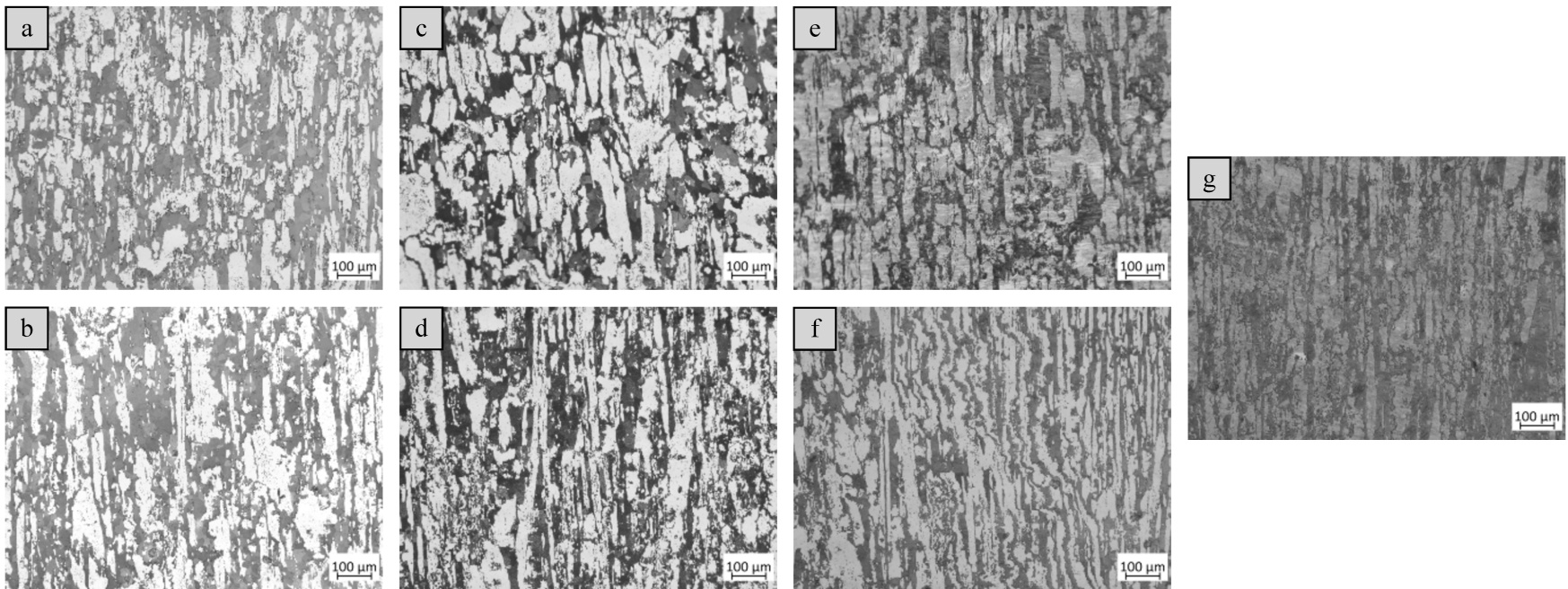
- Diffrazione raggi X
- Visualizzare variazione di ferrite

SEM

- Info su morfologia e composizione
- Ingrandimenti e risoluzione 1000 volte > MO

RISULTATO ATTACCO METALLOGRAFICO

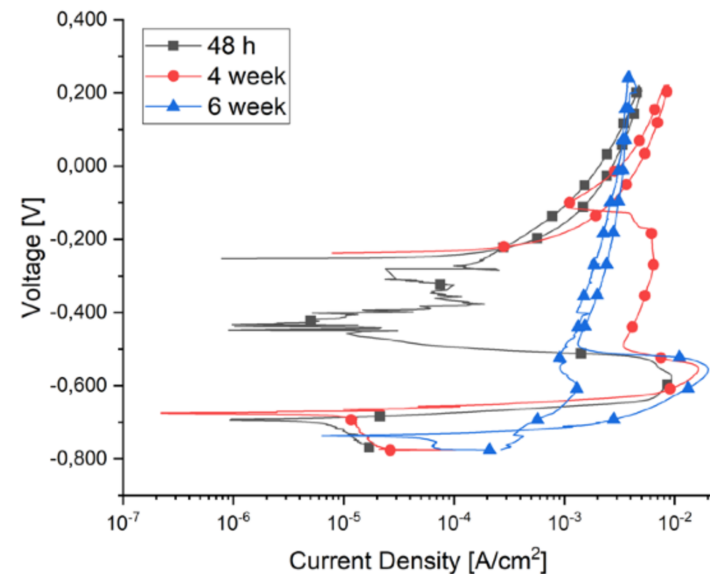
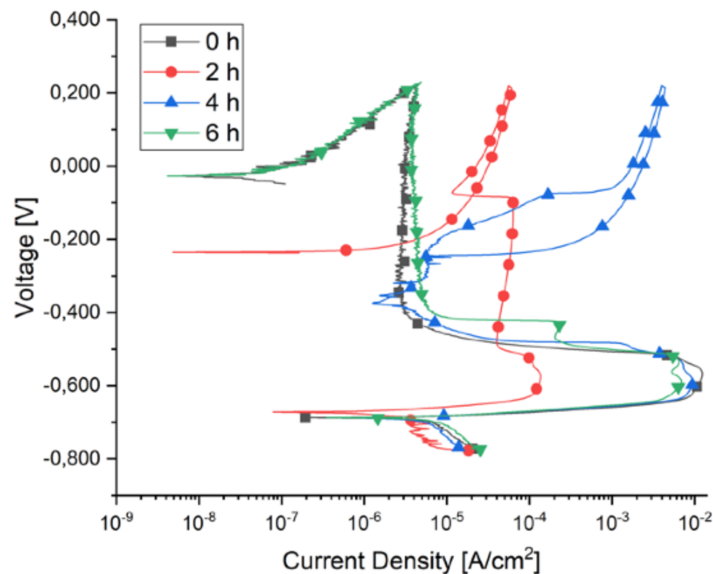
- Ferrite: parte più scura
- Austenite: parte più chiara
- No cambiamenti microstrutturali



a) 0h; b) 2h; c) 4h; d) 6h; e) 48h; f) 4w; g) 6w

RISULTATI PROVE DL-EPR

- Incremento di densità di corrente di corrosione all'aumentare del tempo di trattamento
- Riduzione resistenza corrosione
- Spostamento verso destra delle curve



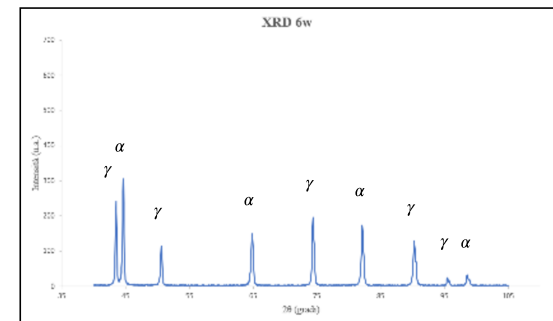
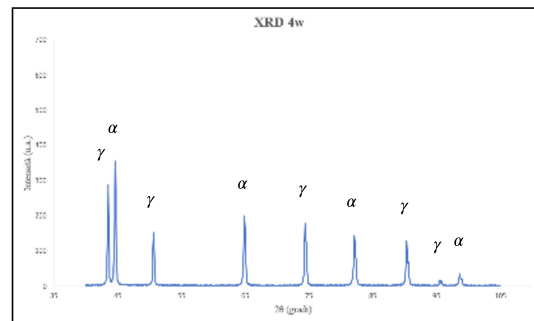
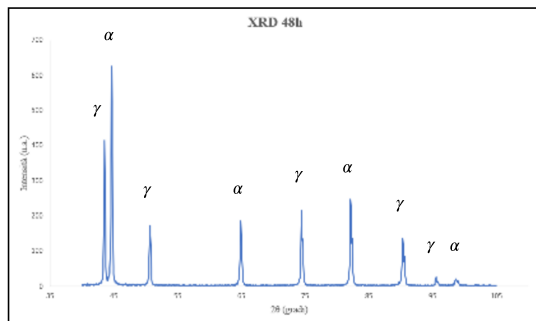
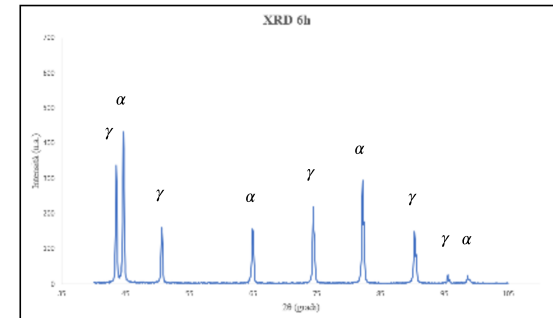
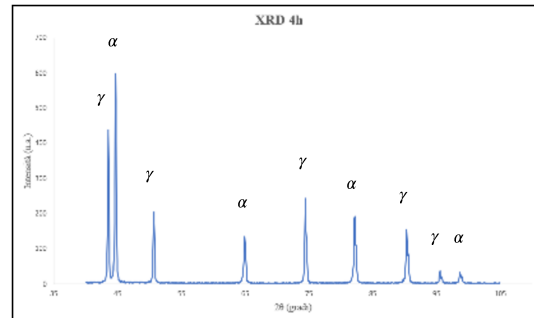
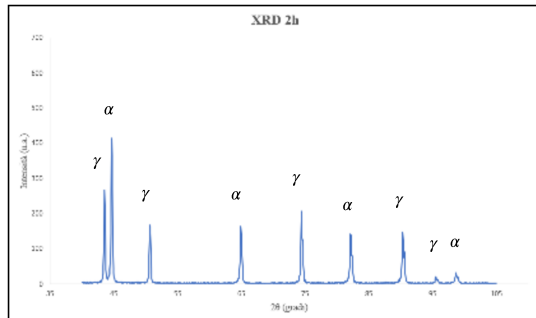
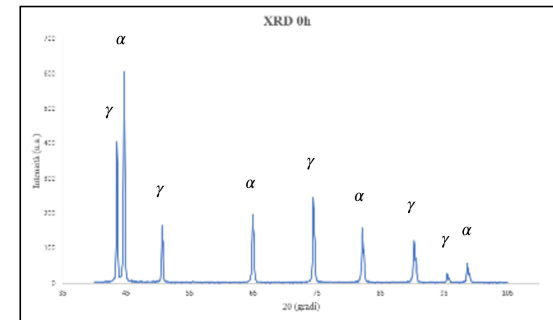
RISULTATI PROVE DL-EPR

- Potenziale di corrosione pressoché costante
- Proprietà di passivazione dell'acciaio influenzata dai tempi di trattamento

| CAMPIONE | E_{CORR} [V] | I_{CORR} [A/CM ²] | E_{RP} [V] |
|----------|----------------|---------------------------------|--------------|
| 0 h | -0.687 | $1 \cdot 10^{-5}$ | - |
| 2 h | -0.671 | $2 \cdot 10^{-5}$ | -0.078 |
| 4 h | -0.687 | $3 \cdot 10^{-5}$ | -0.244 |
| 6 h | -0.688 | $4 \cdot 10^{-5}$ | - |
| 48 h | -0.695 | $4.8 \cdot 10^{-5}$ | -0.255 |
| 4 weeks | -0.676 | $6.3 \cdot 10^{-5}$ | -0.125 |
| 6 weeks | -0.736 | $1.5 \cdot 10^{-4}$ | - |

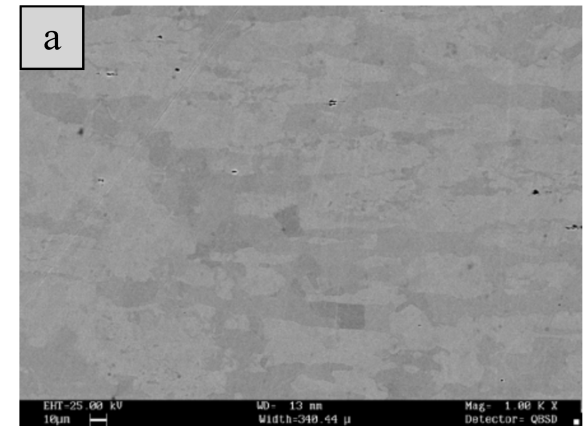
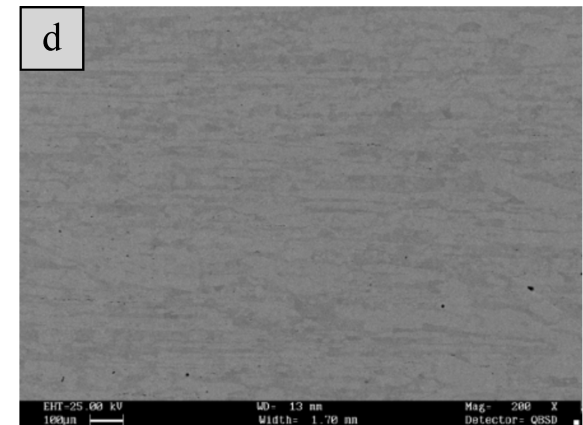
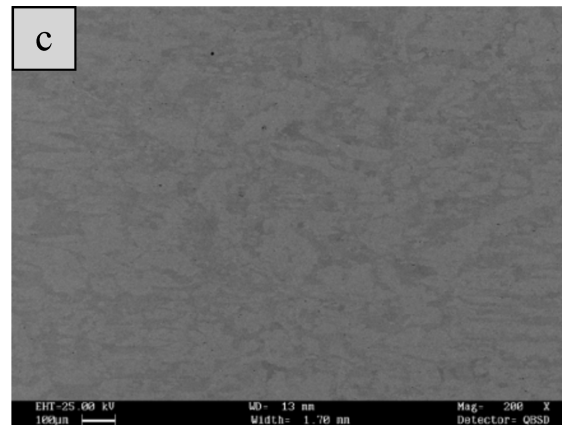
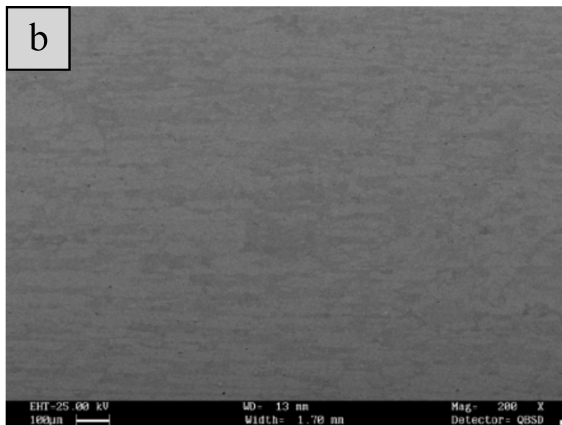
RISULTATI PROVE XRD

- Frazione volumetrica invariata:
 - α = ferrite
 - γ = austenite
- No sdoppiamento/allargamento picchi



RISULTATI PROVE SEM

- Ferrite: parte più scura
- Austenite: parte più chiara
- No presenza di fasi secondarie (σ e χ)
- Piccolo cammino di diffusione atomi di Cr



a) 0h; b) 2h; c) 4h; d) 6h

Si è investigato il comportamento alla corrosione selettiva di un'acciaio inox duplex 2101, invecchiato a 475°C per tempi variabili, attraverso test DL-EPR.

La diminuzione della resistenza a corrosione è quindi collegata alla formazione di aree impoverite di cromo dovute alla decomposizione spinodale e alla probabile formazione della fase G.

FONTI

- *Investigation of selective corrosion resistance of aged lean duplex stainless steel 2101 by non-destructive electrochemical techniques*
- *Effect of thermal aging at 475°C on the properties of lean duplex stainless steel 2101*
- *New insights into hardening and pitting corrosion mechanisms of thermally aged duplex stainless steel at 475°C: A comparative study between 2205 and 2101 steels*

Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Ingegneria Industriale
Relazione per la prova finale di
Laurea Triennale in Ingegneria Chimica e dei Materiali

Grazie per l'attenzione

Padova, 19/09/2022