

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Chimica e dei Materiali

## ***Relazione per la prova finale***

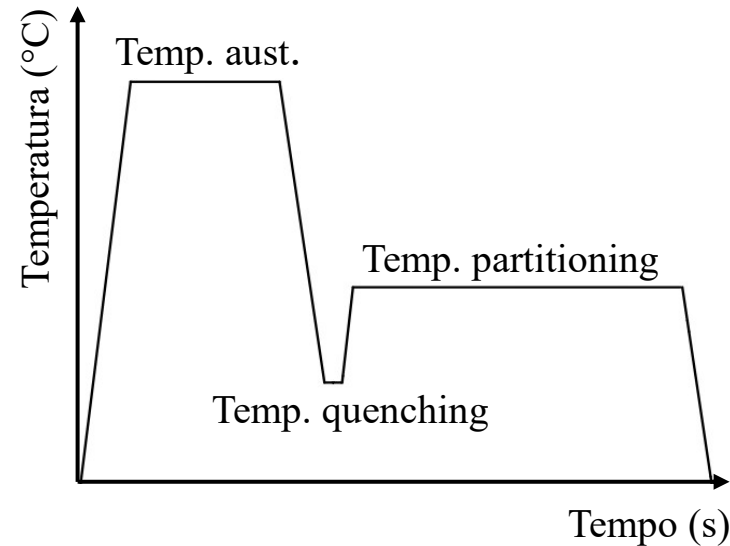
«Studio dell'effetto di temperatura di quenching e partitioning sulla microstruttura di due acciai ad alto contenuto di silicio e alluminio»

Tutor universitario: Prof. Luca Pezzato

Laureando: *Matteo Renesto*

Padova, 12/03/2024

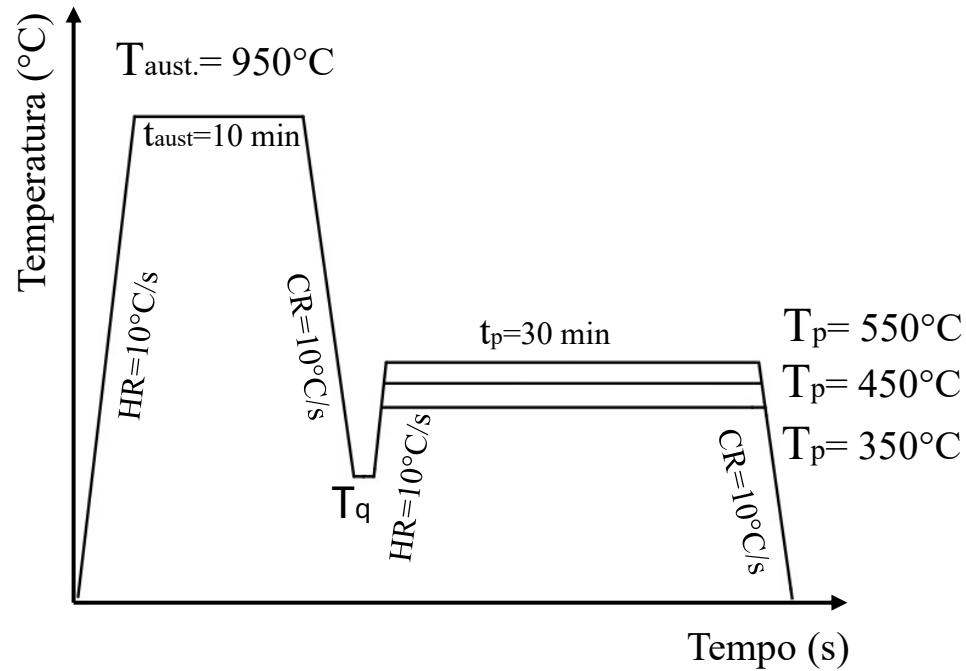
- **Nuova generazione di acciai AHSS (3° generazione di Advanced High Strength Steel)**
  - necessità di standard sempre più elevati nel mondo dell'automotive
- **Ciclo completo di Quenching and Partitioning (Q&P)**



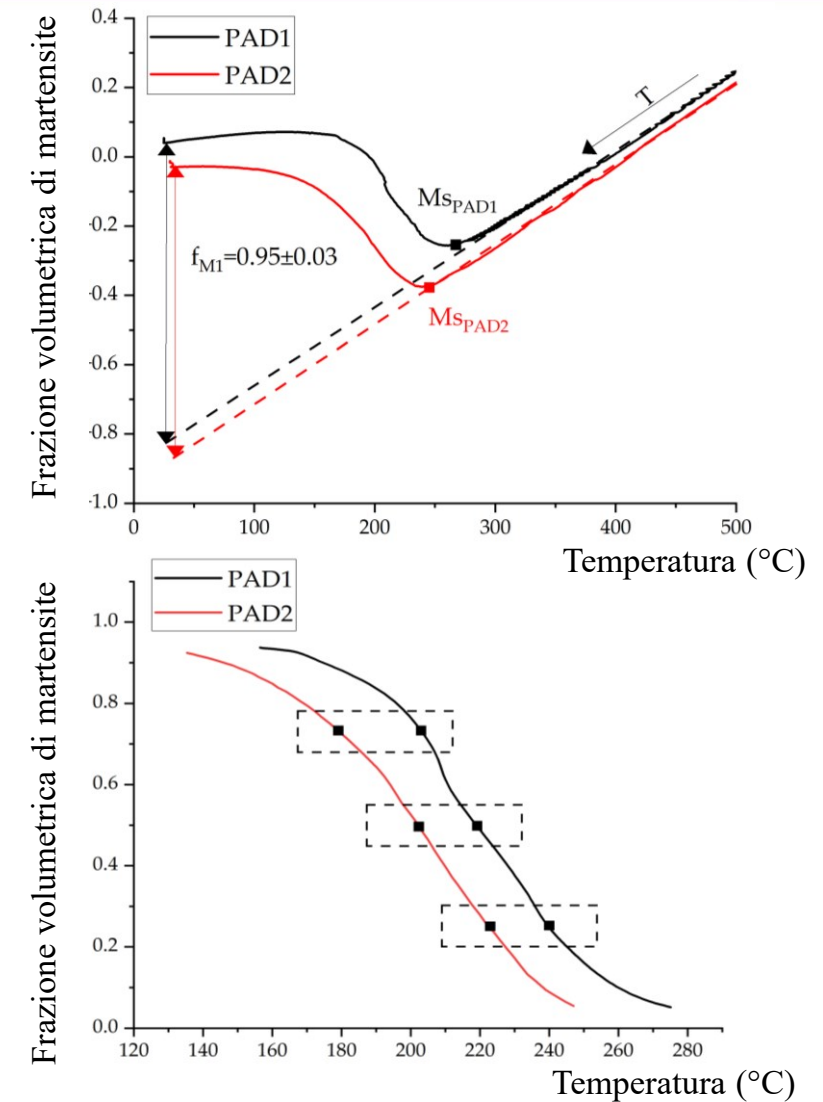
- **Design del trattamento termico**
  - modello Constrain Carbon Equilibrium (CCE)

**Tab.1** – Composizione acciai

ACCIAIO	C	Si	Mn	Cr	Cu	Ni	V	P	S	Mo	Al
PAD1	0.38	3.2	2.56	0.05	0.06	0.07	0.005	0.01	0.008	0.02	0.105
PAD2	0.46	2.8	2.67	0.05	0.04	0.05	0.007	0.007	0.007	0.02	0.56



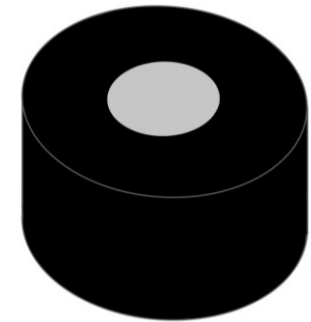
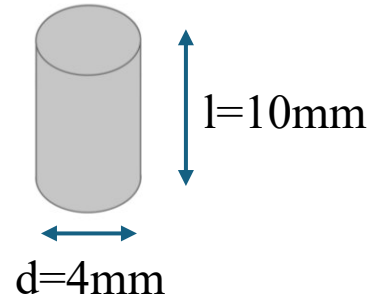
**Fig.1** – Ciclo Q&P effettuato per i due acciai



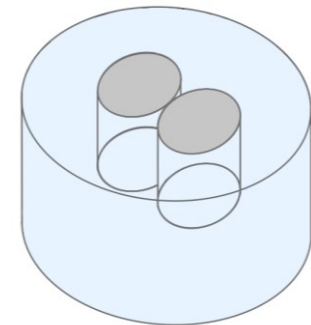
**Fig.2a e 2b**– Determinazione temperature di quenching (240°C, 220°C e 204°C per il PAD1 e 224°C, 203°C e 182°C per il PAD2)

## ➤ Preparazione metallografica dei campioni

- scelta del campione
  - provino di diametro 4 mm e lunghezza 10 mm
- montaggio in resine
  - due tipi: resina epossidica e fenolica
- levigatura e lucidatura
  - carte abrasive e panni con agenti lucidanti
- attacco metallografico
  - utilizzo reagente chimico Nital 2%



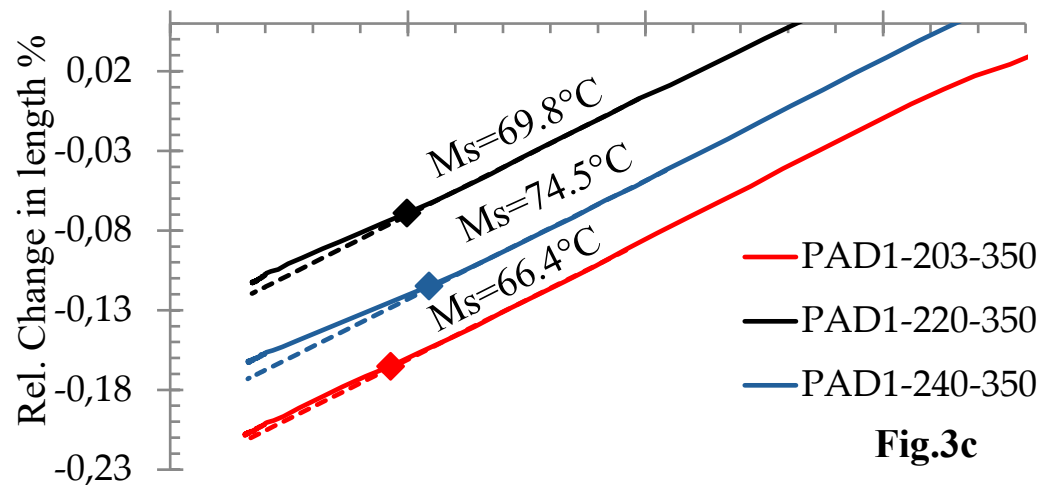
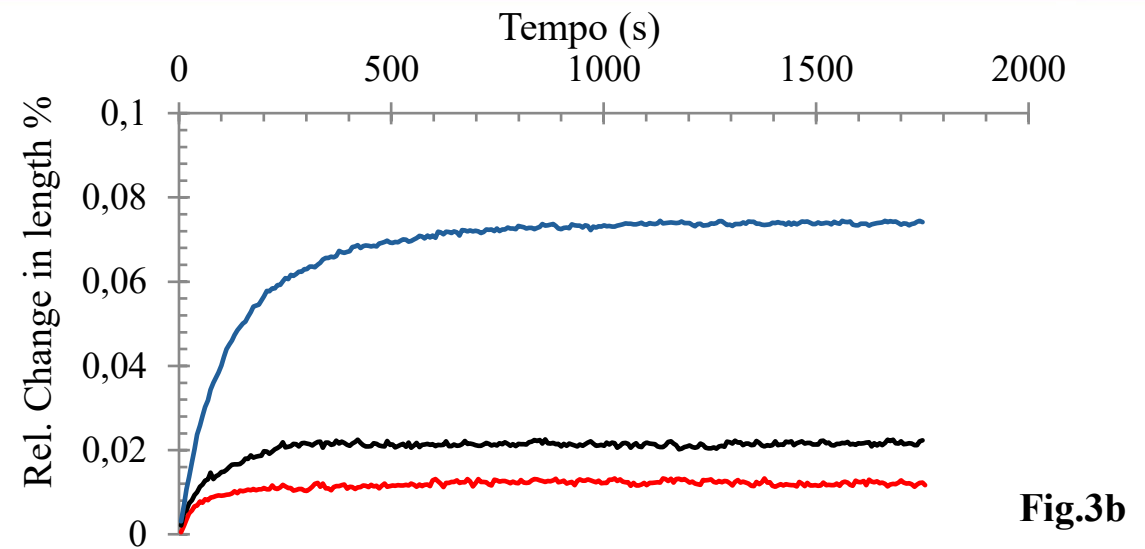
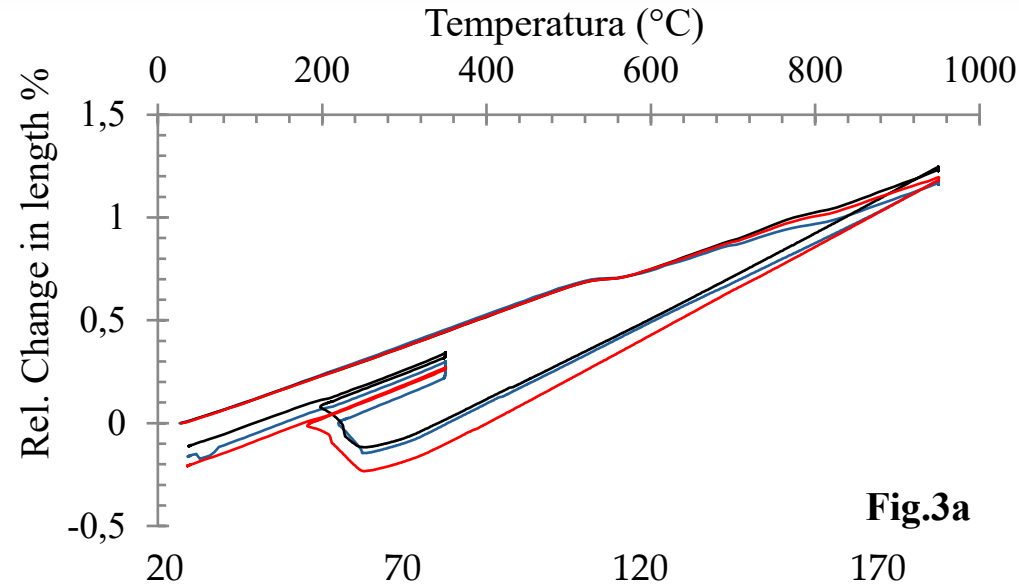
Resina epossidica



Resina fenolica

## ➤ Tecniche e strumenti di caratterizzazione utilizzati

- Microscopio ottico ed elettronico (SEM), XRD, prove di durezza Vickers HV10

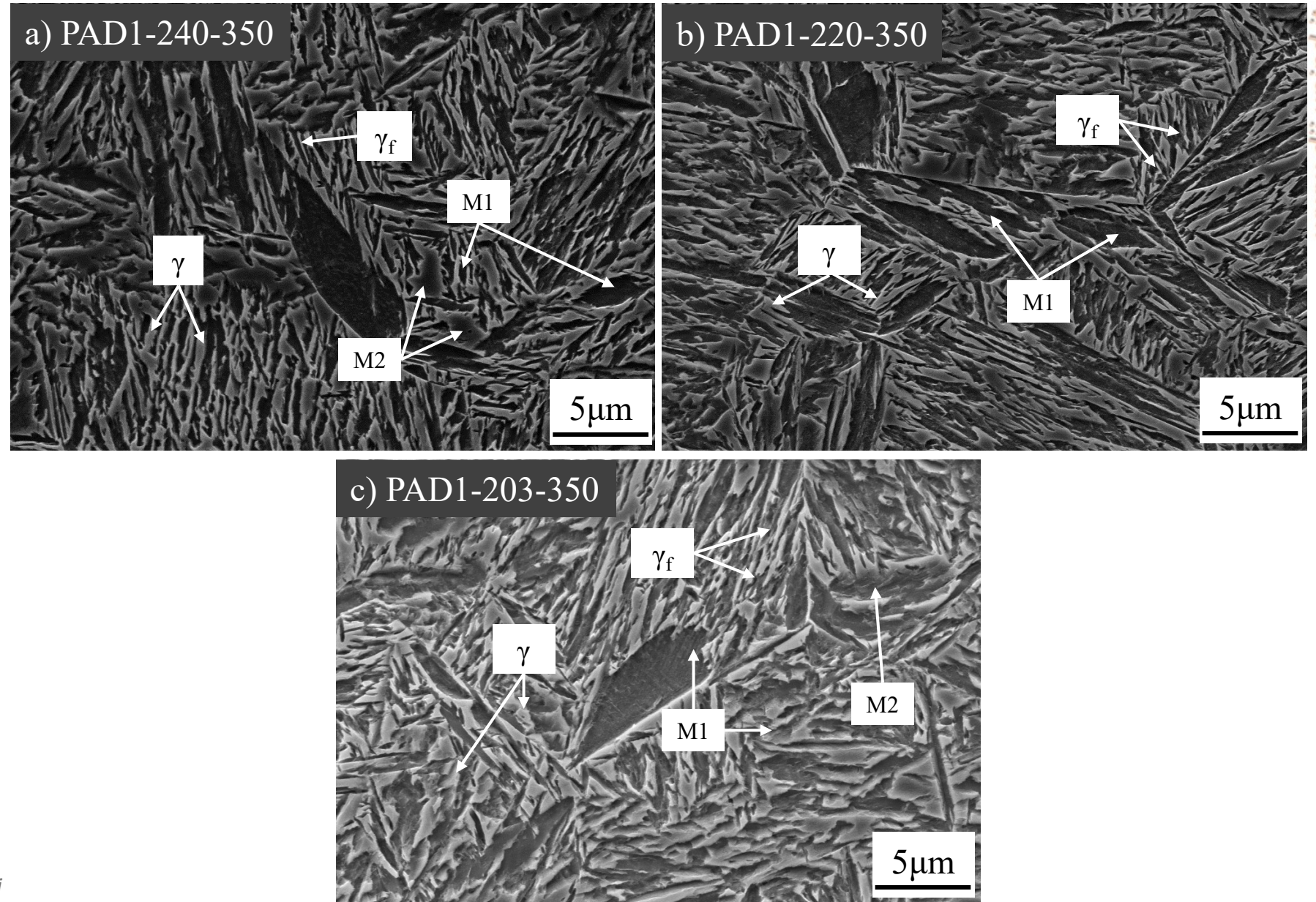


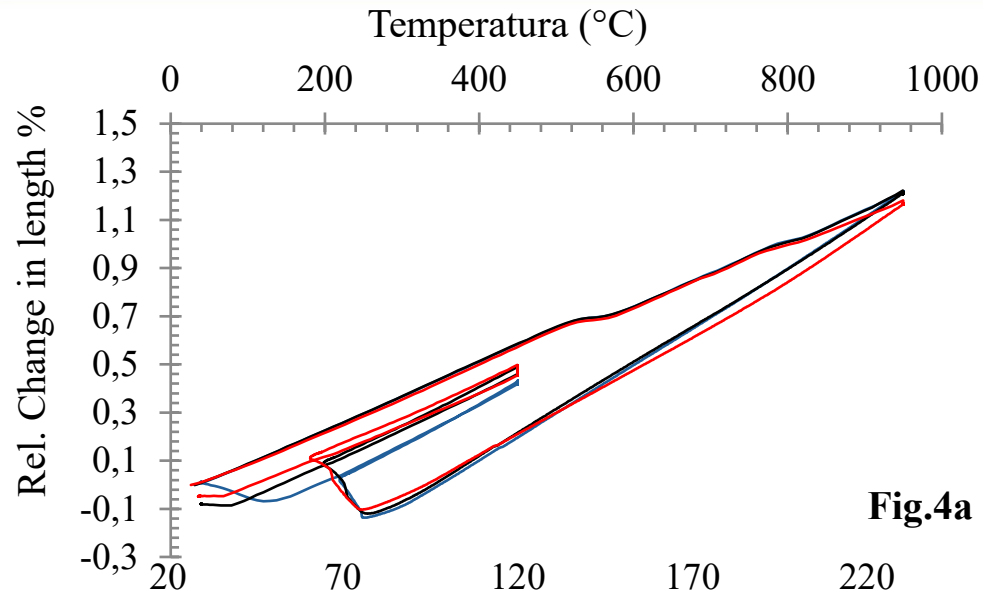
ACCIAI	PAD1			PAD2		
	240-350	220-350	203-350	224-350	204-350	182-350
HV10	444±3	463±1	495±2	450±7	448±2	493±2
V $\gamma$ %	28	31	25	28	27	22

**Tab.2** – Risultati prove di durezza e XRD

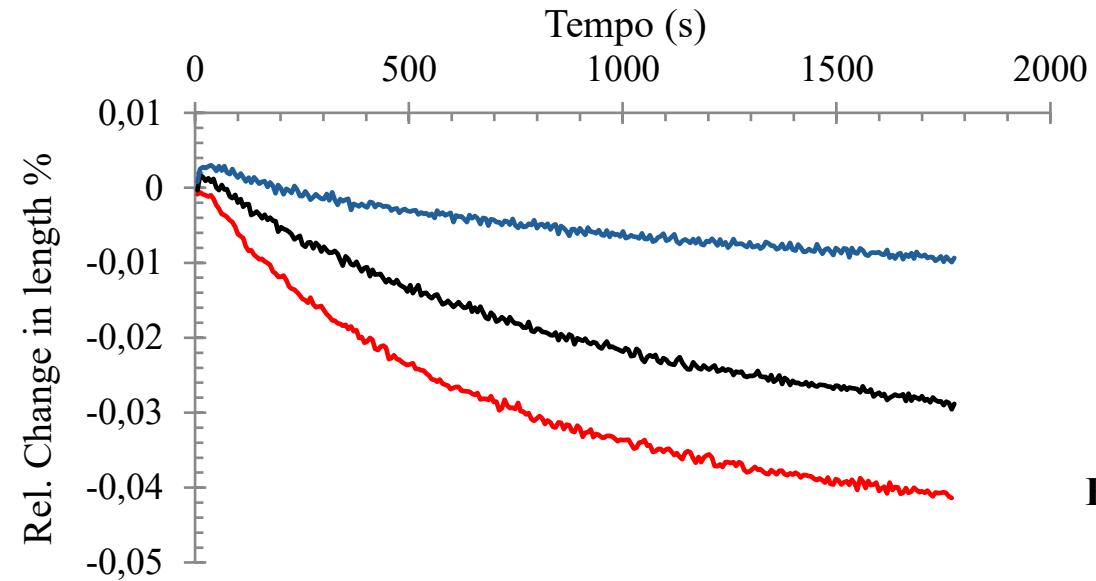
**Fig.3a,b,c** – Analisi dilatometrica campioni PAD1 a  $T_p$  pari a  $350^\circ\text{C}$ , ciclo completo Q&P (fig.3a), mantenimento isoterma durante partitioning (fig.3b) e raffreddamento finale (fig.3c)

Foto SEM campioni PAD1 a  
 $T_p=350^\circ\text{C}$

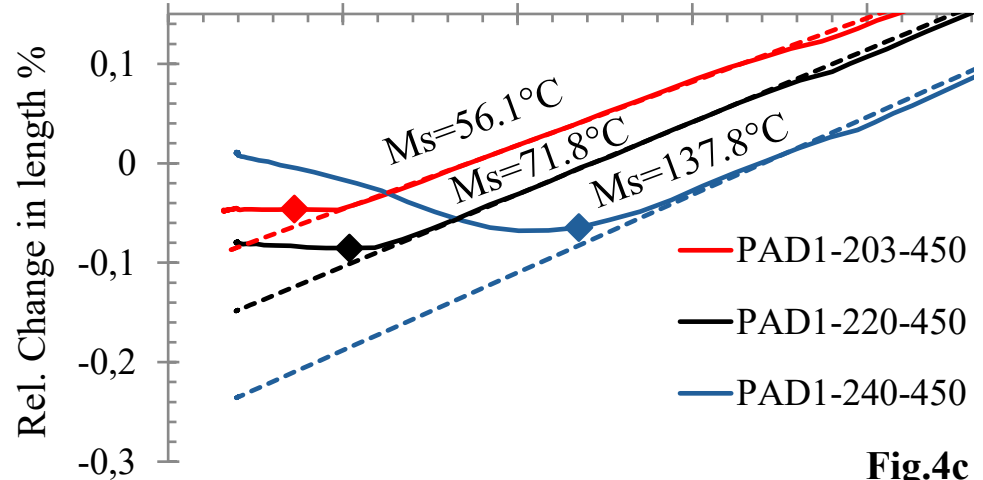




**Fig.4a**



**Fig.4b**



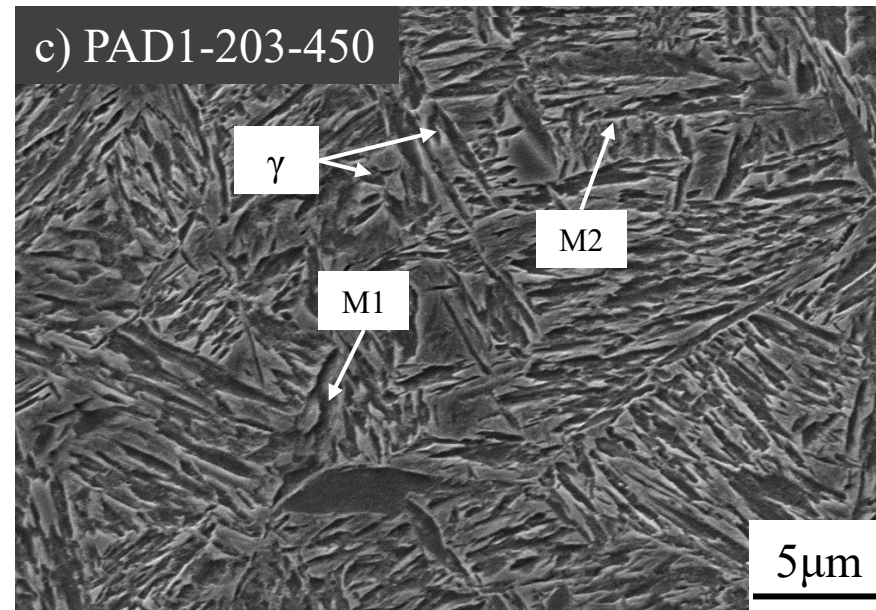
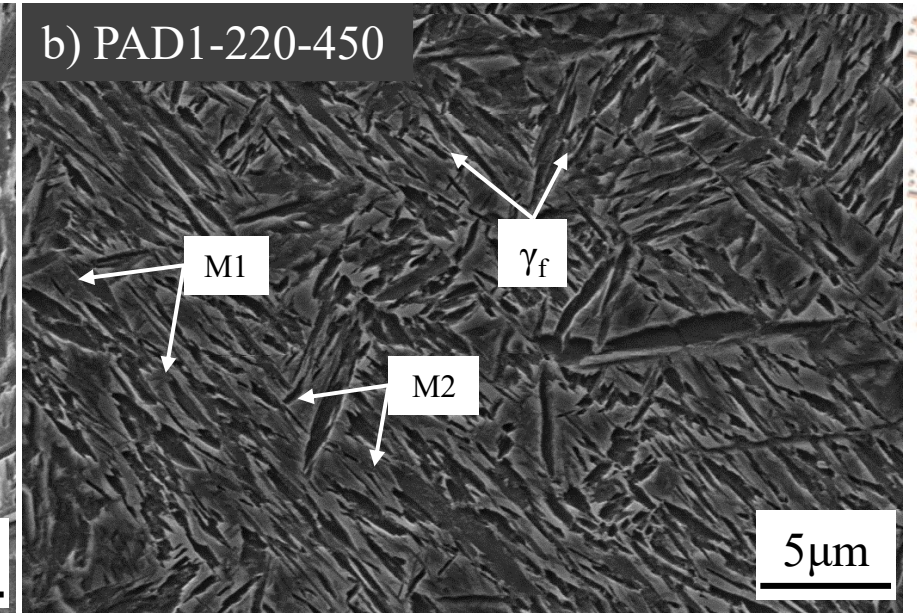
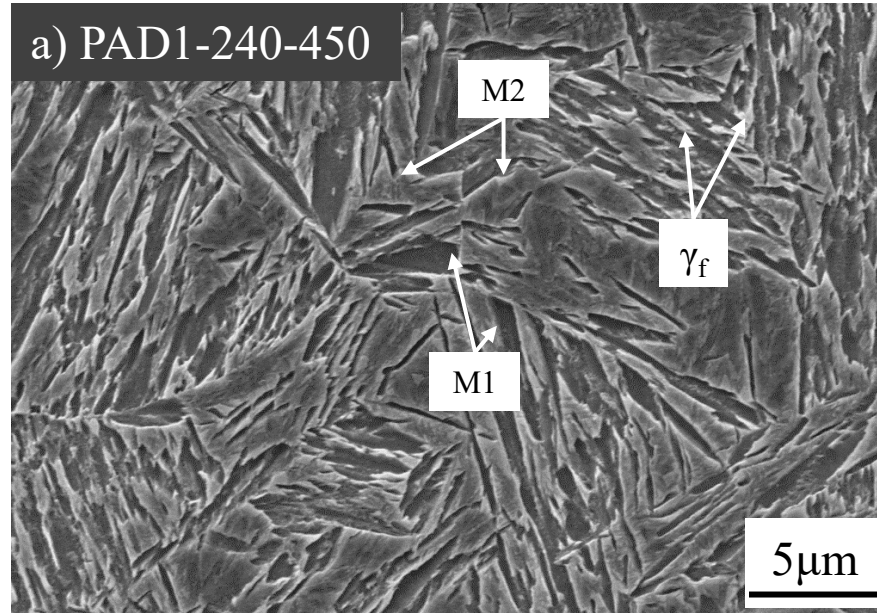
**Fig.4c**

ACCIAI	PAD1			PAD2		
	240-450	220-450	203-450	224-450	204-450	182-450
HV10	548±13	498±3	504±1	626±3	494±8	508±15
V $\gamma$ %	14	20	12	11	22	12

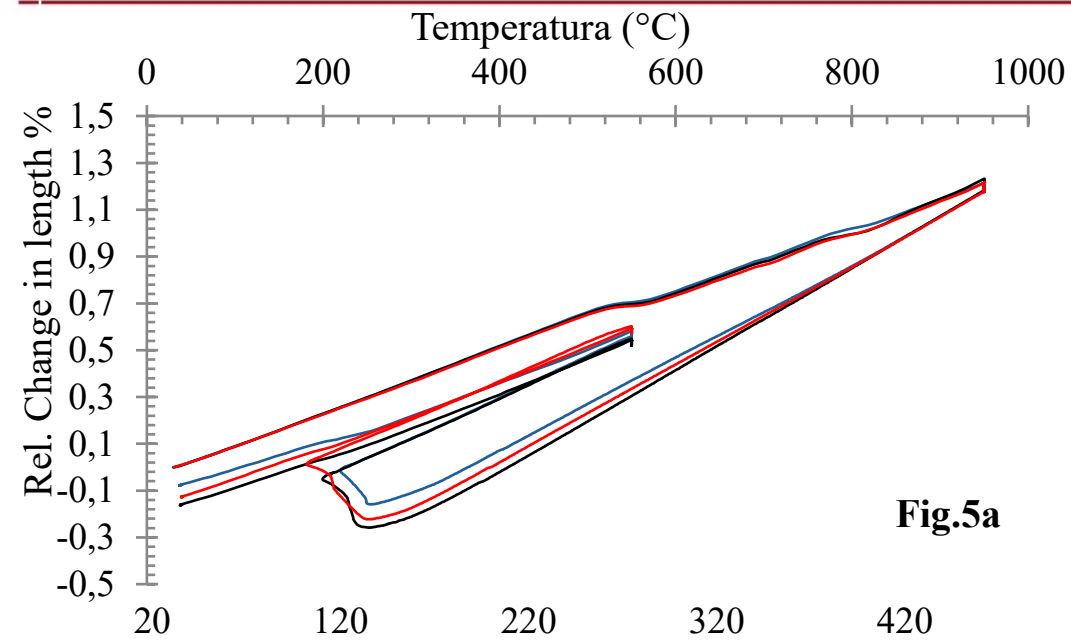
**Tab.3** – Risultati prove di durezza e XRD

**Fig.4a,b,c** – Analisi dilatometrica campioni PAD1 a  $T_p$  pari a  $450^\circ\text{C}$ , ciclo completo Q&P (fig.4a), mantenimento isoterma durante partitioning (fig.4b) e raffreddamento finale (fig.4c)

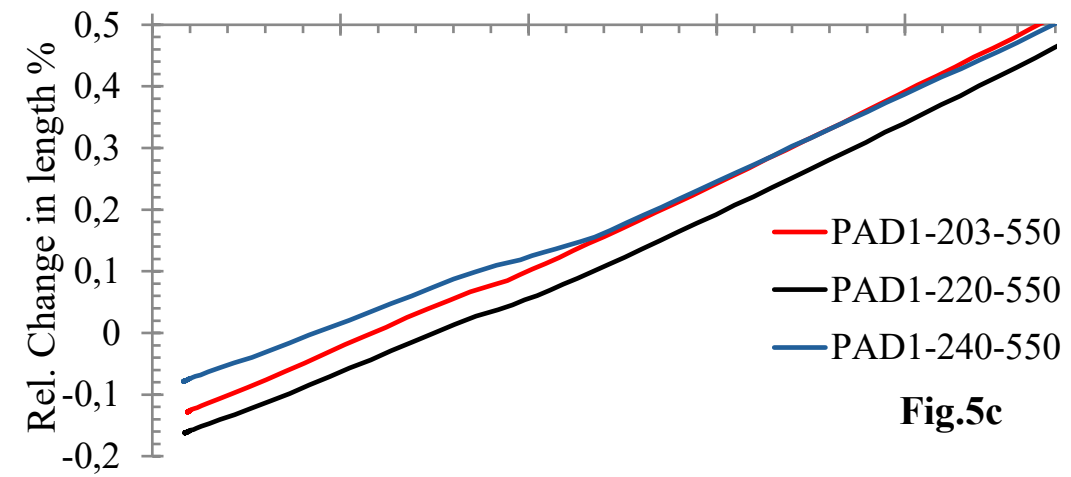
Foto SEM campioni PAD1 a  
 $T_p=450^\circ\text{C}$



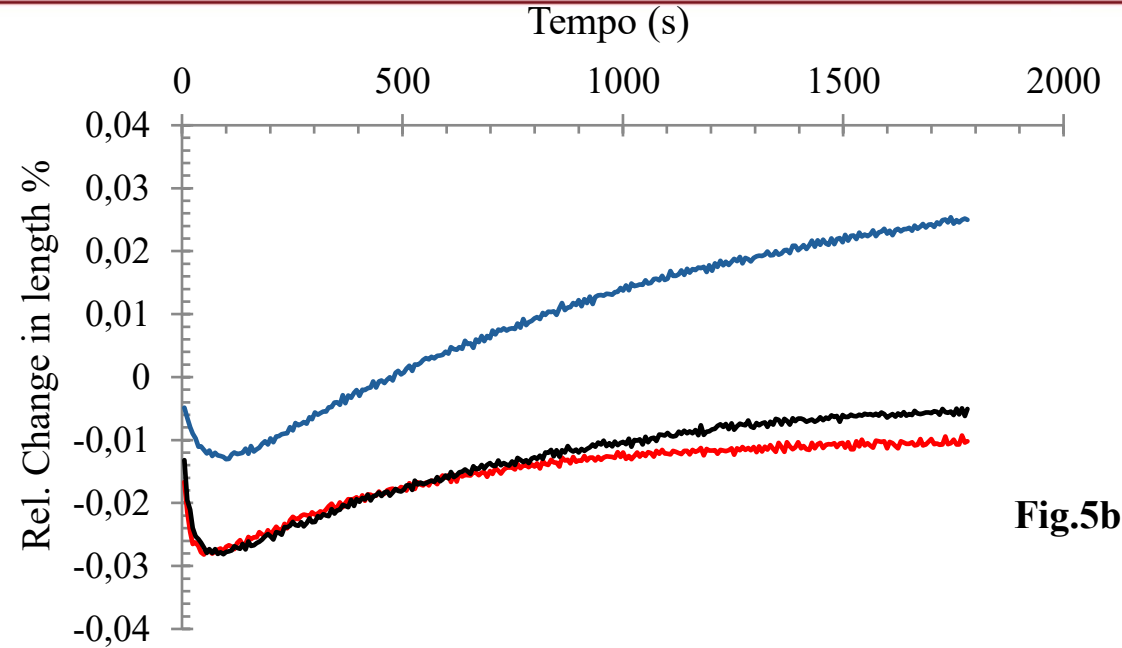




**Fig.5a**



**Fig.5c**



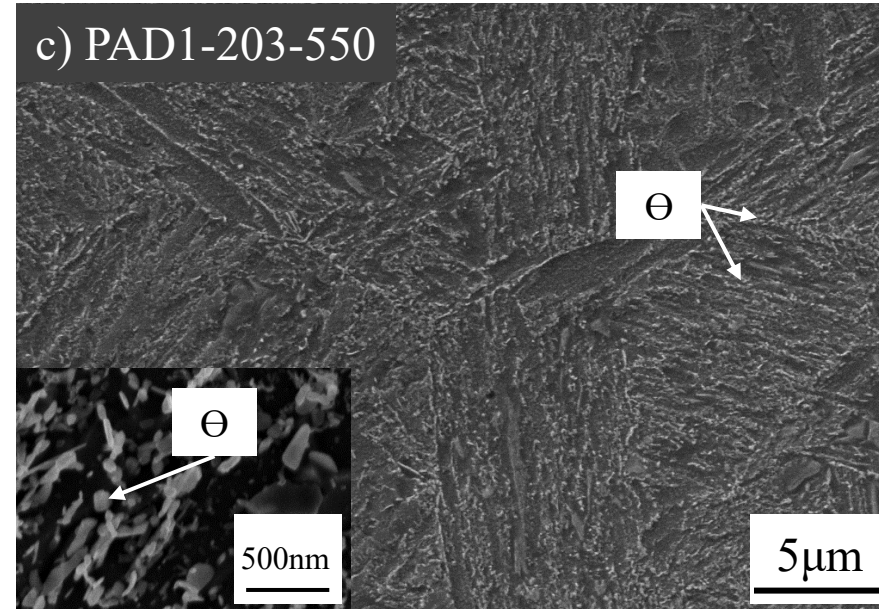
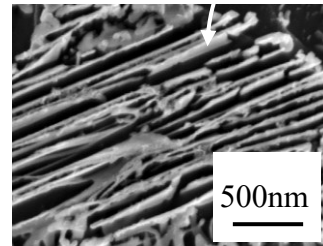
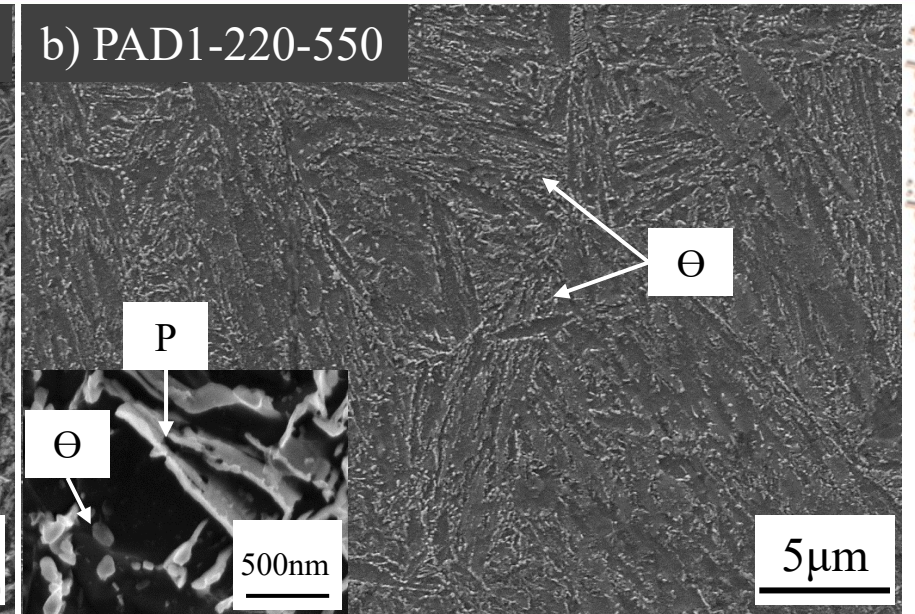
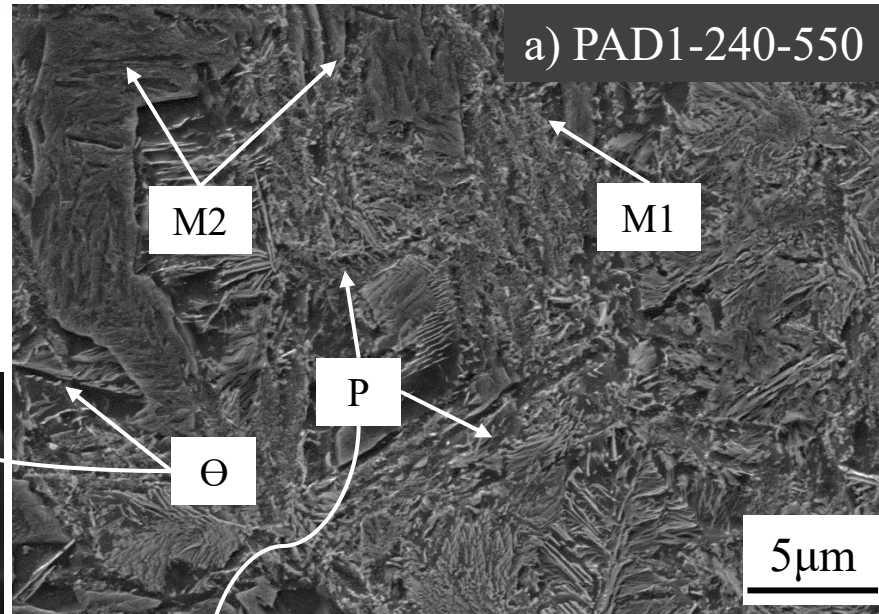
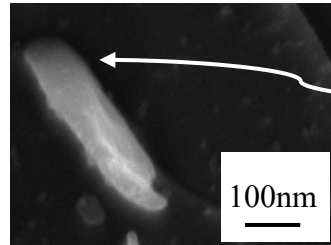
**Fig.5b**

ACCIAI	PAD1			PAD2		
	240-550	220-550	203-550	224-550	204-550	182-550
HV10	372±2	387±0	391±4	390±5	397±5	414±12

**Tab.4** – Risultati prove di durezza

**Fig.5a,b,c** – Analisi dilatometrica campioni PAD1 a  $T_p$  pari a  $550^\circ\text{C}$ , ciclo completo Q&P (fig.5a), mantenimento isoterma durante partitioning (fig.5b) e raffreddamento finale (fig.5c)

Foto SEM campioni PAD1 a  
 $T_p=550^\circ\text{C}$



Il presente studio si è concentrato sull'analisi dell'effetto delle temperature di quenching e di partitioning ( $T_p$  comprese tra  $350^\circ\text{C}$  e  $550^\circ\text{C}$ ) sulla microstruttura di due acciai ad alto contenuto di silicio e alluminio. Le principali conclusioni che si possono ricavare sono:

- Nessuna delle temperature di partitioning selezionate consente completa stabilizzazione dell'austenite. Il partitioning a  $350^\circ\text{C}$  porta infatti ad una parziale stabilizzazione dell'austenite a causa di fenomeni concorrenziali possibili come la formazione di bainite. Quando il partitioning è eseguito a  $450^\circ\text{C}$ , il carbon partitioning è accompagnato dal rinvenimento della martensite e dalla decomposizione dei film di austenite, che portano alla formazione di cementite anche se non visibile in modo evidente nelle immagini SEM a causa delle piccole dimensioni e per la scarsa presenza dei precipitati. Nei campioni sottoposti a partitioning a  $550^\circ\text{C}$  infine si ha la totale decomposizione microstrutturale, è infatti osservabile anche la precipitazione di cementite e la formazione di perlite.
- La durezza, in generale, aumenta al diminuire della temperatura di quenching ovvero all'aumentare della frazione volumetrica di martensite iniziale, tranne nel caso dei campioni che hanno subito partitioning a  $450^\circ\text{C}$  in cui si riscontrano valori maggiori di durezza a  $T_q$  maggiori per via della maggior quantità di martensite formata durante raffreddamento finale.
- Le frazioni volumetriche di austenite misurate con XRD evidenziano reazioni parallele al carbon partitioning che causano una deviazione dal modello CCE.
- Oltre ai fenomeni già indicati si suppone che possano esserne presenti altri di cui non è stata possibile la verifica per mancanza di strumenti e/o tecniche, come: segregazioni naturali del materiale di Mn e Si vista l'elevata quantità, mobilità nelle interfacce tra martensite e austenite da parte di Mn e Si.