

1222·2022
800
ANNI



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



Studio dell'effetto di trattamenti elettropulsati ad alta densità su alluminio 1050 dopo deformazione

Tutor Universitario : Manuele Dabalà

Laureando: Antonio La Fauci

Settembre 2023

Obiettivo

L'obiettivo di questo lavoro è quello di investigare l'effetto di trattamenti con corrente elettrica pulsata, dopo deformazione, di campioni di alluminio commercialmente puro. La serie di impulsi applicati a bassa frequenza e con durata di $110 \mu\text{s}$ ha permesso di rendere trascurabile l'aumento di temperatura prodotta per effetto Joule, permettendo così di valutare il solo effetto elettrico. Si sono valutate le proprietà meccaniche con prove di trazione pura di una lega di alluminio 1050 nelle condizioni H24 e ricotto. Si sono valutate le proprietà meccaniche con prove di trazione e investigato l'effetto sulla microstruttura prima e dopo il trattamento attraverso osservazioni al microscopio ottico ed elettronico.

Le leghe di alluminio possono essere divise in delle serie che vanno da 1000 a 7000 in base alle loro caratteristiche e al loro campo di impiego. Nella tabella di seguito ecco la serie

SERIE 1000	Alluminio con purezza superiore al 99%.Presenta una limitata resistenza meccanica ma una buona conducibilità sia termica che elettrica ed un eccellente resistenza alla corrosione e buona attitudine alla finitura superficiale.
SERIE 2000	Il principale alligante è il rame che conferisce elevata resistenza meccanica, maggior rigidità rispetto alle altre leghe, limitata resistenza alla corrosione, buona saldabilità. Prodotti per torneria, strutture per aeronautica, stampi per materie plastiche, fili per ribattini
SERIE 3000	Il principale alligante è il manganese e si prestano bene ed essere lavorati per incrudimento. Vengono impiegati per la costruzione di recipienti e tubi in pressione
SERIE 4000	Sono leghe alluminio-Silicio e la percentuale di quest'ultimo può variare dal 4,5% al 20% . Per percentuali inferiori al 13% questa lega è utilizzata per la fabbricazione di pistoni mentre per percentuali superiori viene utilizzata per getti di forma complessa.
SERIE 5000	Il principale alligante è il magnesio che conferisce una buona resistenza alla corrosione e buona saldabilità. Vengono usati per costruire apparecchiature per l'industria chimica ed alimentare, utensileria domestica, strutture idrauliche,bulloneria speciale e strutture saldate per atmosfera marina
SERIE 6000	I principali alliganti, magnesio e silicio, conferiscono buone proprietà meccaniche e saldabilità. Vengono utilizzati nel caso in cui viene richiesta una buona resistenza alla corrosione, per componenti di elettrodomestici e per lo stampaggio
SERIE 7000	Gli alliganti in questo caso sono zinco e magnesio. Questa serie presenta ottime proprietà meccaniche e per questo trovano un forte impiego nel campo aeronautico dove è richiesta un'elevata resistenza meccanica e corrosiva

La composizione chimica, secondo la norma UNI EN 573-1, è la seguente:

Al	Ni	Cu	Fe	Mn	Mg	Si	Zn	Cr	Ti
99,5%	0,05%	0,05%	0,4%	0,05%	0,05%	0,24%	0,07%	0,05%	0,05%

Le caratteristiche fisiche invece sono :

Densità	2,70 g/cm ³ a 20°C
Modulo di Elasticità	10.000 N/mm ²
Temperatura di fusione	650-658 °C
Conducibilità termica	209 W/m °C a 20°C
Resistenza alla flessione per fatica	3/5 kg/mm ² – Stato H24
Coefficiente di dilatazione termica	25

Le proprietà meccaniche sono le seguenti

Carico di snervamento	minimo Rm 100 Mmm ² per Stato H24
Resistenza alla trazione	minimo Rp0.2 = 70 Nmm ² per Stato H24
Allungamento %	Minimo 7 % per Stato H24

H12	1/4 Crudo per incrudimento
H14	1/2 Crudo per incrudimento
H18	Crudo per incrudimento
H19	Extracrudo
H22	1/4 Crudo ottenuto per ricottura parziale finale
H24	1/2 Crudo ottenuto per ricottura parziale finale
H26	3/4 Crudo ottenuto per ricottura parziale finale
H28	Crudo per ricottura intermedia + distensione
H32	1/4 Crudo e stabilizzato
H34	1/2 Crudo e stabilizzato
H36	3/4 Crudo e stabilizzato
H38	Crudo e stabilizzato
H111	Ricotto e spianato

La resistenza meccanica dell'alluminio della serie 1000 può essere notevolmente migliorata con la deformazione plastica a freddo attraverso incrudimento. L'incrudimento è un fenomeno metallurgico per cui un materiale metallico risulta rafforzato in seguito a una deformazione plastica a freddo.

Nello specifico per **H24** intendiamo che il materiale è stato deformato fino al massimo e poi ricotto in modo tale da ottenere le proprietà a metà tra quelle da deformato e quelle da completamente ricotto

Quando un materiale conduttore è percorso da corrente elettrica si verifica l'effetto Joule, ovvero parte dell'energia che viene trasmessa viene dissipata in altre forme di energia, soprattutto sotto forma di calore. Per il nostro studio abbiamo evitato che si verificasse l'effetto tenendo così la temperatura controllata, tramite una termocamera, ed effettuando pulsazioni di corrente per pochi secondi.

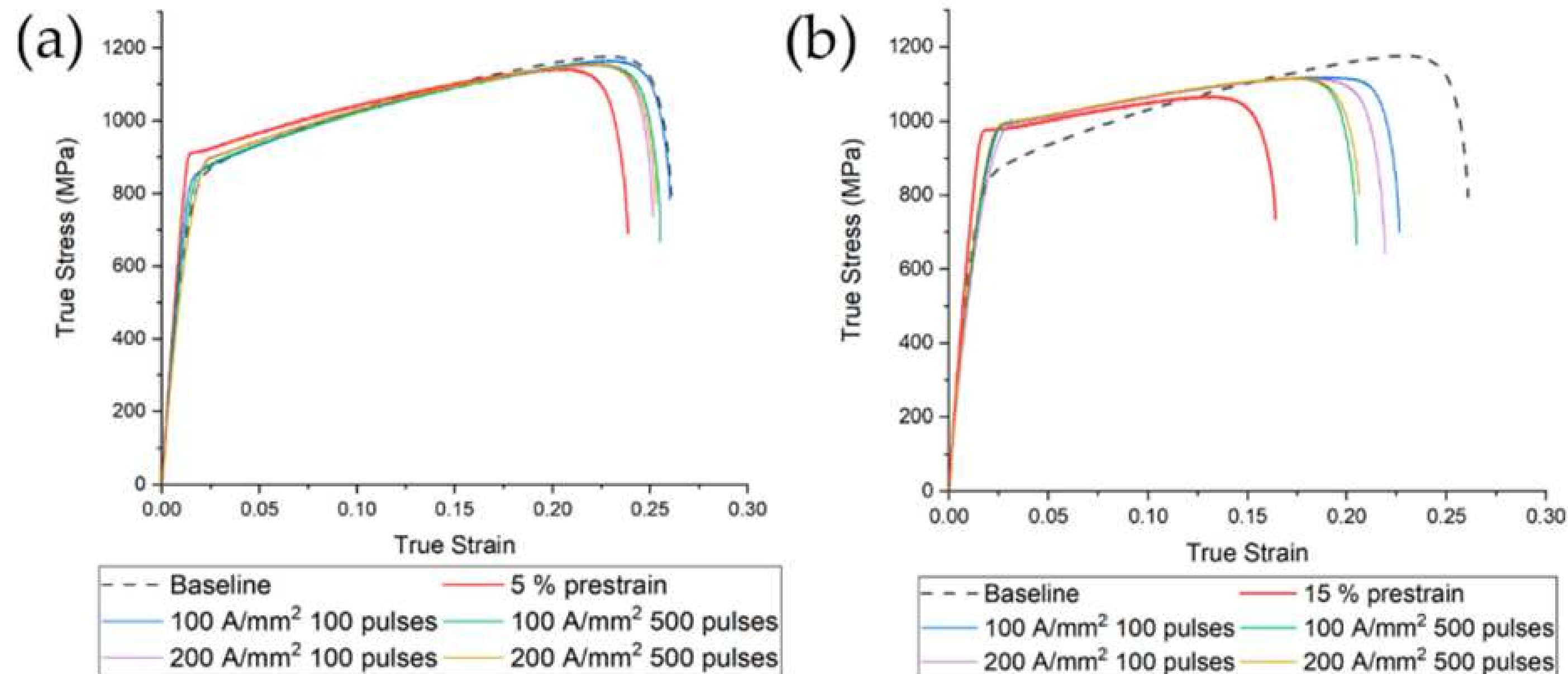
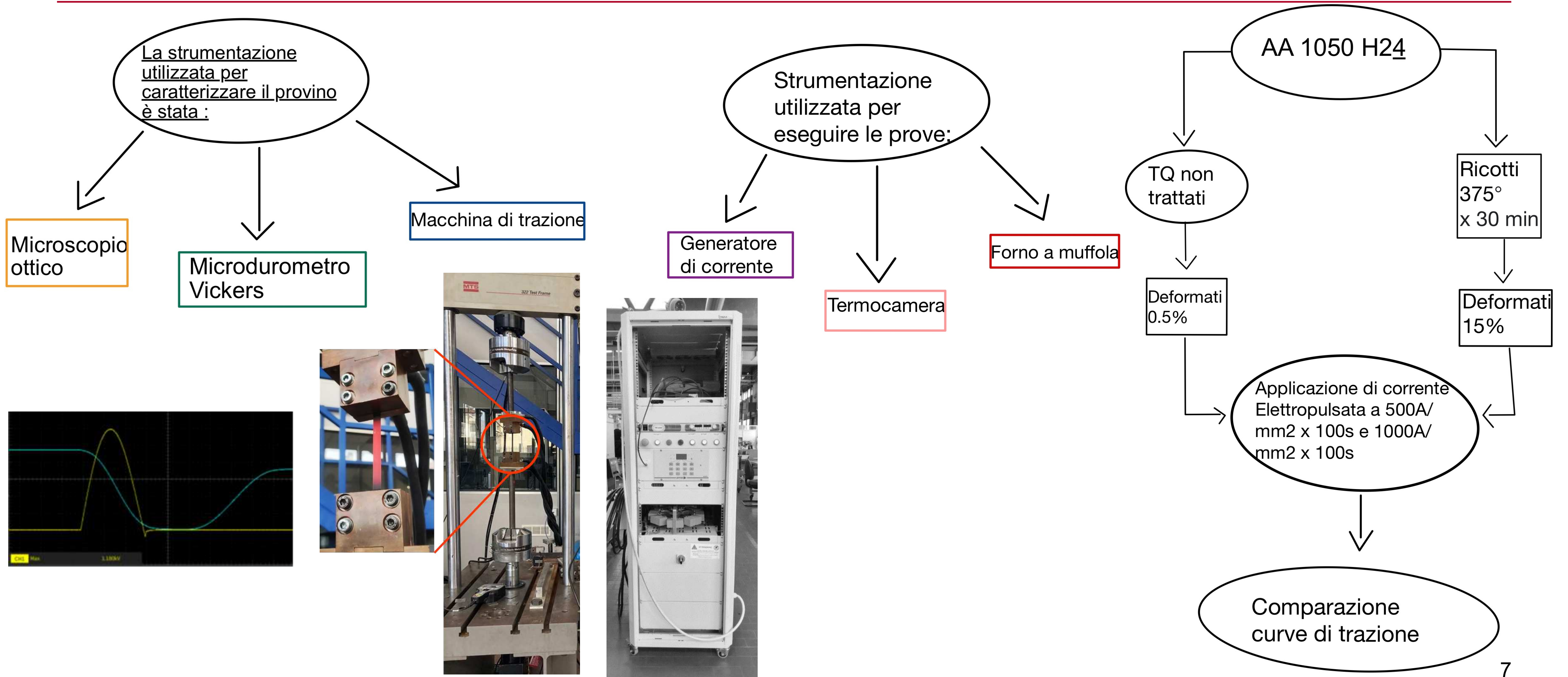
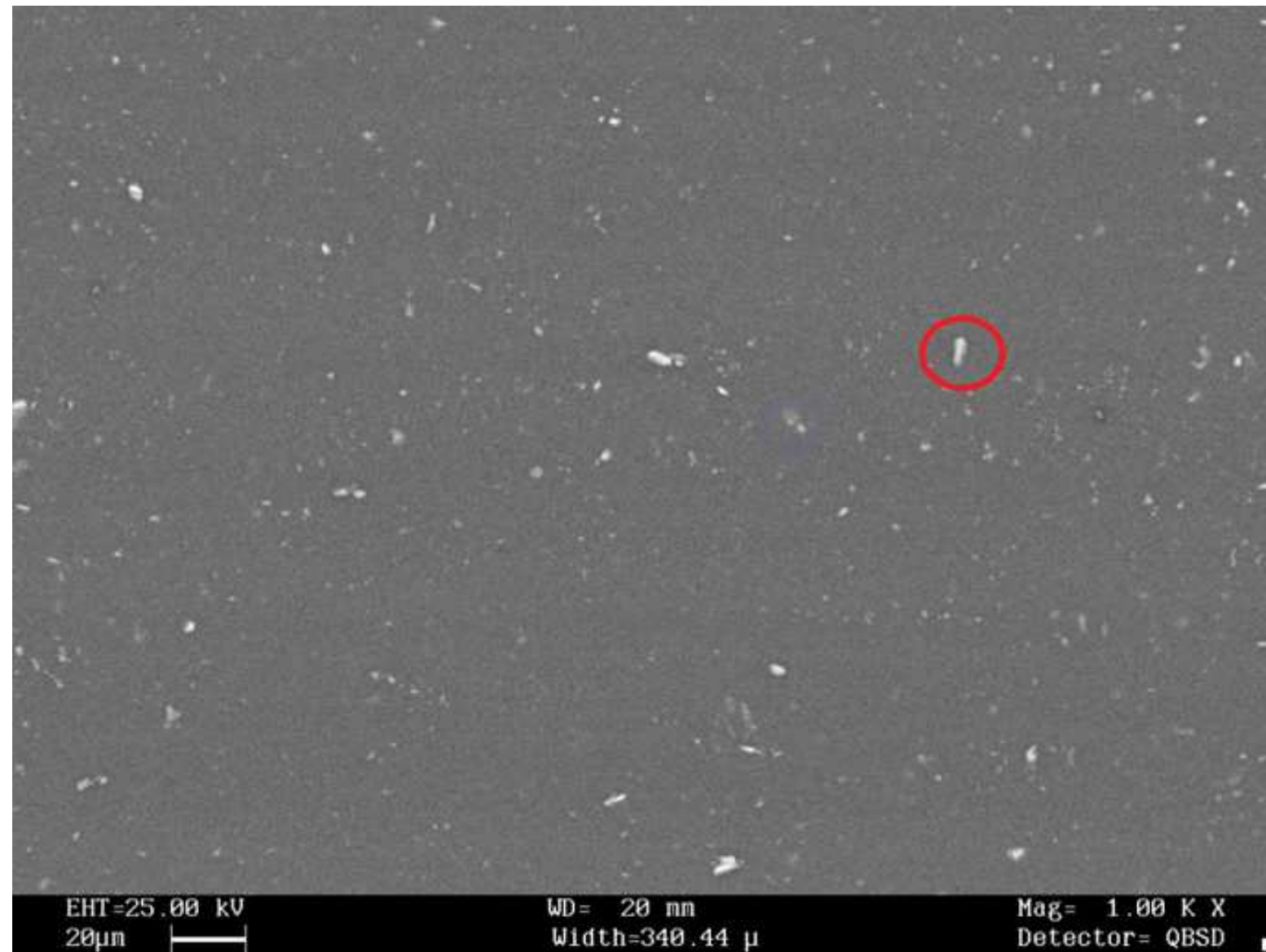


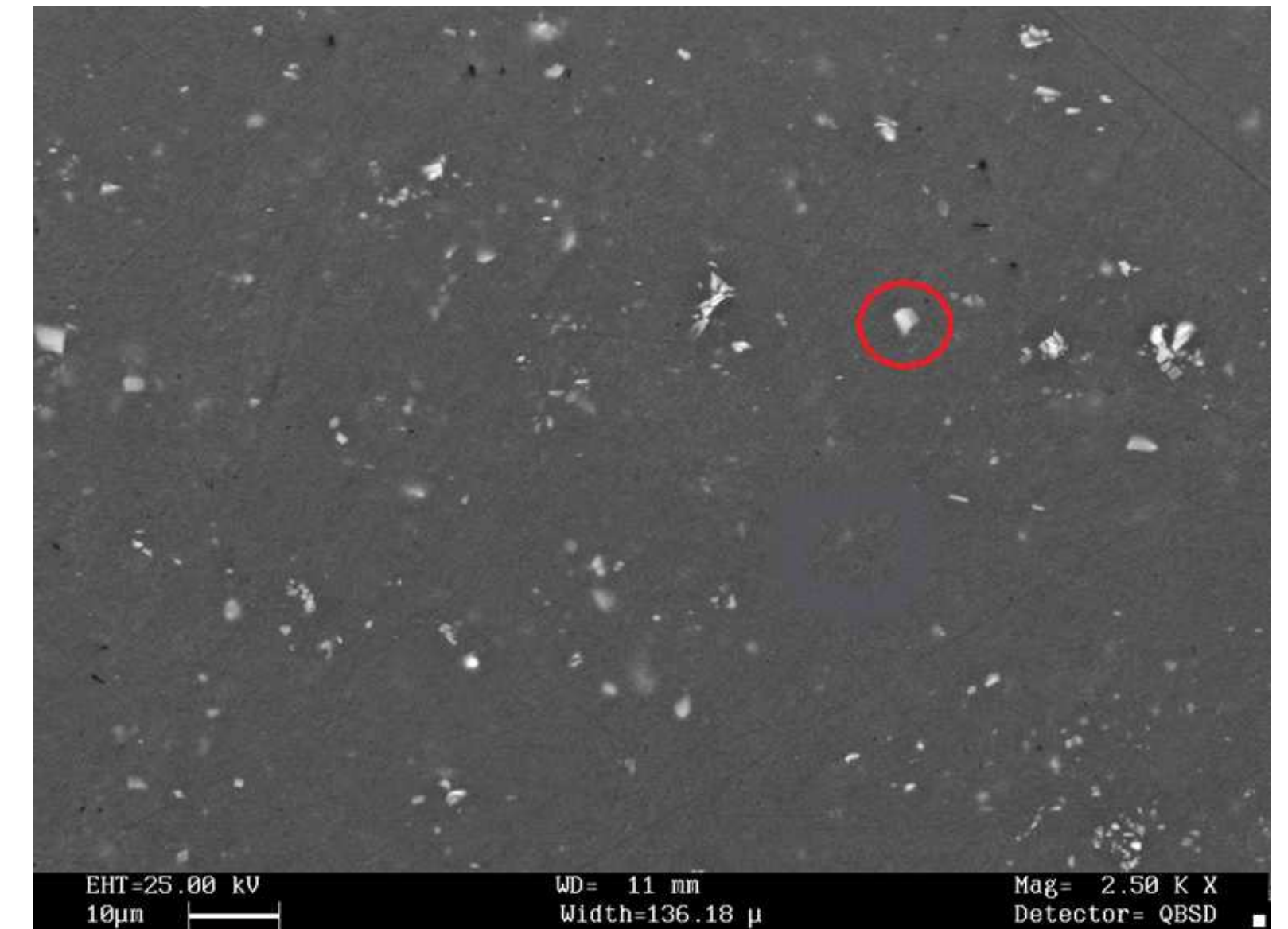
Figure 10. Tensile tests of electropulsed specimens after prestrain of (a) 5% and (b) 15%. The dashed line represents the room temperature test, while red line is the reference of each categories (5% tensile test (a) and 15% tensile test (b)).

Uno studio condotto dal dipartimento di metallurgia dell'Università di Padova ha mostrato, nel caso di un acciaio duplex, come l'applicazione di corrente elettropulsata porta ad un aumento della deformazione a frattura, una diminuzione della microdurezza ed un nuovo bilanciamento della microstruttura. Infine si è notato come la deformazione massima resistenza alla trazione (UTS) aumenti.

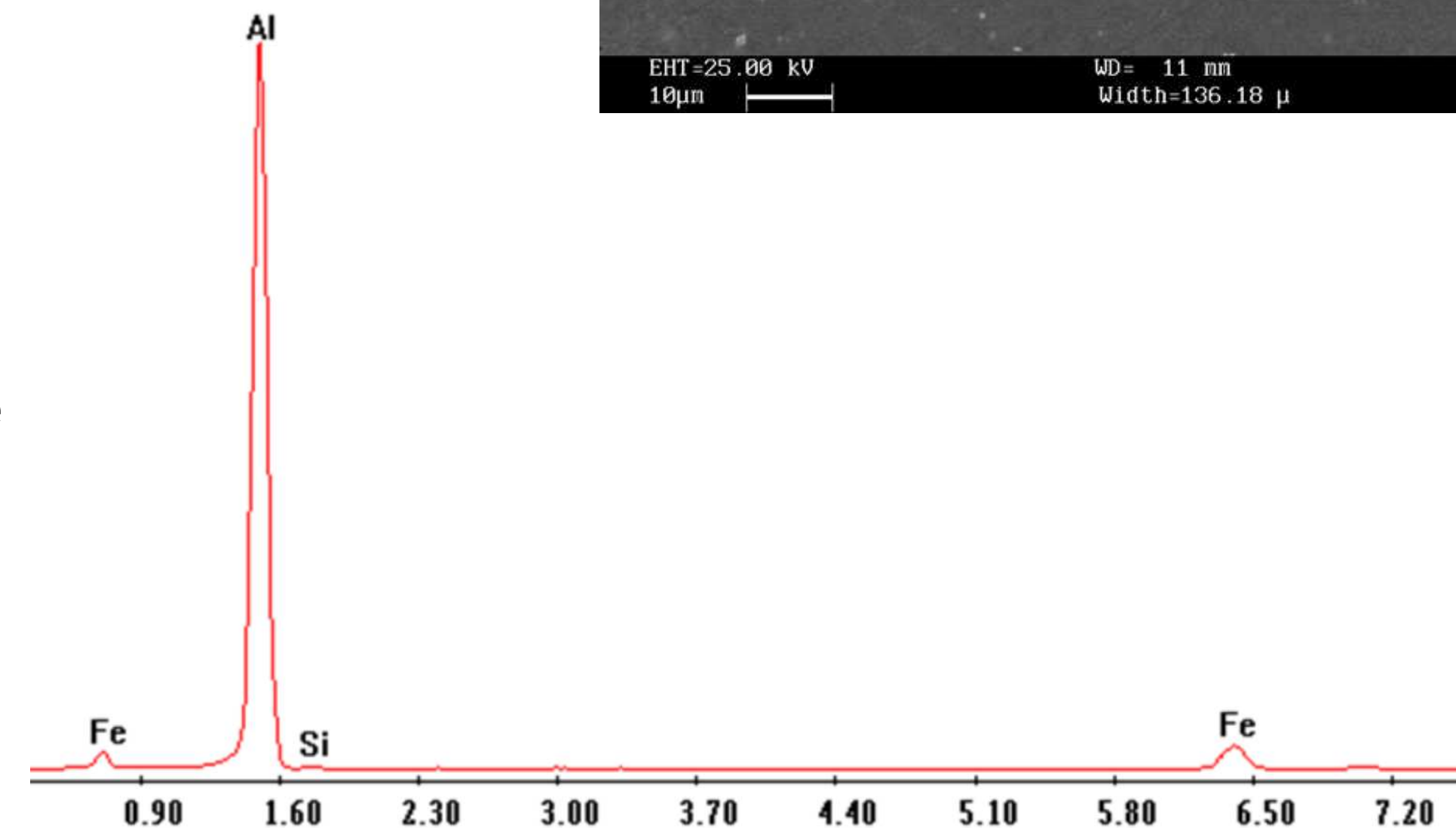


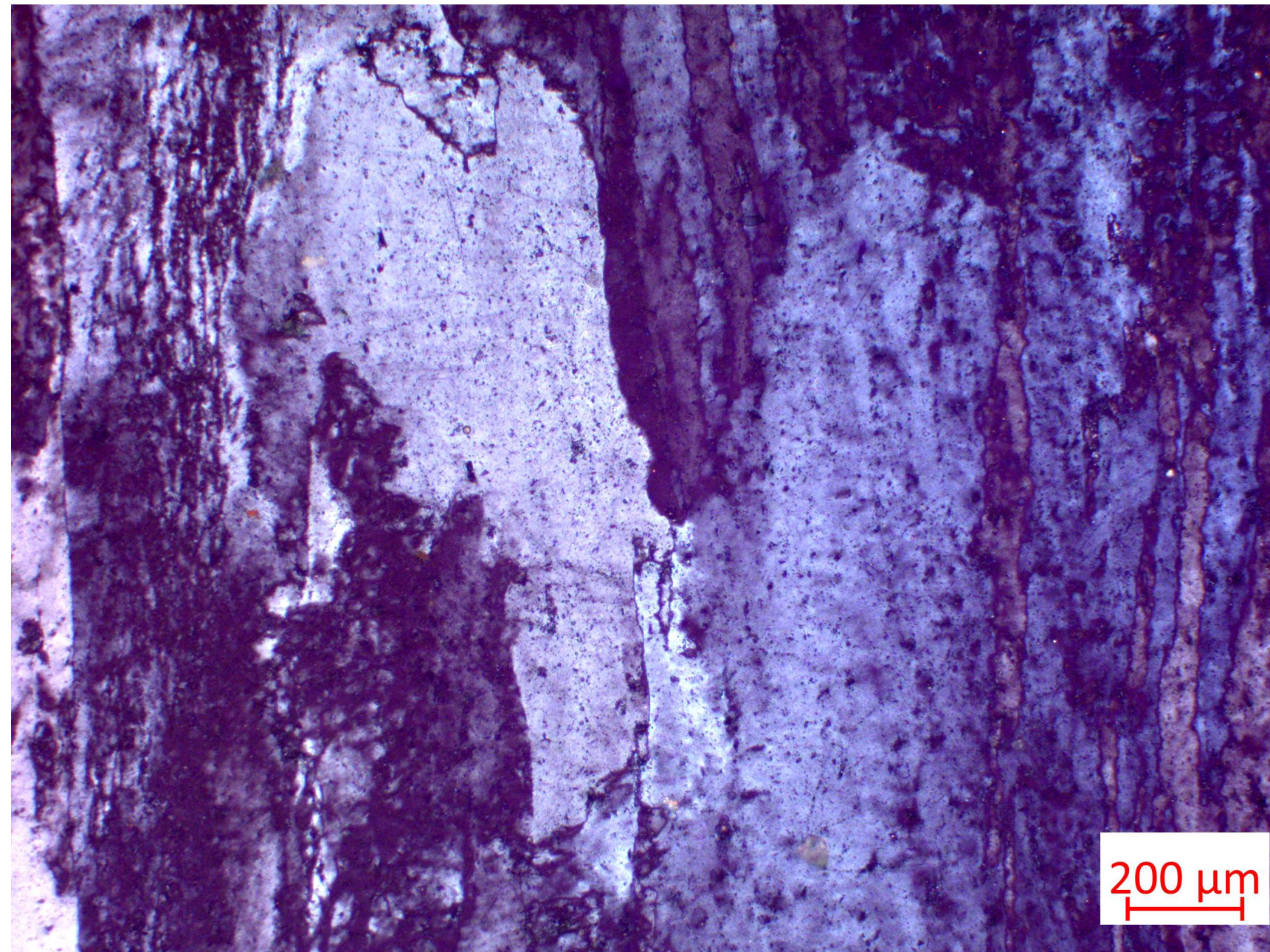


Sono state effettuate le foto al microscopio elettronico della microstruttura del campione tale e quale che si presentano nel seguente modo

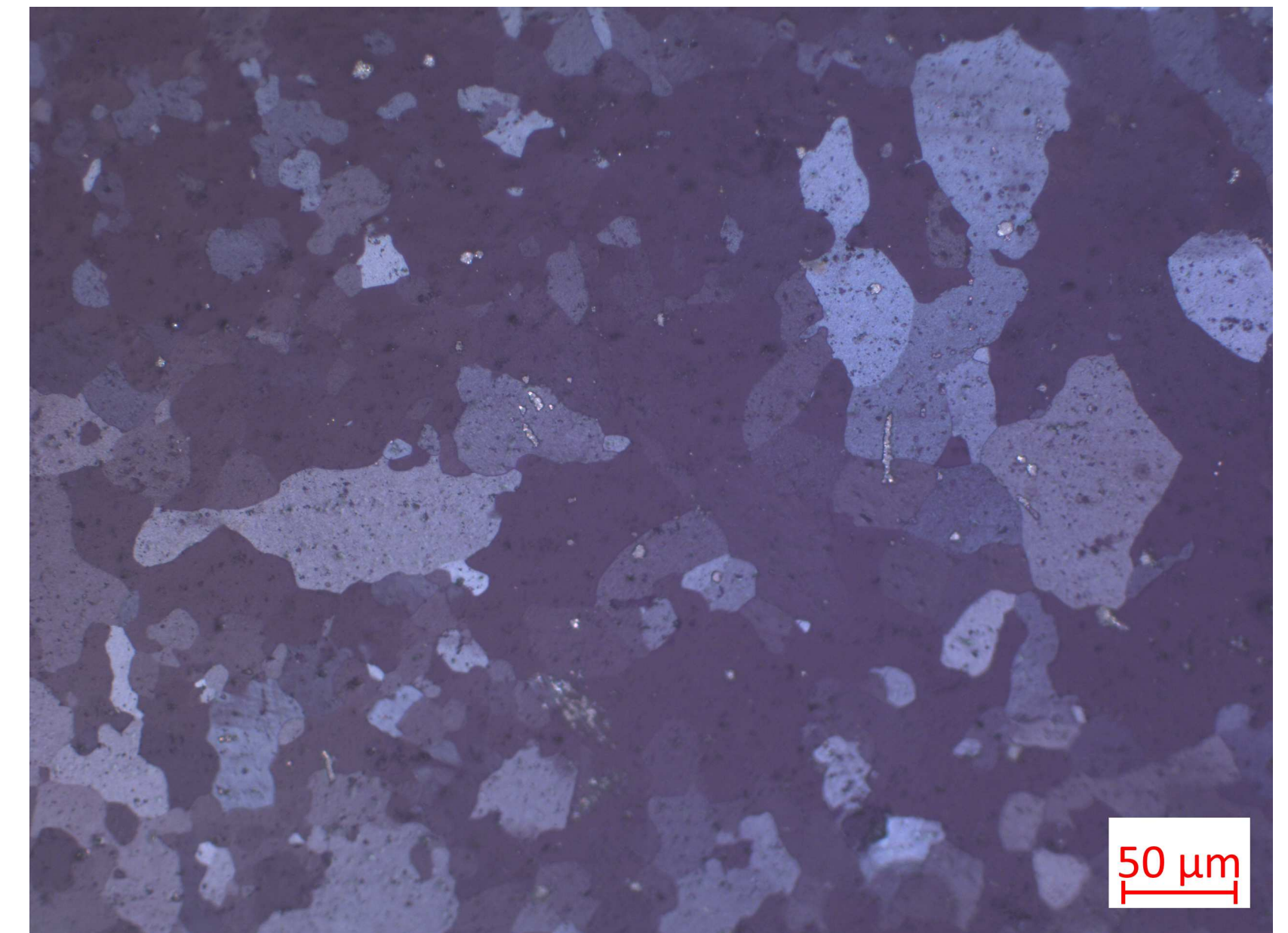


In entrambe le figure, ed anche nello spettro EDS, è possibile notare come l'impurezza principale sia il ferro e che il materiale è monofasico.





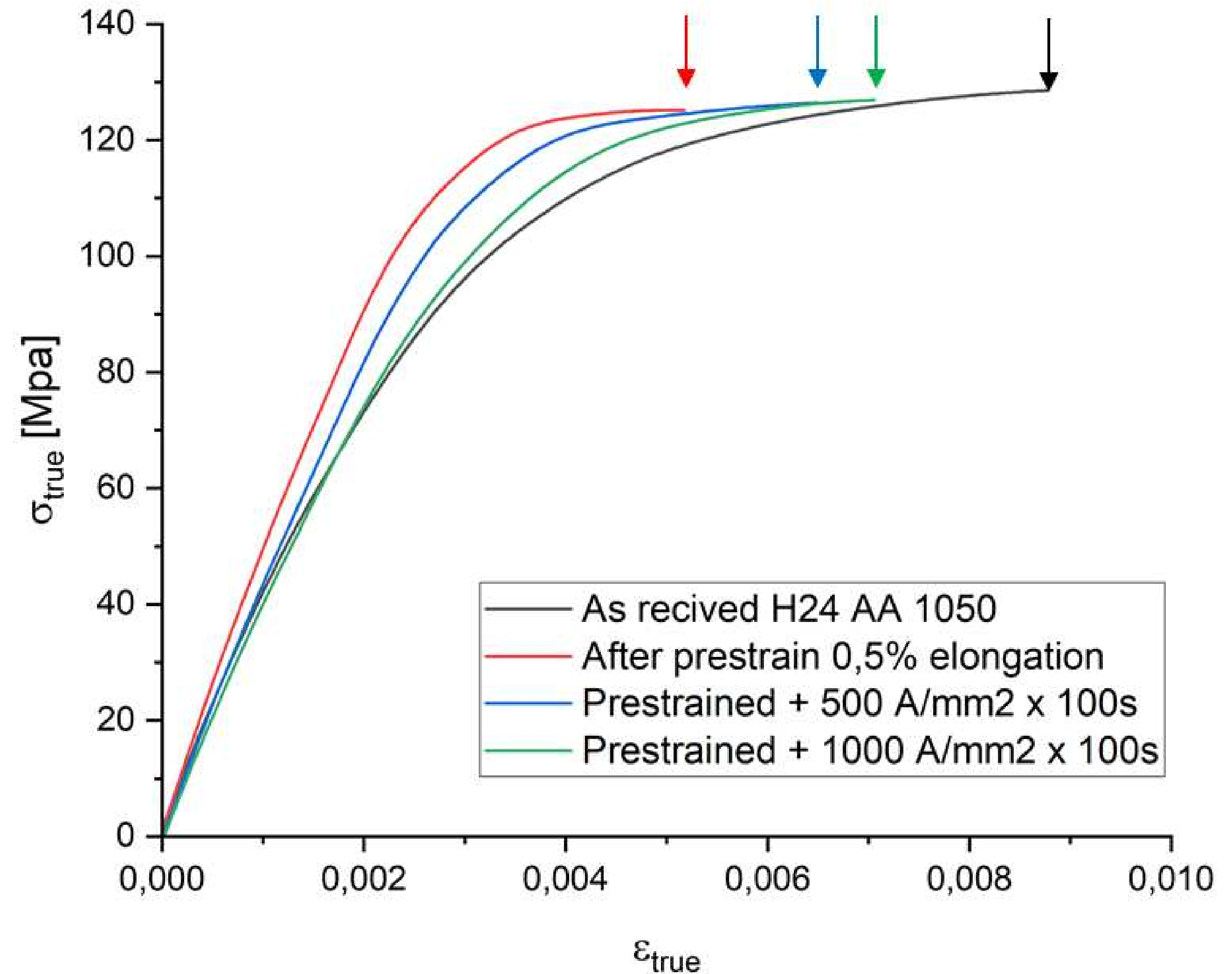
Sono state effettuate delle foto al microscopio ottico che mostrano la microstruttura dell'alluminio 1050H24 prima e dopo la ricottura a 375 gradi per 30 minuti

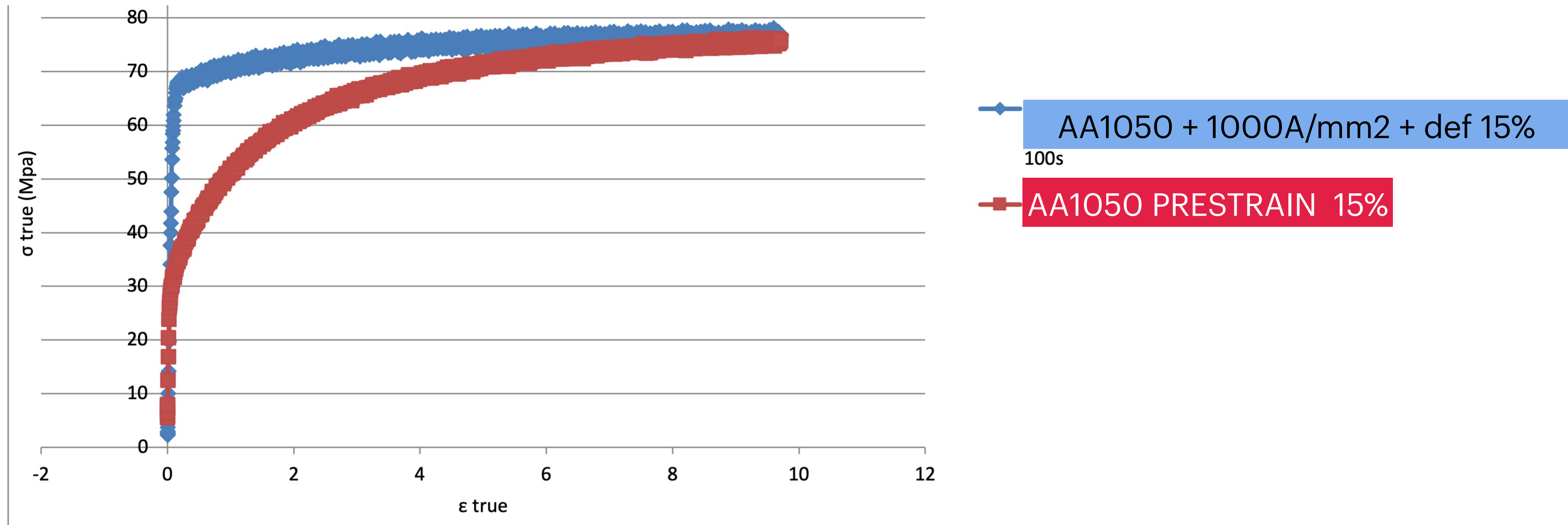


Si può notare la ricristallizzazione del materiale, i grani non sono più allungati ma più piccoli ed equiassici. Le microdurezze subiscono una piccola variazione, passando dai 30HV ai 22HV

Sono riportate le curve sigma-epsilon true dopo aver eseguito i test di trazione sui vari campioni non ricotti, ed è possibile fare le seguenti riflessioni:

- 1) L'UTS rimane pressochè invariato per tutti quanti i provini
- 2) L'applicazione di corrente comporta una diminuzione della tensione di snervamento
- 3) Dopo l'applicazione di corrente elettropulsata otteniamo provini con una tensione di snervamento minore ma con un maggiore allungamento





Si sono comparate anche le curve dei provini tal quale ricotto e dei provini ricotti ed elettropulsati, entrambi con una predeformazione del 15%. In questo caso è possibile notare che il trattamento di ricottura non porta alcun vantaggio aggiuntivo rispetto ai provini non ricotti.

Risultati ottenuti

Dopo aver effettuato questo lavoro di tesi è possibile trarre le seguenti conclusioni:

- 1) L'applicazione di corrente elettropulsata non comporta un aumento dello snervamento, anzi, lo diminuisce.
- 2) L'applicazione di corrente elettropulsata comporta, seppur minimo, un aumento dell'allungamento
- 3) Le microdurezze sono pressochè uguali

1222·2022
800
ANNI



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



DIPARTIMENTO
DI INGEGNERIA
INDUSTRIALE

Grazie per l'attenzione