

Università degli studi di Padova-Dipartimento di Ingegneria Industriale  
Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

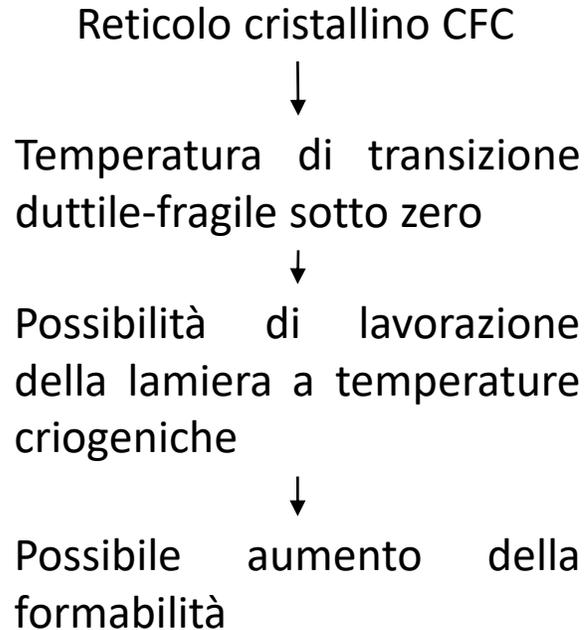
***Influenza della temperatura di deformazione sulla formabilità  
dell'acciaio inossidabile AISI 316***

*Studente:* Marco Pierasco  
Matricola 1218638

*Tutor universitario:* Prof. Bruschi Stefania

*Padova, 15/03/2023*

L'acciaio inossidabile austenitico AISI 316 è particolarmente resistente alla corrosione per pitting, il che lo rende ideale ad applicazioni in campo automotive, aereo spaziale, marino, biomedico e alimentare.



Cosa si verifica nel materiale deformato a temperature criogeniche?  
Fenomeno del TRIP (Transformation-induced plasticity)

Cause:

- temperatura di deformazione;
- incrudimento;
- SFE-Stacking Fault Energy, che a sua volta è influenzata da:
  - composizione chimica;
  - dimensione del grano austenitico.

La stabilità dell'austenite viene quantificata tramite il parametro  $M_{d30}$ .  
Indica la temperatura alla quale si ha il 50% di martensite per una deformazione reale del 30%.

## Composizione chimica AISI 316

C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni
0,04%	1%	0,5%	0,023%	0,015%	16,25%	2,5%	11,5%

L'obiettivo dell'elaborato è quello di individuare l'effetto della temperatura sulla formabilità del acciaio AISI 316, in particolare si concentra sull'effetto delle temperature criogeniche le quali comportano un aumento della resistenza meccanica.

I dati esposti nell'elaborato sono stati ricavati tramite le seguenti prove sperimentali:

- prova di trazione monoassiale;
- misurazione di aree di frattura al SEM;
- micrografie con attacchi elettro-chimici;
- analisi XRD;
- prove di microdurezza Vickers.



Macchina di prova per prove di trazione MTS-322



Microdurometro Leitz



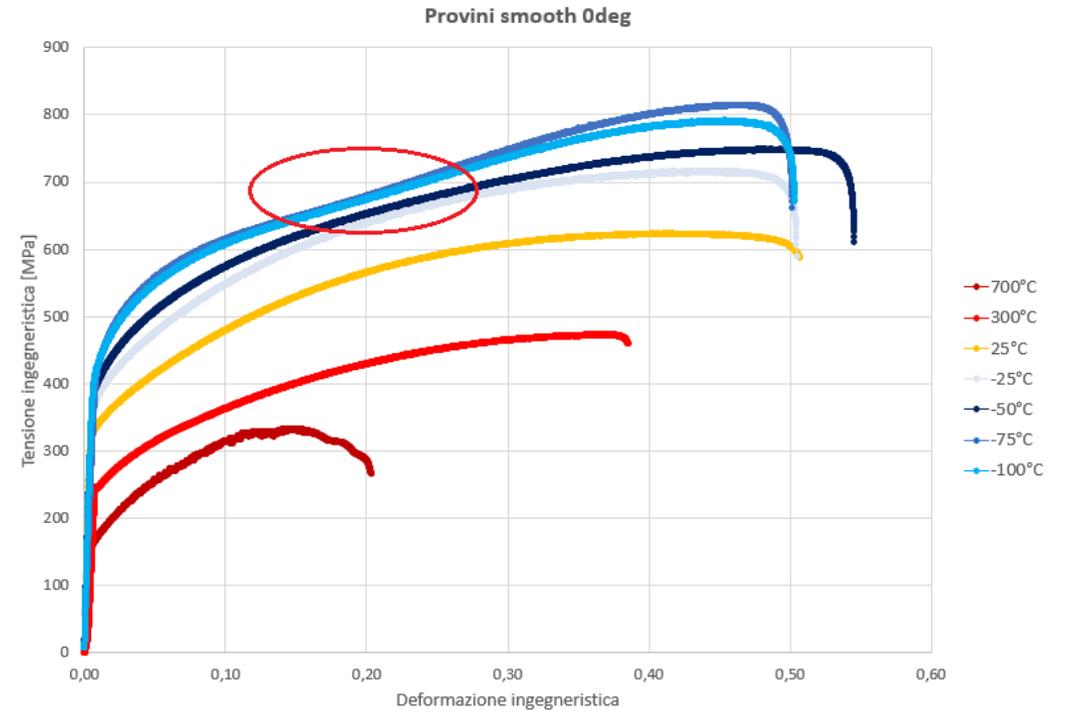
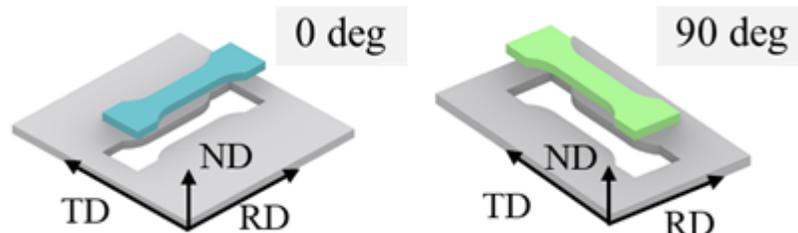
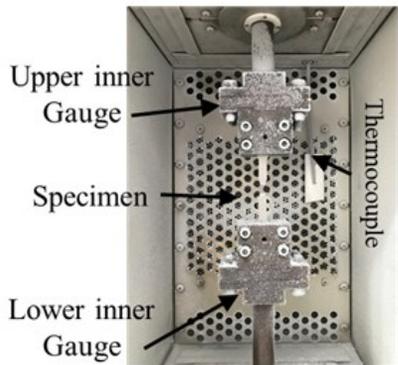
SEM FEI Quanta 450

I provini ricavati secondo ISO 6892 sono stati ricavati:

- parallelamente alla direzione di laminazione (**0deg**), testati a 700°C, 300°C, 25°C, -25°C, -50°C, -75°C e -100°C;
- ortogonalmente alla direzione di laminazione (**90deg**), testati a 700°C, 300°C, 25°C, -50°C e -100°C.

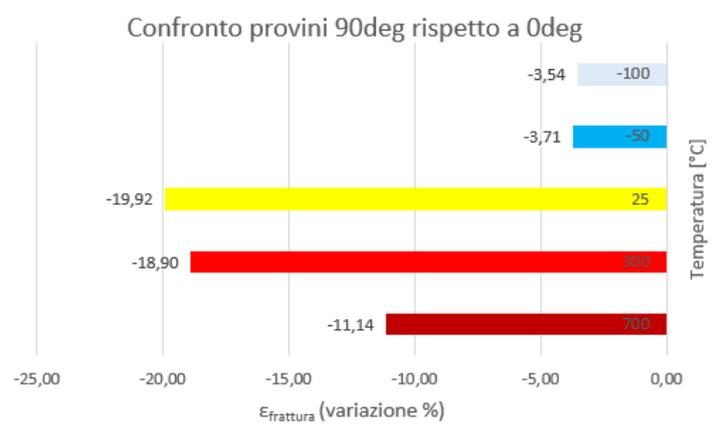
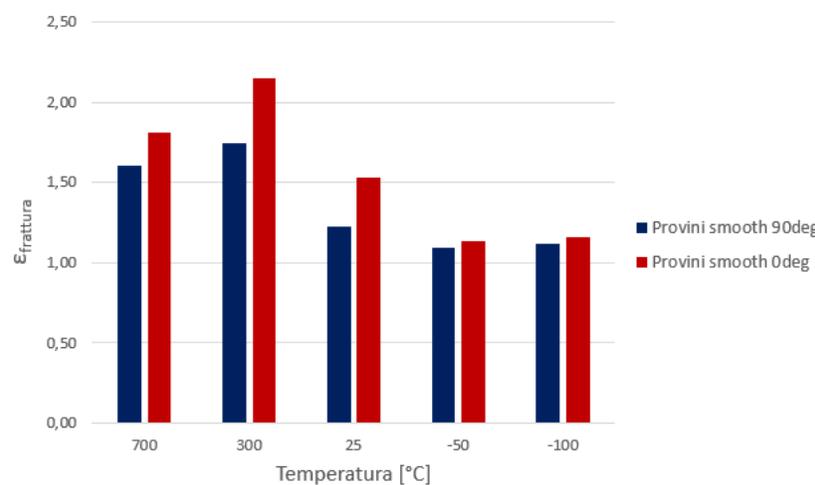
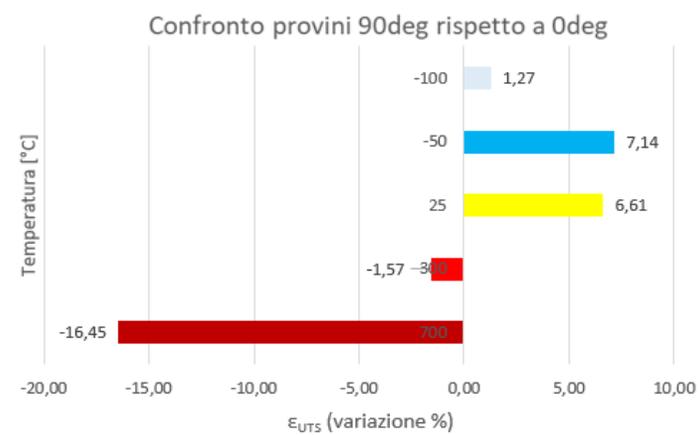
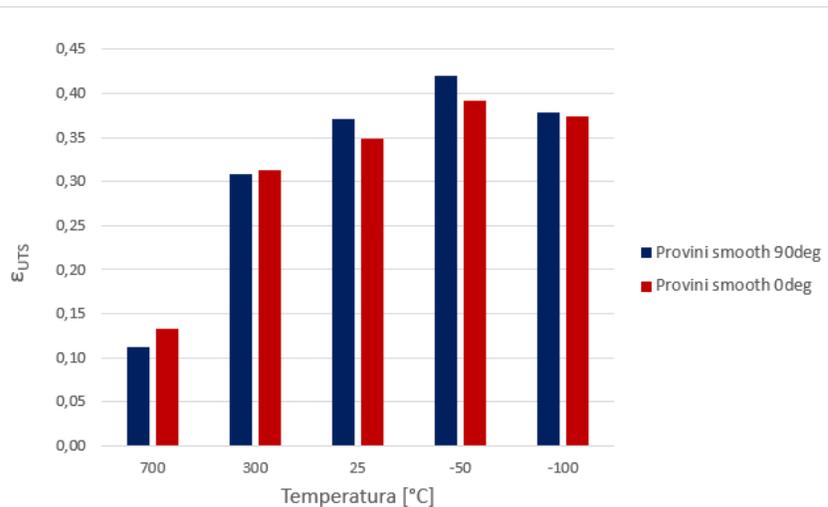
Per ogni direzione di laminazione e temperatura di prova si sono svolte prove di trazione:

- a frattura, con velocità di deformazione  $0,05 \text{ s}^{-1}$ ;
- a UTS, con velocità di deformazione  $0,01 \text{ s}^{-1}$ , al fine di svolgere prove di microdurezza, micrografie e analisi XRD.



Osservazioni:

- flessione curva sforzo deformazione (evidenziata in rosso) per deformazione del 20% per provino -75°C e -100°C;
- picco di deformazione a UTS per -50°C.



**Deformazione reale a UTS:** la deformazione aumenta al diminuire della temperatura con picco a -50°C, inoltre la direzione di laminazione incide in modo trascurabile.

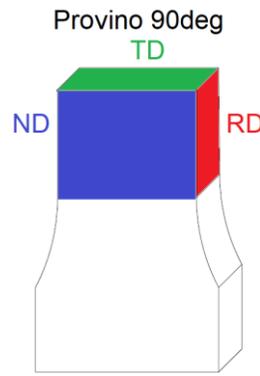
**Deformazione reale a frattura:** la deformazione aumenta all'aumentare della temperatura con picco a 300°C.

Micrografie svolte in seguito ad attacco elettrochimico con acido nitrico ( $\text{HNO}_3$  65%) e tensione di 1V di durata 10 secondi con l'obiettivo di evidenziare i grani austenitici.



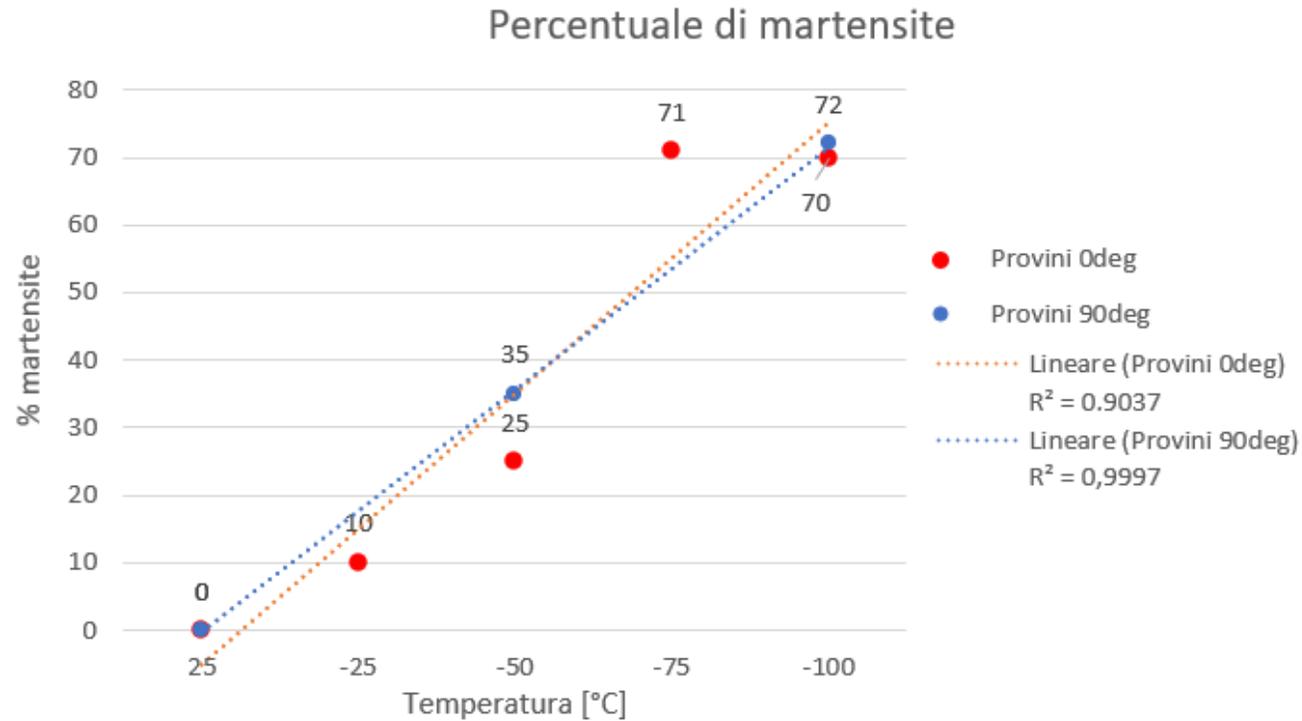
Micrografia provino 700°C 90deg TD

**Micrografia provino rotto a 700°C, 90deg TD**  
Si evidenzia la ricristallizzazione dei grani austenitici.



Micrografia provino 25°C 90deg TD

**Micrografia provino rotto a 25°C, 90deg TD**  
Dalla struttura dei grani si conclude che la lamiera non è stata sottoposta a ricottura in seguito alla laminazione a freddo.

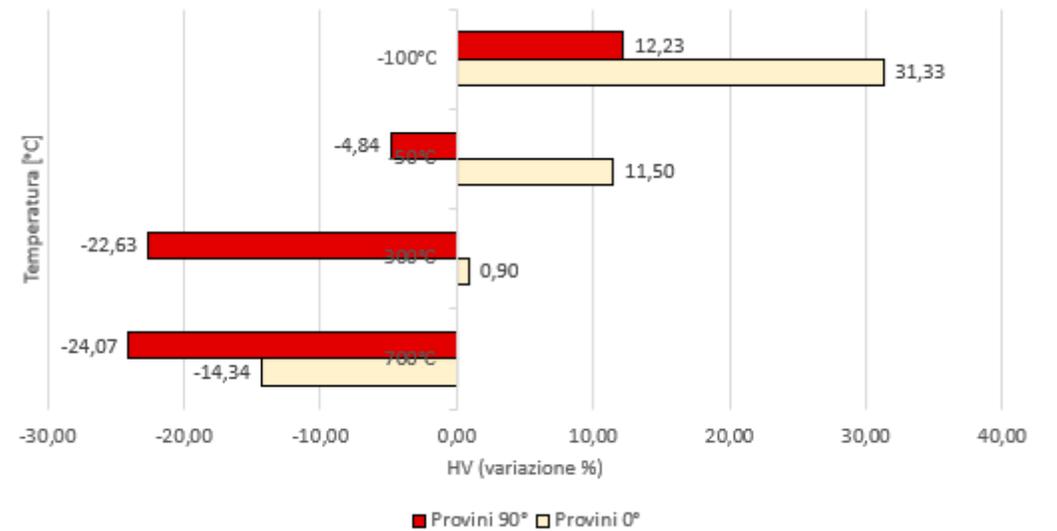
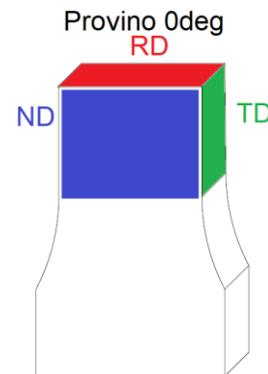
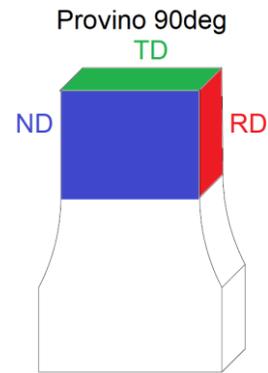
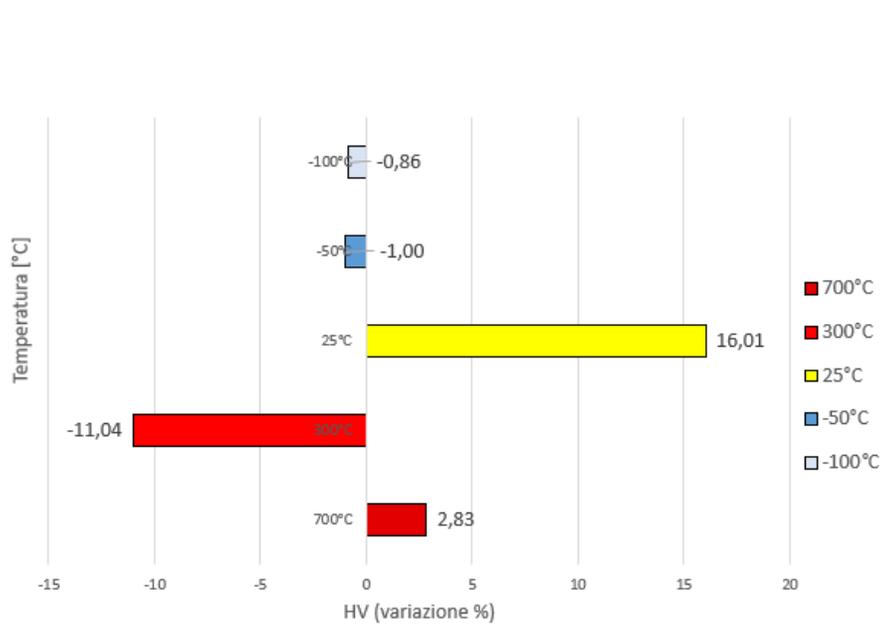


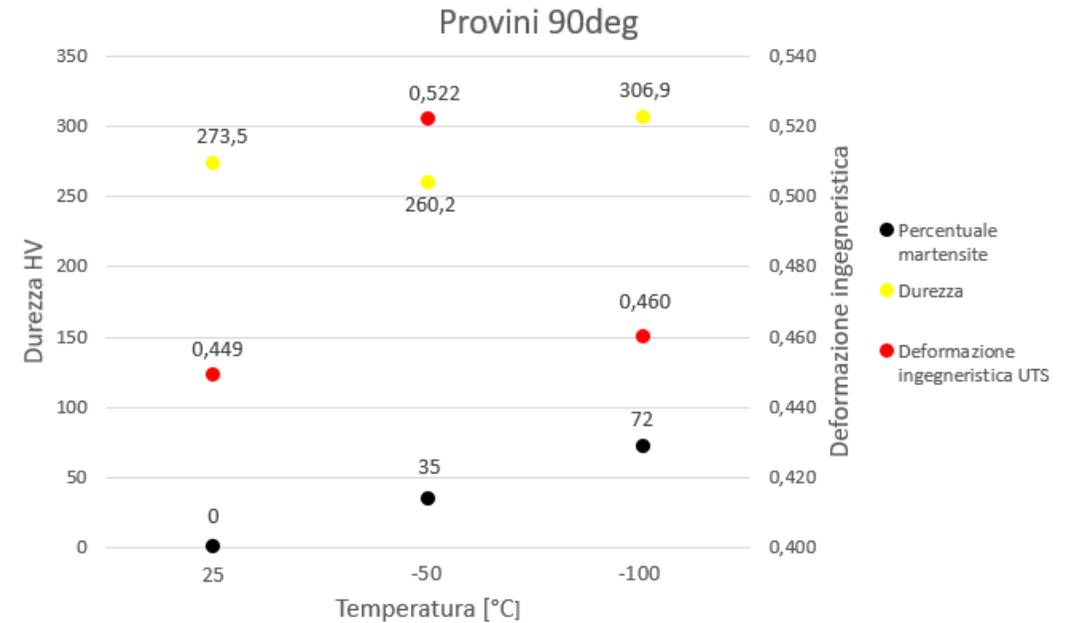
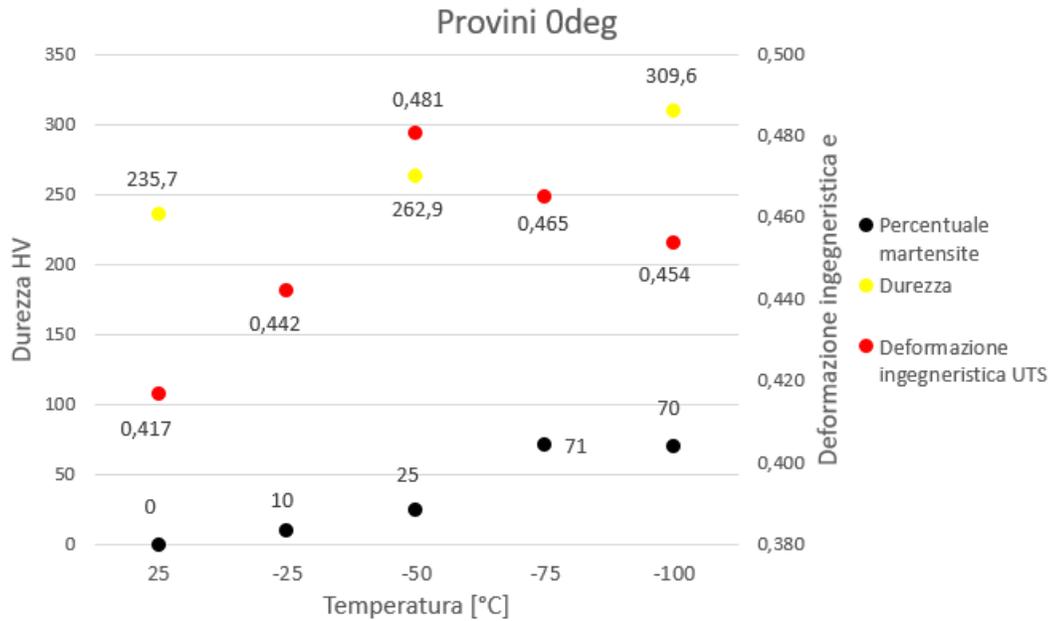
Nei provini deformati a 700°C, 300°C e 25°C non è stata rilevata martensite.

La percentuale di martensite aumenta al diminuire della temperatura di deformazione con andamento lineare.

Le prove di microdurezza sono state svolte secondo la normativa UNI EN ISO 6501-1, con un carico di 50g e permanenza del carico di 30s.

Di seguito è riportato il confronto della durezza tra le superfici del provino 0deg RD e provino 90deg TD.





Dalle prove sperimentali si possono trarre le seguenti conclusioni:

- per una deformazione monoassiale la lamiera ha un incremento di formabilità del 15% alla temperatura di  $-50^{\circ}\text{C}$ ;
- a frattura la deformazione aumenta all'aumentare della temperatura e nella direzione di laminazione.

*Lavori futuri:* svolgere ulteriori prove di trazione e analisi XRD alle temperature di  $-25^{\circ}\text{C}$  e  $-75^{\circ}\text{C}$  per i provini 90deg per poter confrontare i dati sperimentali con i provini 0deg.