

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Chimica e dei Materiali

Relazione per la prova finale
**«Analisi metallurgiche e metallografiche
su campione di acciaio ZF7B»**

Tutor universitario: Prof.ssa Katya Brunelli

Laureando: Filippo Ceron 1230351

Padova, 15/11/2023

È stato svolto un tirocinio presso l'azienda ZF Padova per circa 6 mesi, all'interno del laboratorio metallurgico. Sono state svolte numerose attività riguardanti la caratterizzazione dei materiali metallici, tra le quali: prove meccaniche (di trazione, di durezza, pendolo di Charpy), controlli non distruttivi, analisi metallografiche e controlli chimici.

Viene riportata solo l'attività riguardante le analisi condotte su alcuni provini di acciaio ZF7B. Le analisi sono state effettuate per la valutazione di conformità delle proprietà meccaniche e della microstruttura, in seguito ai trattamenti termici di cementazione, tempra e rinvenimento.

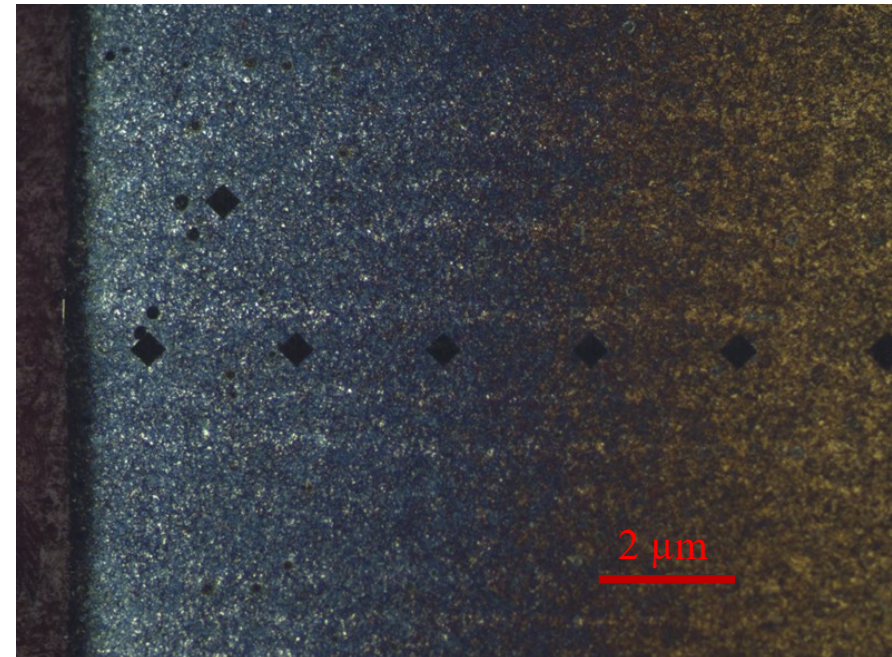
Gli strumenti utilizzati sono principalmente: Microscopio Ottico Metallografico, Quantometro, Macchina a trazione.

Si tratta di un acciaio da bonifica la cui denominazione secondo la normativa UNI EN10027/2 è 16MnCr5. Viene largamente utilizzato nel settore Automotive per via di alcune particolari proprietà quali una buona tenacia abbinata ad una elevata durezza dello strato cementato, una temprabilità medio bassa che garantisce una buona resistenza a nucleo oltre che una elevata lavorabilità una volta ricotto.

2 Chemische Zusammensetzung		2 Chemical composition	
(Massenanteil in %)		(% by mass)	
C = 0,14 bis / to 0,19	Ni ≤ 0,30	Sn ≤ 0,03	
Si ≤ 0,30	B = 0,001 bis / to 0,003	Ti ≤ 0,005	
Mn = 1,20 bis / to 1,50	Cu ≤ 0,30	Ca ≤ 0,003	
P ≤ 0,025	Al = 0,02 bis / to 0,05	Sb ≤ 0,005	
S = 0,010 bis / to 0,025	N ≥ 0,009	O ≤ 0,0025	
Cr = 1,10 bis / to 1,40			

Il provino è stato sottoposto a tutte le varie fasi dell'analisi:

- Taglio
- Controllo del tenore di Carbonio (usando il Quantometro)
- Inglobatura: a caldo con resine epossidiche a $\approx 175^{\circ}\text{C}$ e ≈ 180 bar (6:30 minuti di riscaldamento e 7:00 minuti di raffreddamento)
- Levigatura e Lucidatura: 4 passaggi totali, 3 con granulometria crescente e un ultimo su di un panno con pasta diamantata
- Profilo di Durezza: ottenimento del profilo attraverso una prova Vickers con peso pari a 1 kg ad una certa distanza crescente dalla superficie del campione
- Attacco chimico e visione al Microscopio Ottico: attacco usando Nital 4% per un massimo di 8-10 secondi

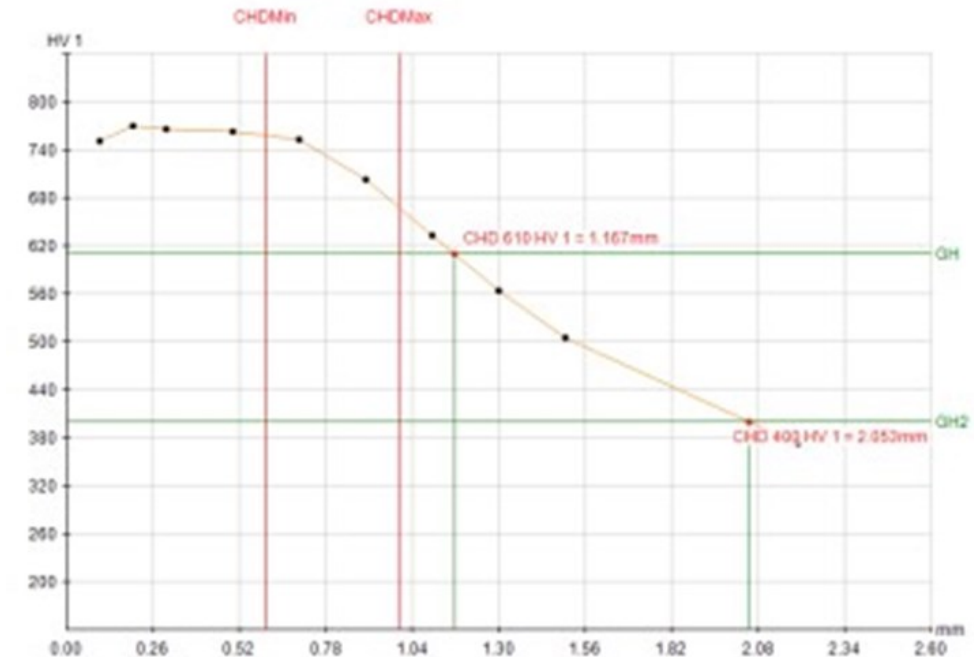


Campione/Sample:	c 575	ODL/Production order:	20917128
Lotto/Lot:		Commessa/Work order:	ZF 065
Pos/Position archive:	789	Colata/Heat:	296538
Materiale/Material:	ZF7B	Descrizione / Description:	Albero Entrata
BRM:		Profondità richiesta / Case depth requested:	0.6+1.0 mm a 610 HV dopo rettifica / after grinding
Disegno / Drawing:	3226302025	Durezza superficiale riscontrata / Surface hardness actual value:	HRC 61
Durezza superficiale richiesta / Surface hardness requested:	HRC 58+62	Durezza a cuore riscontrata / Core hardness actual value:	1038 N/mm²
Durezza a cuore richiesta / Core hardness requested:	> 900 N/mm²	SM / W+ dal minimo della tolleranza / from min. tolerance:	0.30+0.40
Area controllata /Checked point:	Row2(1)		

Eseguite tutte le fasi dell'analisi si è potuto procedere con lo studio dei valori ottenuti confrontandoli con i valori richiesti.

Tutti i range accettabili sono stati rispettati, il trattamento quindi è stato svolto correttamente.

Valori richiesti e riscontrati



Profilo di durezza

Lo Spettrometro ad Emissione Ottica OES fornisce la misura diretta dello spettro tramite rilevazione fotoelettrica descrivendo le emissioni nell'intervallo ottico UV-Vis-IR (120-900 nm).



La radiazione incide sul campione promuovendo la transizione di alcuni elettroni da orbitali più interni a orbitali più esterni portandoli quindi in stato eccitato. Una volta terminata l'eccitazione l'elettrone ritorna nel suo stato fondamentale emettendo l'eccesso di energia assorbita sotto forma di radiazione, la quale è caratteristica dell'elemento e può quindi essere utilizzata per individuare la presenza di uno o più elementi all'interno di una matrice.

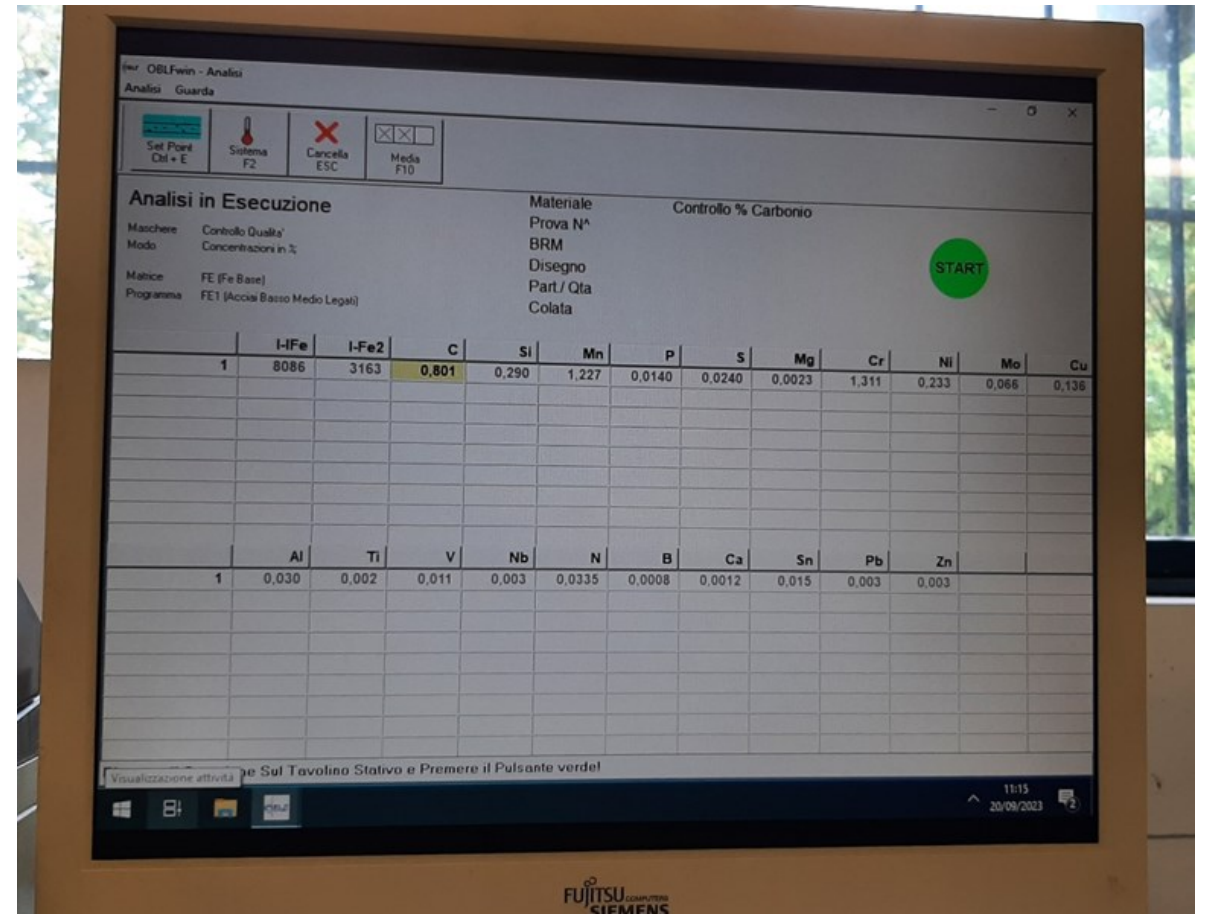
La sorgente della radiazione può essere di differenti tipologie:

- elettrica
- ad arco
- a scintilla

Questa operazione è stata svolta in contemporanea alle prime fasi dell'analisi metallografica; in seguito al taglio del provino si è proceduto a lucidare una delle due metà ottenute.

A questa parte alla quale sono stati rimossi circa 3-5 micron per evitare che asperità o imperfezioni sulla superficie di altro genere potessero compromettere la buona riuscita della spettrometria.

La struttura del materiale ha mostrato un tenore di C al limite dell'accettabile (0.6-0.8) come evidenziato in figura.



Consentono di misurare proprietà di resistenza, elasticità e duttilità di un materiale e sono molto spesso di carattere distruttivo.

I risultati di queste prove forniscono grandezze note come caratteristiche meccaniche che sono da considerarsi come proprietà intrinseche dei materiali e quindi generalmente indipendenti da forma e dimensioni (a parità di altre condizioni).

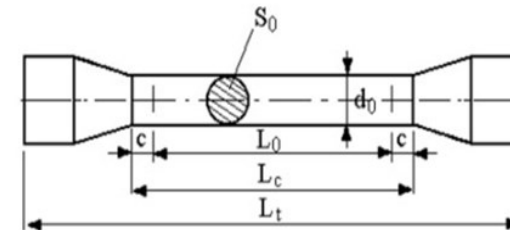
La durezza è definita come la resistenza che un materiale oppone alla penetrazione statica da parte di un materiale più duro, secondo una compressione localizzata. La penetrazione statica si suddivide in macrodurezza quando coinvolge un “grande” volume di materiale e microdurezza quando coinvolge un “piccolo” volume di materiale.

Ogni metodo usa un diverso penetratore e un valore diverso del carico. Se, su uno stesso materiale, eseguiamo prove di durezza con metodi differenti, otteniamo indici differenti. Perciò, nel fornire gli indici di durezza dei materiali, è necessario indicare sempre il tipo di prova effettuata: HB (Brinell), HR (Rockwell), HV (Vickers).

La prova di trazione statica è regolata dalla Normativa UNI EN 10002-92. Le informazioni che si possono ottenere sono sulle proprietà di resistenza e di deformabilità dei materiali metallici.

Il principio su cui si basa la prova di trazione statica è l'applicazione di un carico di trazione (uniassiale) lento e graduale fino a rottura.

Un materiale metallico soggetto a sforzo monoassiale si comporta in modo diverso in relazione all'entità dello sforzo stesso: questo dipende dalla reazione opposta dai singoli cristalli e dalle loro reciproche interazioni.



$$L_0 = K \cdot \sqrt{S_0}$$

$$K = 5.65$$

(UNI e EURONORM)

Questa prova ci permette di ottenere importanti informazioni:

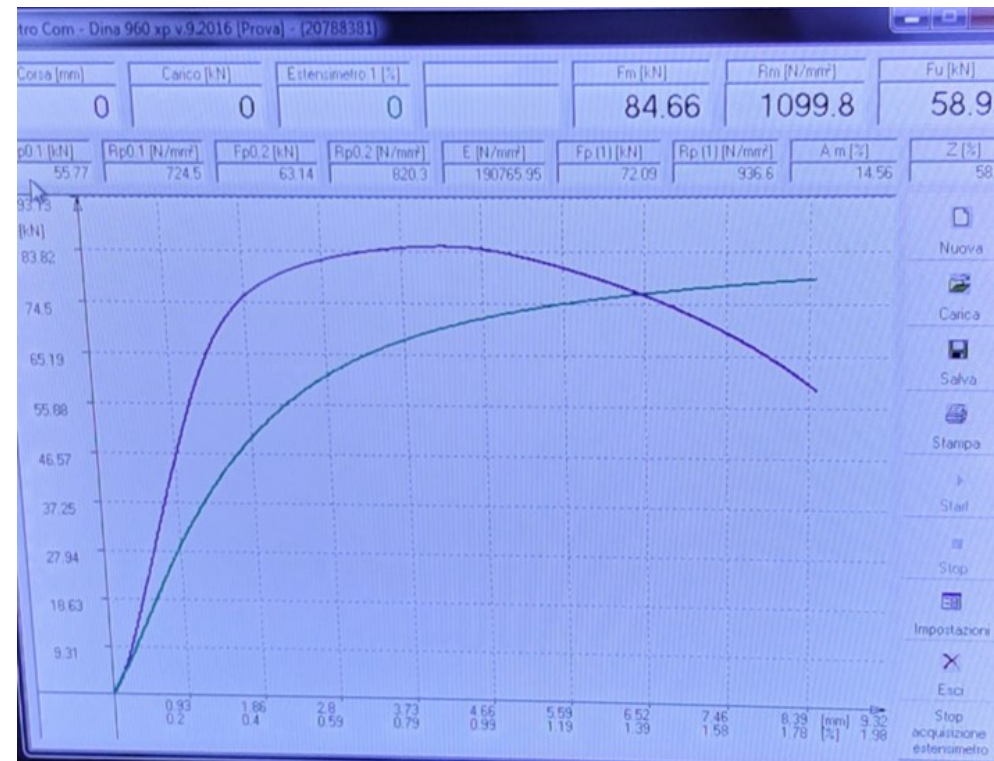
- $R_{p0.2}$ → Carico unitario al limite della deformazione permanente allo 0.2%
- A_m → Allungamento percentuale dopo rottura
- Z → Strizione percentuale
- R_m → Carico unitario massimo di rottura o resistenza alla trazione

- tratto utile di lunghezza iniziale L_0
- tratto calibrato di lunghezza $L_c = L_0 + (0.5 \div 2) \cdot d_0$
- le teste sono le estremità delle provette che consentono il serraggio e lo stiramento da parte delle macchine
- provette di sezione circolare (nominale corta) → $L_0 = 5 \cdot d_0$
- provette di sezione rettangolare (n. corta) → $L_0 = 5.65 \cdot \sqrt{a_0 \cdot b_0}$



Al seguito della prova si sono ottenuti i seguenti risultati:

- $R_{p0.2} \rightarrow 820.3 \text{ N/mm}^2$
- $A_m(\%) \rightarrow 14.56$
- $Z(\%) \rightarrow 58.7$
- $R_m \rightarrow 1099.8 \text{ N/mm}^2$



Dalle analisi condotte sui provini di acciaio ZF7B e direttamente sui manufatti si è potuto definire che:

- Tutti i valori riscontrati dalle analisi metallografiche e meccaniche riportate precedentemente sono in linea con le richieste.
- Sebbene il tenore di Carbonio riscontrato in superficie fosse al limite dell'accettabile questo non ha compromesso l'integrità del pezzo e di conseguenza le sue proprietà meccaniche. Questo valore potrebbe essere stato causato da un eccessivo tempo all'interno del forno, da una rimozione superficiale inferiore al dovuto di materiale o ad un errore di lettura della macchina.
- Anche dopo una attenta analisi al Microscopio Ottico si è notata una microstruttura prevalentemente martensitica con un quantitativo di Austenite residua inferiore al limite massimo.

I campioni quindi possono essere definiti accettabili e proseguire verso i centri di produzione successivi

GRAZIE PER L'ATTENZIONE