

Istituto Professionale Statale

Industria e Artigianato

“Giovanni Giorgi”

Verona

Esperienze ed esercitazioni

di Tecnologia e Laboratorio

Meccanico di una quarta

prof. Paolo Latella

con il supporto e la consulenza

del prof. Eugenio Jeradi (per la parte teorica) e

del prof. Agazio Geracitano (per la parte pratica di Laboratorio)

Indice

Classe quarta

Modulo 1 (15 ore) - *Metrologia e controllo di tolleranze*

Modulo 2 (69 ore) - Percorso didattico *“Trattamenti termici e influenza sulle proprietà meccaniche dei materiali metallici”*



Pag. 3 - **Modulo 1** - Controllo delle tolleranze dimensionali con i millesimetri



Pag. 5 - **Modulo 1** - Controllo delle tolleranze dei calibri fissi



Pag. 14 - **Modulo 2** - Percorso didattico *“Trattamenti termici e influenza sulle proprietà meccaniche dei materiali metallici”*



Pag. 19 - **Modulo 2 - A) La tempra.**



Pag. 20 - **Modulo 2 - B) La tempra e le prove di durezza Brinell, Vickers e Rockwell. Esecuzione e risultati delle prove.**



Pag. 33 - **Modulo 2 - C) La ricottura.**



Pag. 34 - **Modulo 2 - D) La tempra e la prova Jominy. La ricottura. Esecuzione e risultati delle prove.**



Pag. 44 - **Modulo 2 - E) Il rinvenimento e la bonifica.**



Pag. 45 - **Modulo 2 - F) Il rinvenimento e la bonifica e la prova di trazione. Esecuzione e risultati della prova.**



Pag. 50 - **Modulo 2 - G) La prova di resilienza. Esecuzione e risultati della prova.**

Tutti i dati rilevati, contenuti nelle varie tabelle, si riferiscono ai risultati delle prove effettuate, nel Laboratorio tecnologico, nell'anno scolastico 2007/2008, con la classe 4^aA e con gli insegnanti Jeradi e Geracitano.



Conoscenze necessarie: Le tolleranze dimensionali e le modalità di funzionamento dei millesimetri. La modalità di composizione e di uso dei blocchetti piano paralleli.

Materiale necessario: Millesimetro meccanico

Millesimetro ottico

Millesimetro elettronico

Blocchetti piano paralleli

Tabella ISO delle tolleranze

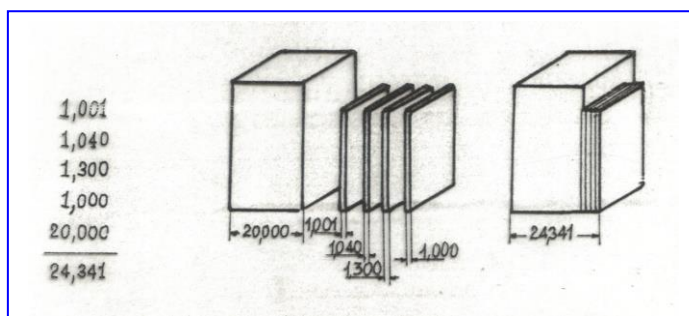
Pezzi campione (*in tolleranza, fuori tolleranza da scartare o da recuperare*)

Guanti

Scheda di controllo n. 1

Modalità di lavoro: La classe è divisa in gruppi di 4/5 allievi. Ogni allievo ha in dotazione un paio di guanti da utilizzare durante l'esperienza.

Procedura: S'inizia illustrando, le modalità d'utilizzazione e composizione dei blocchetti piano paralleli. In funzione dell'esercitazione, si fa vedere come si può ottenere una data dimensione sommando più blocchetti, spiegando in tal senso che è necessario partire dalla cifra significativa più piccola utilizzando il minor numero di blocchetti. Riguardo alle modalità di composizione, i blocchetti, dopo la pulitura, si dispongono a croce procedendo poi all'allineamento con una rotazione di 90° e terminando con una leggera pressione.

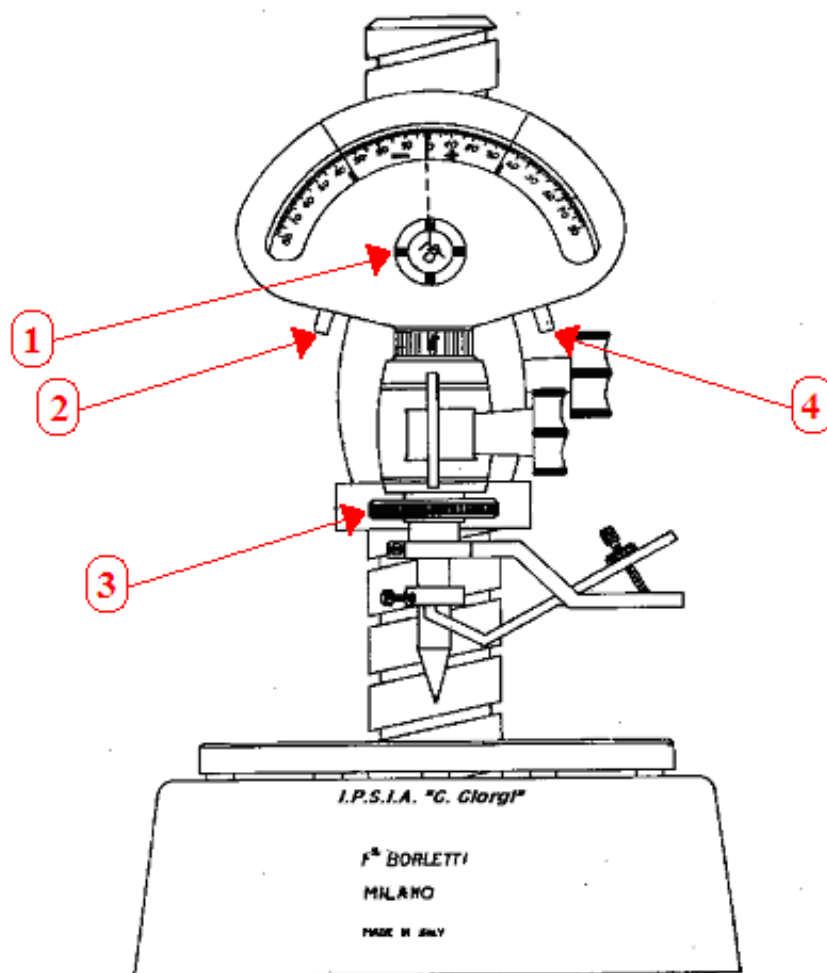


Avendo a disposizione una serie completa, da 1,01 a 1,49, si può limitare il numero di blocchetti impiegati.

1,002
1,430
5,500
30,000

37,932

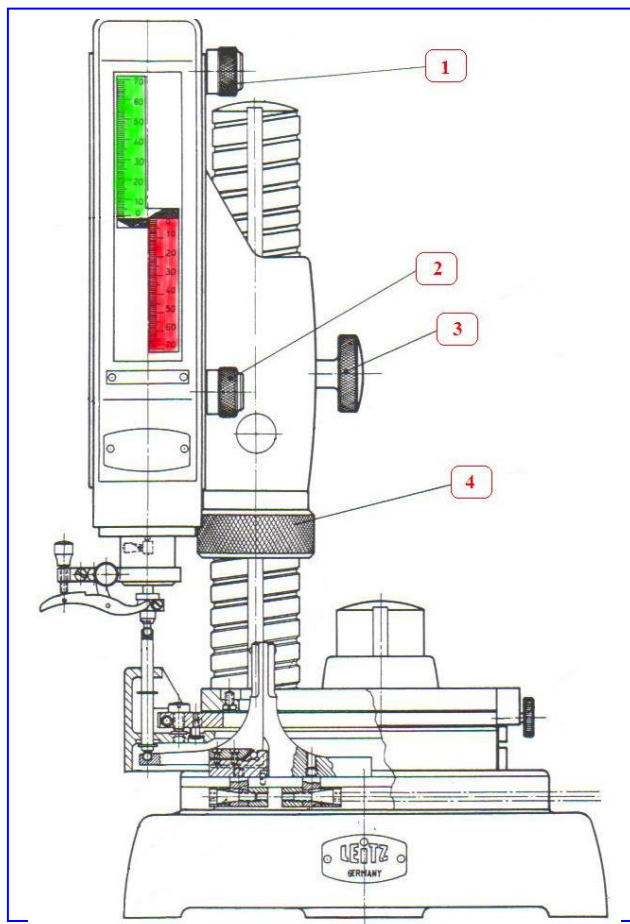
Acquisita la necessaria dimestichezza con i blocchetti, si passa alla spiegazione della modalità d'utilizzo del millesimetro meccanico. Si fa vedere il campo di misura, pari a $\pm 0,10$ mm, l'approssimazione pari a $0,001$ mm, le due levette (1) per impostare il campo di tolleranza, i dispositivi per l'azzeramento, tramite lo spostamento della lancetta (2) e lo spostamento del quadrante (4), e le modalità di spostamento del tastatore (3).



Si prende il primo pezzo campione, ad esempio un parallelepipedo 30 f 8. Si compone con i blocchetti una dimensione uguale alla nominale, cioè 30 mm e si procede a sistemare tale blocchetto sotto la punta del tastatore. Quando il tastatore è a contatto con la superficie del blocchetto si fa scendere il tastatore, in modo da dare la carica, necessaria ad assicurare sempre un contatto con le superfici dei pezzi campione. Dopo la carica si azzerava il millesimetro. Gli allievi dovranno a questo punto fare, utilizzando la tabella ISO e la scheda di controllo, il calcolo dimensionale del pezzo campione trovando la tolleranza, gli scostamenti inferiore e superiore e la dimensione minima e massima del pezzo. Conosciuti gli scostamenti s'imposta sul millesimetro il campo di tolleranza e, togliendo i blocchetti, si posiziona sotto il tastatore il pezzo campione. Si ripete la stessa procedura per gli altri pezzi campione previsti dall'esperienza.



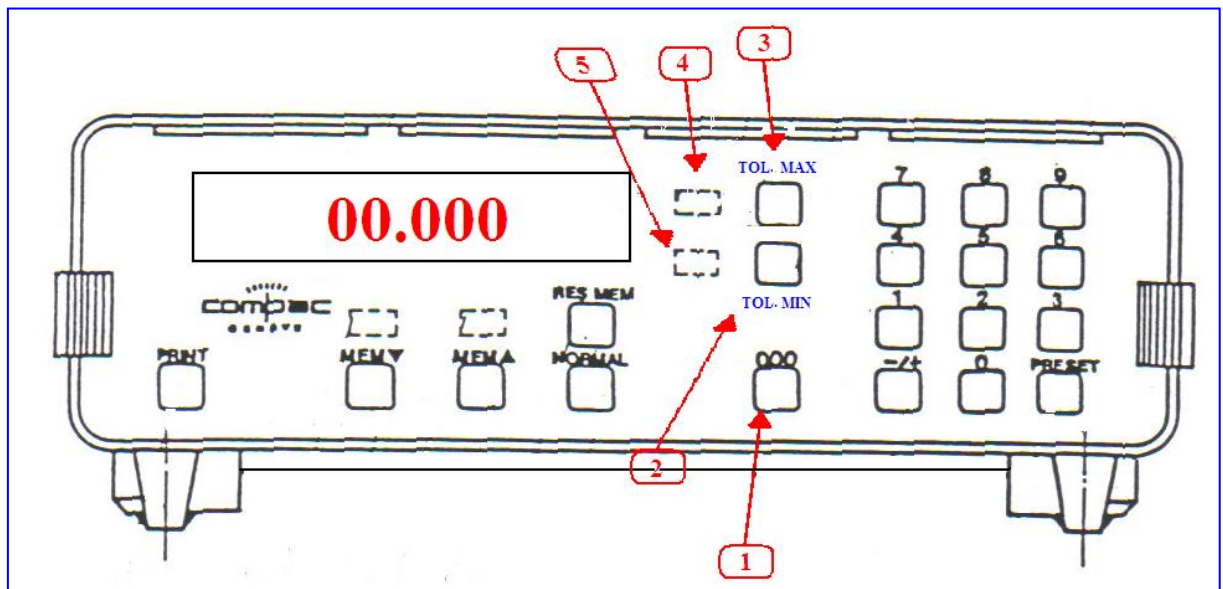
A tale proposito, nel Laboratorio Tecnologico, esiste una serie di pezzi campione, realizzati per l'esperienza.



La stessa procedura si applicherà con il millesimetro ottico. Si fa vedere il campo di misura, pari a $\pm 0,07 \text{ mm}$, l'approssimazione pari a $0,001 \text{ mm}$, i due dispositivi (1-2) per impostare il campo di tolleranza, e i dispositivi per l'azzeramento e lo spostamento del tastatore (3-4).

L'apparizione della mascherina verde indicherà che il pezzo campione è fuori tolleranza ma è recuperabile, la mascherina rossa invece indicherà che il pezzo campione è fuori tolleranza e non è recuperabile. Se non si illuminano nessuna delle due mascherine vuol dire che il pezzo è nella tolleranza prevista.

L'ultimo controllo si effettuerà con il millesimetro digitale. La procedura è, in questo caso, leggermente diversa. Si prende il primo pezzo campione, si compone con i blocchetti una dimensione uguale alla nominale e si procede a sistemare tale blocchetto sotto la punta del tastatore. Quando il tastatore è a contatto con la superficie del blocchetto si fa scendere il tastatore, in modo da dare la carica. Dopo la carica si azzerò il millesimetro premendo il tasto **(1)**, sul display apparirà **00.000**, (essendo lo strumento approssimato a **0,001 mm**). Gli allievi dovranno, a questo punto, comporre, con i blocchetti, la dimensione minima e, ponendo tali blocchetti sotto il tastatore, premere il tasto tolleranza minima **(2)**, lo stesso faranno con la dimensione massima premendo il tasto tolleranza massima **(3)**. Dopo, si posiziona sotto il tastatore il pezzo campione. Se il pezzo campione è fuori tolleranza si accenderanno le spie luminose **(4) (5)** ad indicare la misura sopra la tolleranza massima o sotto quella minima. Si ripete la stessa procedura per gli altri pezzi campione previsti dall'esperienza.





Conoscenze necessarie: Le tolleranze dimensionali dei calibri fissi

Materiale necessario: Millesimetro elettronico

Blocchetti piano paralleli

Tabella ISO delle tolleranze

Calibri fissi a tampone per fori

Calibro piatto da aggiustaggio per il controllo di forcelle

Guanti

Scheda di controllo n. 2

Modalità di lavoro: Ogni allievo ha in dotazione un paio di guanti da utilizzare durante l'esperienza.

Procedura: Gli allievi dovranno fare, utilizzando la tabella ISO e la scheda di controllo, il calcolo dimensionale dei calibri fissi a tampone per fori trovando la tolleranza di fabbricazione dei calibri (**H**), la posizione della tolleranza del lato passa nuovo (**z**), i limiti di logoramento del lato passa (**y**), il diametro del lato non passa minimo (**D_{NP min}**) e massimo (**D_{NP max}**), il diametro del lato passa nuovo minimo (**D_{P min nuovo}**) e massimo (**D_{P max nuovo}**) e il diametro del lato passa logoro minimo (**D_{P min log}**). Al termine del calcolo dimensionale, dei calibri fissi a tampone per fori, gli allievi dovranno fare il calcolo dimensionale e il controllo, con il millesimetro, di un calibro piatto da aggiustaggio usato per il controllo di forcelle. Il suddetto controllo verificherà se le dimensioni, del calibro piatto, dal lato **NP** sono all'interno del campo di tolleranza $D_{NP \min} \div D_{NP \max}$, più importante è verificare poi se le dimensioni, del calibro piatto, dal lato **P** sono all'interno del campo di tolleranza $D_{P \min nuovo} \div D_{P \max nuovo}$. Nell'ipotesi che la dimensione, del calibro piatto, dal lato **P** risulti inferiore al **D_{P min nuovo}** si dovrà verificare tale dimensione rispetto al **D_{P min log}**. Il valore **y** del **D_{P min log}** allarga il campo di tolleranza permettendo dimensioni minori del **D_{P min nuovo}**.

Verifica: L'esercitazione prevede l'utilizzo delle schede di controllo n°1 e n°2. Le suddette schede verificheranno, durante lo svolgimento delle due esercitazioni, la conoscenza relativa al controllo delle tolleranze dimensionali con i millesimetri e quella relativa al controllo delle tolleranze dei calibri fissi. A tale proposito, nel Laboratorio Tecnologico, esiste una serie di calibri fissi a tampone per fori.



Calibro piatto da aggiustaggio per il controllo di forcelle

Esperienza sull'uso dei millesimetri, per il controllo delle tolleranze dimensionali

Scheda n. 1

Calcolo dimensionale con tabella ISO

Calcolo dimensionale con tabella ISO								
Elemento								
Tolleranza								
Scostamenti	es							
Scostamenti	ei							
Dimensione max								
Dimensione min								
Controllo della tolleranza degli elementi con il millesimetro ottico, meccanico e digitale								
Valore misurato								
In tolleranza								
Fuori tolleranza e da scartare								
Fuori tolleranza ma recuperabile								

Esperienza sull'uso dei millesimetri, per il controllo delle tolleranze dei calibri

Scheda n. 2

Calcolo dimensionale

Calibro fisso a tampone per fori						
(H) Tolleranza di fabbricazione dei calibri						
(z) Posizione della tolleranza del lato passa nuovo						
(y) Limiti di logoramento del lato passa						
D_{NP min}						
D_{NP max}						
D_{P min nuovo}						
D_{P max nuovo}						
D_{P min log}						

Calcolo dimensionale

Calibro fisso a tampone per fori						
(H) Tolleranza di fabbricazione dei calibri						
(z) Posizione della tolleranza del lato passa nuovo						
(y) Limiti di logoramento del lato passa						
D_{NP min}						
D_{NP max}						
D_{P min nuovo}						
D_{P max nuovo}						
D_{P min log}						



Controllo della tolleranza di un calibro piatto con il millesimetro digitale						
Calibro piatto da aggiustaggio per il controllo di forcelle	Dimensioni limite del calibro	Dimensione misurata con il millesimetro			In tolleranza	Fuori tolleranza
(H) Tolleranza di fabbricazione dei calibri						
(z) Posizione della tolleranza del lato passa nuovo						
(y) Limiti di logoramento del lato passa						
$D_{NP \min}$						
$D_{NP \max}$						
$D_P \min$ nuovo						
$D_P \max$ nuovo						
$D_P \min$ log						

Calcolo dimensionale con tabella ISO								
Elemento								
Tolleranza								
Scostamenti	es							
Scostamenti	ei							
Dimensione max								
Dimensione min								

Valore misurato								
In tolleranza								
Fuori tolleranza e da scartare								
Fuori tolleranza ma recuperabile								

Scheda n.2

Calcolo dimensionale						
Calibro fisso a tampone per fori	Ø16H7 Ei= 0 Es=18	Ø20H7 Ei= 0 Es=21	Ø4H7 Ei= 0 Es=12	Ø8H7 Ei= 0 Es=15	Ø12H7 Ei= 0 Es=18	Ø20H8 Ei= 0 Es=33
(H) Tolleranza di fabbricazione dei calibri						
(z) Posizione della tolleranza del lato passa nuovo						
(y) Limiti di logoramento del lato passa						
D _{NP} min						
D _{NP} max						
D _P min nuovo						
D _P max nuovo						
D _P min log						

Calcolo dimensionale						
Calibro fisso a tampone per fori	Ø10H7 Ei= 0 Es=15	Ø5H7 Ei= 0 Es=12	Ø6H7 Ei= 0 Es=12	Ø14H7 Ei= 0 Es=18	Ø3H7 Ei= 0 Es=10	Ø26H8 Ei= 0 Es=33
(H) Tolleranza di fabbricazione dei calibri						
(z) Posizione della tolleranza del lato passa nuovo						
(y) Limiti di logoramento del lato passa						
D _{NP} min						
D _{NP} max						
D _P min nuovo						
D _P max nuovo						
D _P min log						

Controllo della tolleranza di un calibro piatto con il millesimetro digitale

Calibro piatto da aggiustaggio per il controllo di forcelle	Dimensioni limite del calibro 25H7	Dimensione misurata con il millesimetro			In tolleranza	Fuori tolleranza
(H) Tolleranza di fabbricazione dei calibri						
(Z) Posizione della tolleranza del lato passa nuovo						
(y) Limiti di logoramento del lato passa						
$D_{NP \text{ min}}$						
$D_{NP \text{ max}}$						
$D_P \text{ min nuovo}$						
$D_P \text{ max nuovo}$						
$D_P \text{ min log}$						

Punteggi:

Numero test	Risposte esatte	% risposte esatte	Punteggio in centesimi
160	da 0 a 160	dal 0 al 100%	da 0 a 100
<i>Esempio</i>	67	41.8%	42

Fascia di attribuzione del punteggio

Punteggio in centesimi	Voto in decimi
0-27	2.5
28-32	3
33-37	3.5
38-42	4
43-47	4.5
48-52	5
53-57	5.5
58-62	6
63-67	6.5
68-72	7
73-77	7.5
78-82	8
83-87	8.5
88-92	9
93-97	9.5
98-100	10



Percorso didattico



Trattamenti termici e influenza sulle proprietà meccaniche dei materiali metallici

Tipologia

Si tratta di una serie d'esercitazioni legate da un filo conduttore comune. I materiali utilizzati, l'articolazione temporale, gli obiettivi, le conoscenze dipendono dal percorso didattico scelto.

Articolazione temporale



Lezione	Ore
A	6
B	18
C	3
D	12
E	6
F	18
G	6

Strumenti

Provette, dispense, normativa UNI, truschino, calibro, micrometro, durometro, pendolo di Charpy, congelatore, macchina universale per prova di trazione, forno elettrico a muffola, microscopio metallografico, attrezzatura per prova Jominy e lappatrice, acido Nital, pipetta, pinza, dischi con tela abrasiva di carburo di silicio, pasta diamantata, dischi vellutati, spatola, alcool denaturato, liquido per pasta diamantata, microscopio d'officina, proiettore di profili, contenitore metallico, polvere di ghisa, bidone, D.P.I. (occhiali protettivi, guanti e camice).

Connessioni interdisciplinari

Le discipline coinvolte sono Meccanica, Tecnologia, Fisica e Matematica.

Contesto scolastico Allievi di una classe quarta. Approfondimento degli obiettivi didattici in una quarta a indirizzo meccanico.

Risorse **Collaboratori:** il personale ATA, indispensabile nella preparazione delle provette per le esercitazioni.

Budget: Il costo maggiore riguarda l'acquisto della pasta metallografica per la lucidatura delle provette.

Contestualizzazione curricolare Le lezioni fanno riferimento a una programmazione didattica disciplinare, con il modello della programmazione per obiettivi.

Prerequisiti Conoscere i costituenti strutturali delle ghise e degli acciai, conoscere le temperature di trasformazione degli acciai, saper interpretare il diagramma Fe-Fe₃C, conoscere la classificazione delle ghise e degli acciai.

Sapere	Obiettivi didattici	Saper fare – Saper essere
A) La tempra.		C O N S C E N Z E
B) La tempra e le prove di durezza Brinell, Vickers e Rockwell secondo la normativa UNI EN.		
C) La ricottura.		
D) La tempra e la ricottura e la prova Jominy secondo la normativa UNI EN e i parametri inerenti la prova.		
E) Il rinvenimento e la bonifica		
F) Il rinvenimento e la bonifica e la prova di trazione secondo la normativa UNI EN.		
G) La prova di resilienza, secondo la normativa UNI EN.		

Impostare, preparare ed effettuare i trattamenti termici principali e determinare, tramite prove secondo le norme UNI e analisi metallografica, le caratteristiche prodotte dai trattamenti.

Interpretare i risultati dei trattamenti termici principali e dell'analisi metallografica elaborando una relazione scritto-grafica.



Individuare il trattamento termico adatto a modificare le proprietà meccaniche dei materiali metallici e adatto all'impiego del materiale.

Sapere che tipo di prova eseguire per individuarne le nuove caratteristiche.

Livello del principiante avanzato. L'allievo conosce la designazione e la costituzione degli acciai e delle ghise, conosce le celle elementari dei metalli, sa interpretare un diagramma di equilibrio per poter conoscere successivamente il diagramma Fe-Fe₃ C, conosce in modo non approfondito le temperature di trasformazione degli acciai, conosce in modo approfondito le proprietà meccaniche dei materiali e le prove adatte a determinarle.



Livello della competenza base. L'allievo sceglie e applica il trattamento termico più adatto in funzione del tipo e dell'uso del materiale metallico. L'allievo stabilisce delle connessioni significative, tra trattamenti termici principali e proprietà meccaniche dei materiali, in funzione della progettazione di lavorazioni meccaniche e per ottimizzare i cicli di lavorazione.

Obiettivi educativi

Rispetto nei confronti dei propri compagni di classe e di tutto il personale impiegato.
Sviluppo del senso della solidarietà in particolare verso i compagni più deboli. Favorire la socializzazione, il confronto e la collaborazione tramite la cooperazione laboratoriale.
Rispetto della struttura, delle attrezzature e del materiale scolastico.

Verifiche e valutazioni e attività di recupero e sostegno

Le verifiche saranno sia **Formative** che **Sommative**. Le prime serviranno a visualizzare il livello della classe e le eventuali lacune da parte degli allievi. Ci saranno interventi con attività di recupero effettuati in laboratorio tramite esercitazioni specifiche, lavori di gruppo e studio individuale guidato dall'insegnante. Si utilizzerà una griglia in cui sono riportate le azioni da perseguire in funzione dei risultati ottenuti dalla classe. Le verifiche **Sommative** serviranno ad accertare il livello di preparazione raggiunto dall'allievo.

Nello svolgimento delle esercitazioni di Laboratorio tecnologico sarà privilegiato il lavoro di gruppo, seguito dalla stesura della relazione tecnica individuale. Le verifiche saranno svolte singolarmente mediante esercitazioni pratiche e prove scritte contenenti quesiti di differenti tipologie.

Griglia risultati **Verifiche Formative**

Risultati	Azione
Buoni per il 75% della classe .	Si prosegue con la metodologia didattica.
Mediocri per il 75% della classe. Presenza di errori comuni.	Attuare degli approfondimenti sugli errori, frequenti e comuni, in modo che la classe raggiunga lo stesso livello.
Accettabili per una piccola parte della classe.	Cambiare, in parte, la metodologia didattica rinforzandola, verso gli allievi in difficoltà, con attività di recupero.
Negativi per gran parte della classe	Cambiare totalmente la metodologia didattica.

Griglia risultati **Verifiche Formative**

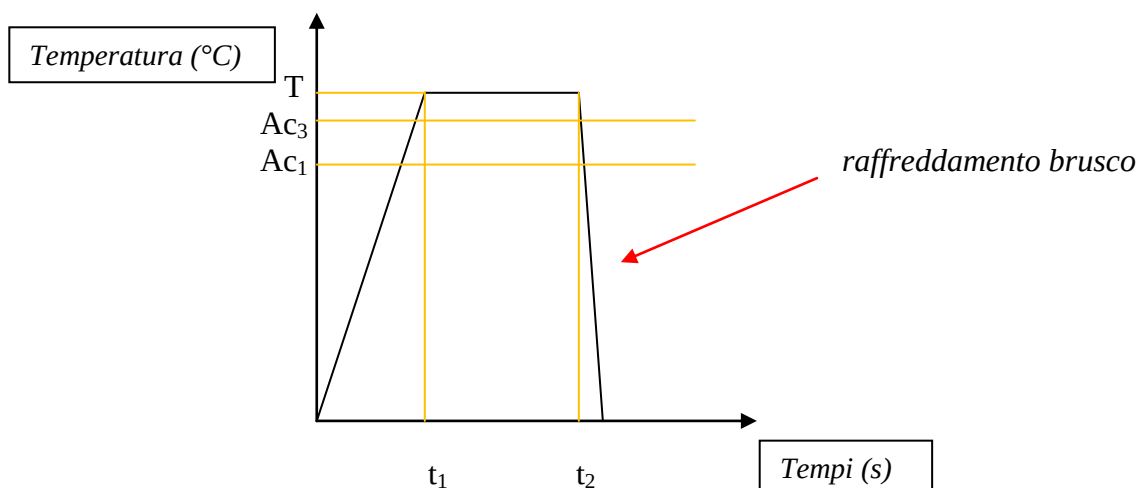
Lavoro	Obiettivo	Risultato	Voto
L'allievo non possiede alcuna conoscenza né le competenze basilari della disciplina.	Non raggiunto	Gravemente insufficiente	1-2
Possiede qualche nozione isolata e scarsissime competenze.	Non raggiunto	Insufficiente	3
Dimostra una scarsa conoscenza degli argomenti. Possiede qualche capacità, che però utilizza in un quadro confuso e disorganico.	Non raggiunto	Insufficiente	4
Conoscenze e competenze pratiche superficiali.	Parzialmente raggiunto	Mediocre	5
Conosce gli aspetti essenziali degli argomenti affrontati.	Sufficientemente raggiunto	Sufficiente	6
Conosce i contenuti dell'unità didattica in modo corretto. Possiede capacità di analisi e di sintesi che riesce a esprimere in un quadro abbastanza organico.	Raggiunto	Discreto	7
Conosce con sicurezza gli argomenti affrontati. Sa tradurre le capacità acquisite in competenze, utilizzando anche in maniera personale i linguaggi specifici delle diverse discipline.	Pienamente raggiunto	Buono	8
Padroneggia conoscenze e capacità che struttura in modo organico e autonomo. Possiede le competenze per affrontare situazioni nuove e dimostra una personale e critica organizzazione del sapere.	Pienamente raggiunto	Ottimo	9-10

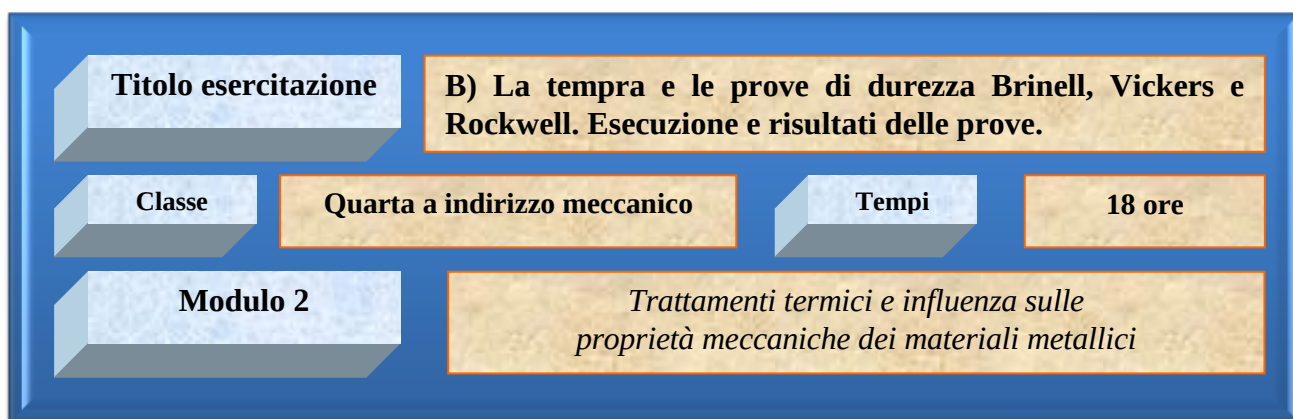


Si tratta di un trattamento termico che serve, in generale, a conferire all'acciaio maggior durezza, infatti l'acciaio è tanto più temprabile quanto maggiore è la durezza acquistata con la tempra, inoltre si riesce ad ottenere un elevato carico di rottura, resistenza all'usura, ed elevata resistenza alle sollecitazioni di fatica, di conseguenza tale acciaio subirà una diminuzione sia della resilienza sia dell'allungamento ovvero acquisterà un'elevata fragilità, per migliorare queste ultime qualità si interverrà poi con un trattamento termico di rinvenimento. Il trattamento termico di tempra consiste nel riscaldare lentamente (circa un'ora) l'acciaio a una temperatura superiore di $30^\circ - 50^\circ$ ad Ac_3 per acciai ipoeutetoidi (con percentuale di carbonio inferiore allo 0,80) ovvero temperatura di austenizzazione in cui il ferro contenuto nell'acciaio passa dalla fase α alla fase γ , e sopra Ac_1 per acciai ipereutetoidi.

Vista la curva di Ac_3 sul diagramma Ferro-Carbonio dove si trova tutta austenite si deduce che per gli acciai ipoeutetoidi la temperatura di tempra è in funzione della percentuale di carbonio. Successivamente si lascia l'acciaio il tempo necessario che la struttura si trasformi in austenite, in genere circa un'ora per ogni 30-50 mm di spessore, subito dopo si effettua un brusco raffreddamento in acqua, con questo procedimento l'austenite formatasi alla temperatura di tempra si trasformerà in una particolare struttura di elevata durezza chiamata martensite.

Ciclo termico per acciai con tenore di carbonio $C < 0,8\%$

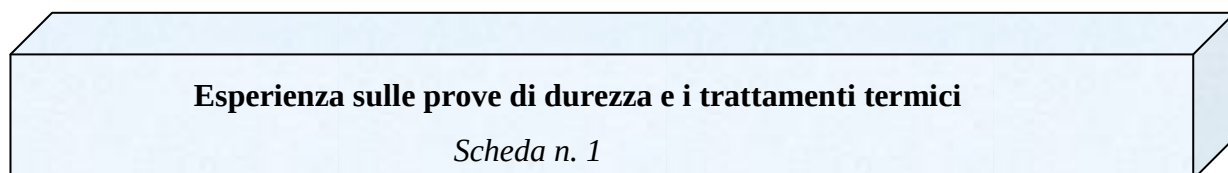




Conoscenze necessarie: Gli aspetti teorici del trattamento termico di tempra. Le prove di durezza, sia dal punto di vista teorico che pratico, essendo parte del programma di una classe prima.

Materiale necessario: Provette, scheda di Laboratorio, durometro, microscopio d'officina, microscopio metallografico, proiettore di profili, tela abrasiva, forno elettrico a muffola, pinza, acido NITAL, fono, pipetta, lappatrice, contenitore metallico, polvere di ghisa, bidone, dischi con tela abrasiva di carburo di silicio, alcool denaturato, spatola, dischi vellutati, pasta diamantata, liquido per pasta diamantata, D.P.I. (occhiali protettivi, guanti e camice).

Modalità di lavoro: A ogni allievo è consegnata una scheda e due provette.



Scopo della prova

Trarre indicazioni, attraverso le prove di durezza **HRC**, **HV** e **HBS**, sul comportamento del materiale **C40** sottoposto al trattamento termico di tempra. Capire tramite le prove e con l'esame metallografico la differenza di durezza dell'acciaio. Analizzare le caratteristiche meccaniche dell'acciaio, in questo caso la durezza, prima e dopo il trattamento termico.

Provette utilizzate

Provette non unificate, cilindriche con diametro di **16 mm**, tagliate da barra e con le due superfici spianate tramite lavorazione alla fresa.

Identificazione delle provette

Sigla provette	
A	Provette da barra
B	Provette da barra da temperare in acqua

Tabella con i risultati delle prove

Sigla provette	n° impronta	HRB	HRC
A	1		
	2		
	3		
	Media		
B	1		
	2		
	3		
	Media		

Sigla provette	n° prova	d ₁ [mm]	d ₂ [mm]	d [mm]	HV _{30/15}
A	1				
B	1				

Sigla provette	n° impronta	d ₁ [mm]	d ₂ [mm]	d [mm]	HBS _{1/30}
A	1				
	2				
	3				
	Media				
B	1				
	2				
	3				
	Media				

Tabella con i risultati della prova Brinell con carico di 29.420N

Materiale	n° impronta	d ₁ [mm]	d ₂ [mm]	d [mm]	HBS _{10/3000/20}
C40	1				
	2				
	3				
	Media				

Gli allievi eseguono, in autonomia, sulla provetta **A** le tre principali prove di durezza. Finita questa prima fase che, a secondo del numero di allievi, richiederà diverse ore di lezione, si passerà a eseguire la tempra sulle provette **B**. Tutte le provette **B** di **C40** sono posizionate in un contenitore metallico e, per evitare la decarburazione, sono completamente ricoperte di polvere di ghisa.

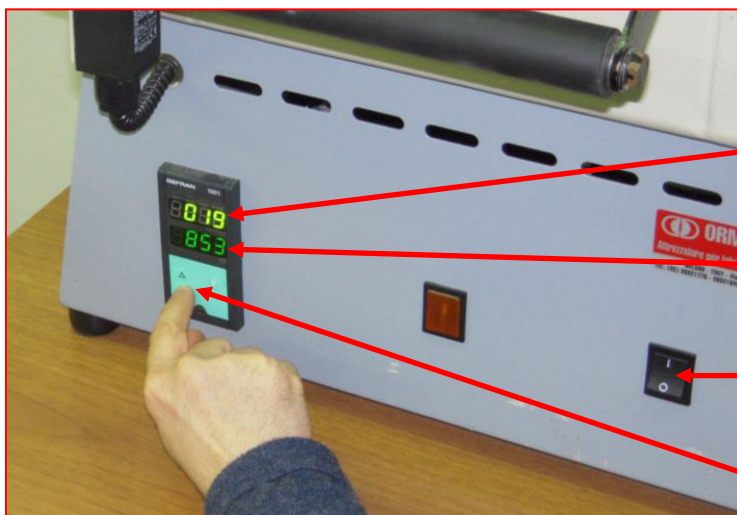


Polvere di ghisa e contenitore metallico con provetta B

Inserito il contenitore metallico, con le provette **B**, nel forno inizia il riscaldamento lento (circa un'ora) fino alla temperatura di tempra in acqua che, per il **C40**, è di circa **830°÷850° C (UNI 5332-64)**, il mantenimento, a tale temperatura, per trenta minuti e poi aperto il forno e afferrato il contenitore, con una pinza, si rovescia il contenuto in un bidone ripieno di acqua. Si procede ad agitare per una trentina di secondi le provette nel bidone.



Le provette **B** sono ricoperte di polvere di ghisa e pronte per essere inserite nel forno



Temperatura raggiunta

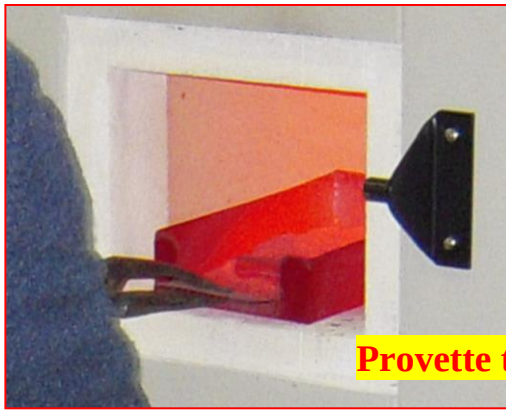
Temperatura da raggiungere

Interruttore

Impostazione della temperatura del forno



Estrazione delle provette dal forno



Provette temprate



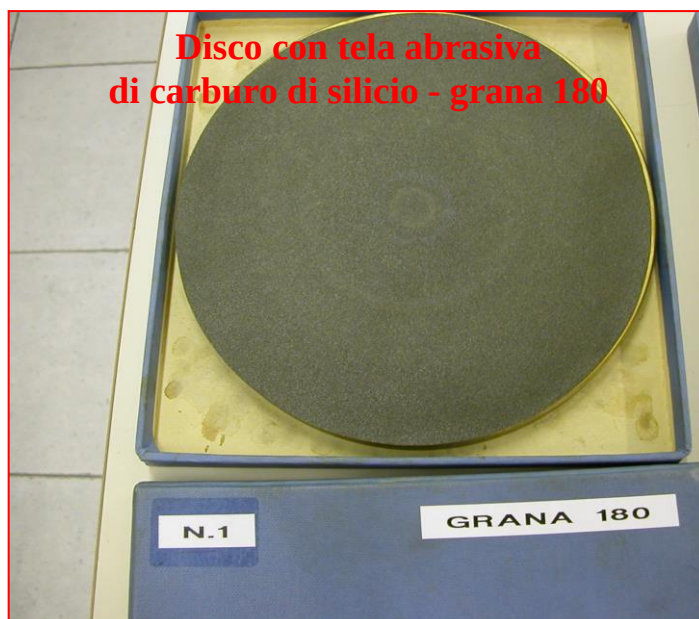
Prelevate le provette, ogni allievo con della tela abrasiva procede a una breve pulitura della superficie, della provetta, da sottoporre alle prove di durezza. La tela abrasiva è strofinata sulla superficie della provetta con movimento dal basso verso l'alto. Finita la pulitura si procede a rifare sulle provette temprate, le prove di durezza. Sulle provette **A** e **B** si esegue poi l'analisi metallografica.

Spianatura

Sulla provetta **B**, essendo temprata, conviene effettuare l'asportazione, tramite tornitura con refrigerante, di **0,5 mm**.

Smerigliatura

E' previsto l'uso di alcuni dispositivi di protezione individuale, guanti e occhiali. Si prepara la lappatrice posizionando un disco ruotante con una tela abrasiva di carburo di silicio. La grana della tela abrasiva sarà a granulometria crescente, s'inizia con la grana **180**, poi **400** e infine **600**. Nel Laboratorio tecnologico ci sono in dotazione tele abrasive, già incollate su alcuni dischi, contraddistinte da grana media (**120-180**), fine (**220/280**), finissime (**600/1000**).



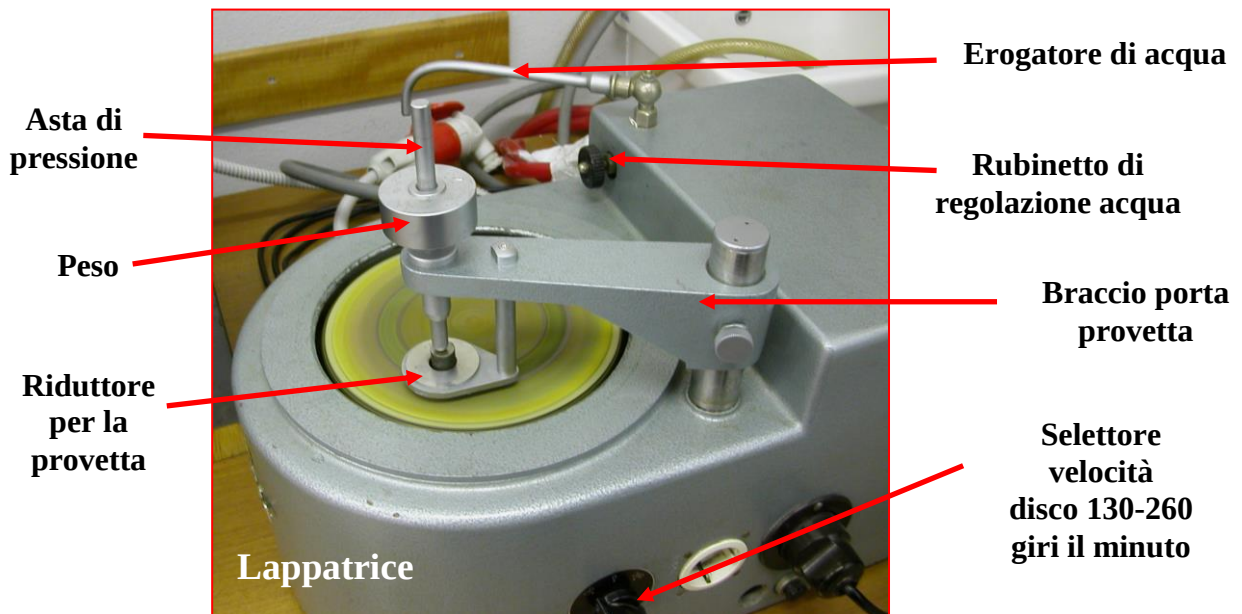
Disco con tela abrasiva di carburo di silicio - grana 180

1	Grana 180
2	Grana 240
3	Grana 320
4	Grana 400
5	Grana 600

Dischi con tela abrasiva di carburo di silicio



La smerigliatura si effettua in presenza di acqua corrente. Prima di passare a una grana successiva si ruota, sulla lappatrice, la provetta di 90° e si controlla se sono scomparse tutte le rigature prodotte dalla precedente tela. Conviene inoltre lavare e asciugare la provetta per eliminare tutti i residui dell'abrasivo utilizzato. La lappatrice ha in dotazione dei riduttori per poter inserire le provette. La velocità di rotazione del disco è di 260 giri il minuto.



Forno elettrico a muffola

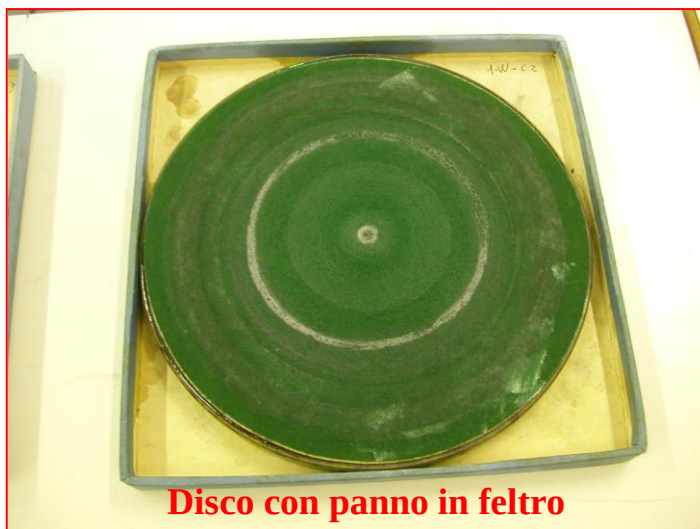


Riduttori per la lappatrice



Lucidatura

E' previsto l'uso di alcuni dispositivi di protezione individuale, guanti e occhiali. Si procede a sgrassare la provetta con alcool denaturato e ad asciugare con aria calda. Si prepara il disco ruotante incollando sopra un panno in feltro.



Disco con panno in feltro

Nel Laboratorio tecnologico ci sono in dotazione panni in feltro, già incollati su alcuni dischi, contraddistinte da alcuni colori. Si spalma, con una spatola, sul feltro vellutato una quantità sufficiente di pasta diamantata, diluendola, con del fluido da taglio, tramite vaporizzatore. Durante la lucidatura si vaporizza ogni tanto un po' del suddetto fluido da taglio. Prima di passare al secondo disco vellutato conviene lavare e asciugare la provetta, per eliminare tutti i residui della precedente pasta diamantata utilizzata. Conviene inoltre associare a ogni disco vellutato sempre la stessa pasta diamantata. La velocità di rotazione del disco è di 130 giri il minuto.



Disco con panno in feltro e pasta diamantata

In Laboratorio ci sono in dotazione le seguenti paste diamantate Verital - Diamond

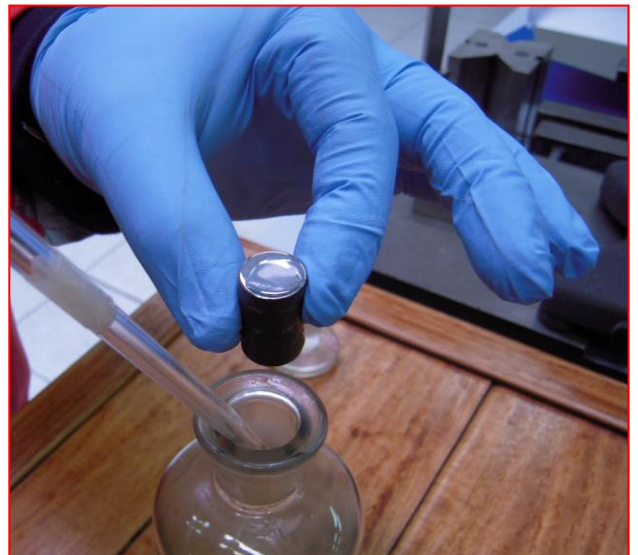
Colore pasta diamantata	Colore disco abbinato	Sigla e grana	Utilizzo
Porpora	Giallo	45WC3 (45μ)	Asportazione rapidissima
Marrone	-	14WC3 (14μ)	Asportazione rapida
Rosso	Rosa	8WC4 (8μ)	Lucidatura preliminare
Giallo	-	6WC3 (6μ)	Lucidatura rapida
Verde chiaro	Verde militare	3WC4 (3μ)	Finitura speculare di carburo tungsteno
Azzurro	Verde scuro	1WC2 (1μ)	Finitura speculare di acciaio



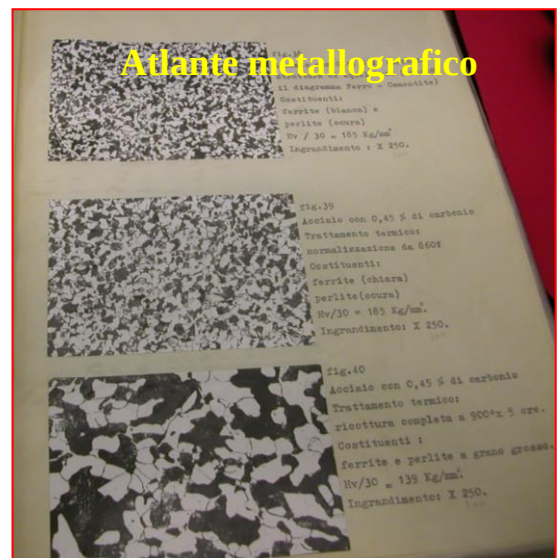
Lucidatura con la lappatrice

Attacco con acido

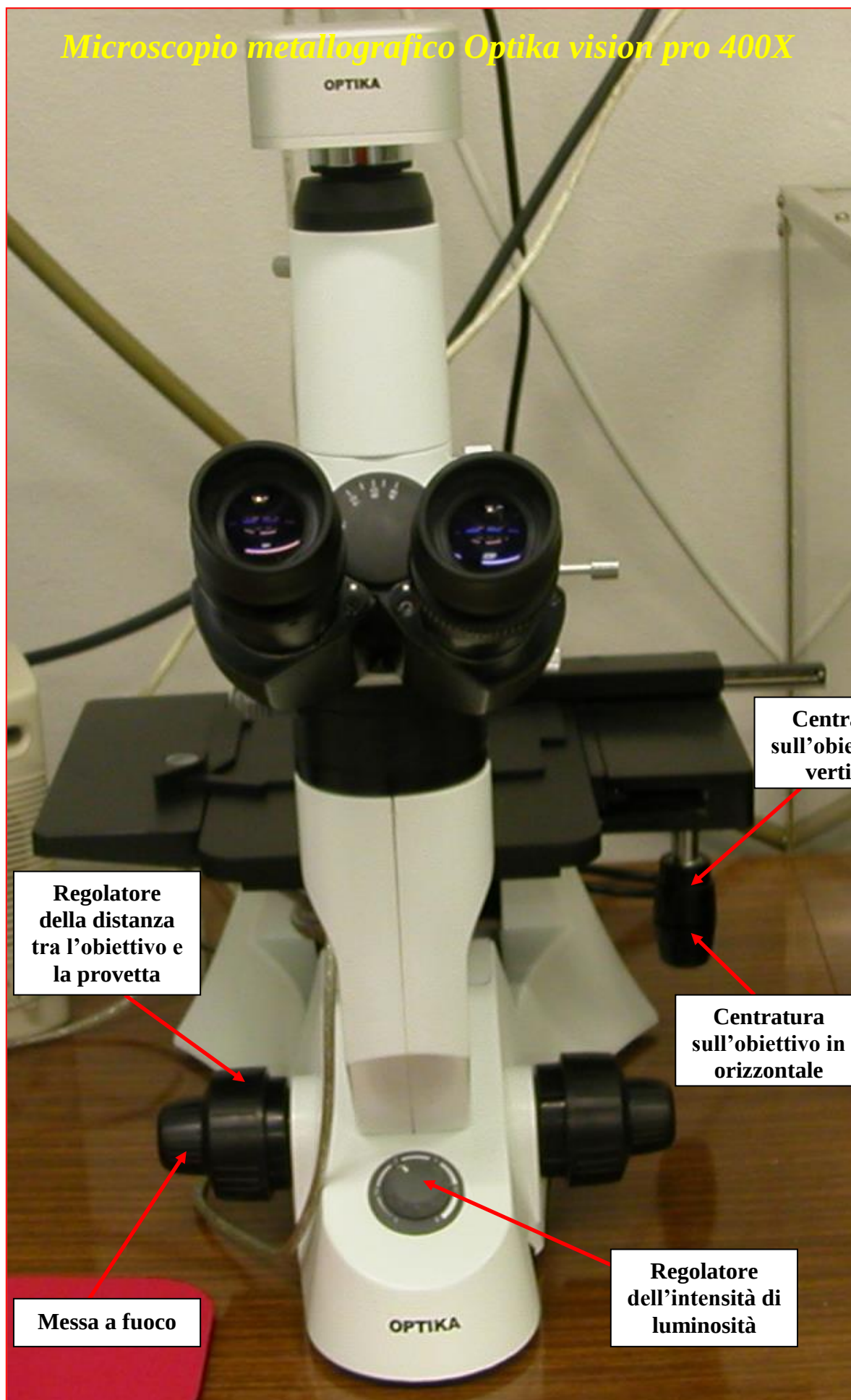
E' previsto l'uso di alcuni dispositivi di protezione individuale, guanti e occhiali. Si procede a sgrassare la provetta con alcool etilico e ad asciugare con getto di aria calda. Il reagente di attacco per buona parte degli acciai è il **NITAL** (Acido nitrico con densità 1,4 e Alcool etilico al 95%). Con un'apposita pipetta di vetro si preleva una goccia di acido depositandola su parte della superficie dell'acciaio. Si lascia agire l'acido per almeno 30 secondi. Un indicatore importante, che influenza la durata dell'attacco, è la diminuzione della lucentezza della superficie dell'acciaio con la comparsa di una modesta macchia grigia. Quando avviene la suddetta diminuzione di lucentezza si arresta l'attacco effettuando un lavaggio con acqua, e poi con alcool denaturato e si asciuga con aria calda. In alcuni casi, specie nel caso di pezzi temprati, può essere necessario un secondo attacco.



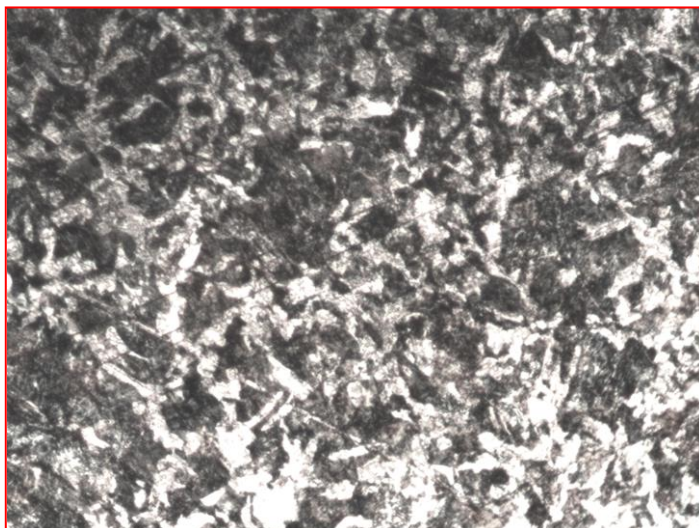
Analisi con microscopio metallografico Optika Vision pro 400X



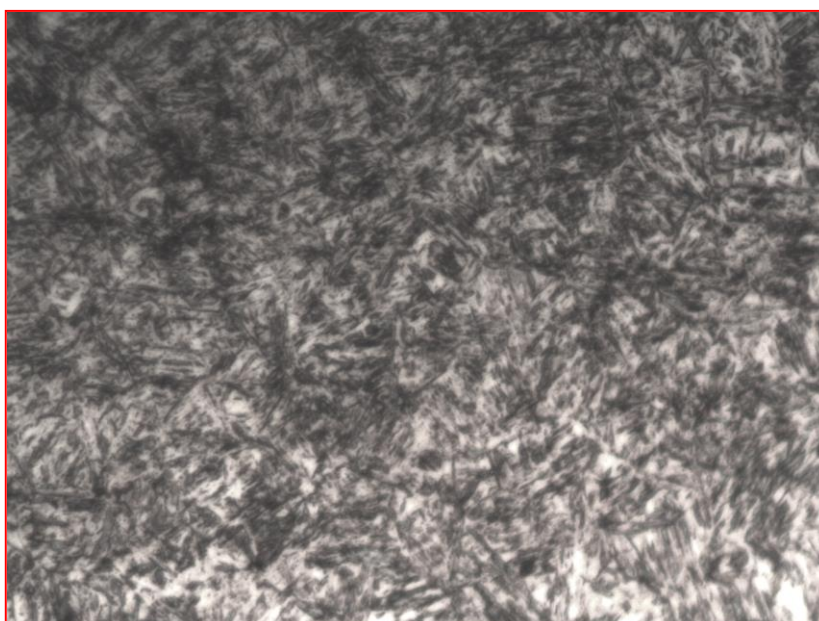
Microscopio metallografico Optika vision pro 400X



Visione su schermo di una struttura metallografica



Provetta A: C40
Ingrandimento: 200X
Attacco acido: Nital
Strutture: ferrite e perlite
Lucidatura: Laboratorio
Tecnologico I.P.S.I.A. "G. Giorgi"
Anno: 2009



Provetta B: C40
temprato
Ingrandimento: 400X
Attacco acido: Nital
Strutture: martensite
Lucidatura:
Laboratorio
Tecnologico I.P.S.I.A.
"G. Giorgi"
Anno: 2009

Verifica e punteggi

Al termine dell'esperienza è assegnata, agli allievi una relazione tecnica di Laboratorio.

Esempio di tabella con i risultati delle prove e la griglia di valutazione della relazione tecnica di Laboratorio

RISULTATI	ALLIEVO PREPARATO	ALLIEVO IMPREPARATO
HRC su C40	20.8	20.8
HRC su C40 temprato	53.8	53.8
HV su C40	(0.5175) 207	(0.5175) 207
HV su C40 temprato	(0.26) 822	(0.28) 695 Valore giusto 709
HB da 1 mm su C40	(0.414) 213	(0.542) 233 Valore giusto 120 e manca un'impronta
HB da 10 mm su C40	(3.96) 233	(3.96) 233
DESCRIZIONE PROCEDURE		
Durezza HRC	Si	Si con 2 errori
Durezza HB	Si	
Durezza HV	Si	Si con 1 errore
Tempra	Si	Si con 2 errori
Smerigliatura	Si	Si con 1 errore
Lucidatura	Si	Si con 1 errore
Attacco chimico	Si	Si
Osservazione al microscopio	Si	
DEFINIZIONI TEORICHE		
Durezza HRC	Si	
Durezza HB	Si	
Durezza HV	Si	
Tempra	Si	
Analisi metallografica	Si	
SCHEMA TECNICO		
Durezza HRC	Si	Si (male)
Durezza HB	Si	Si (male)
Durezza HV	Si	Si (male)
Analisi metallografica	Si	
OSSERVAZIONI E APPROFONDIMENTI		
Osservazioni	Si	Si
Approfondimenti	Si	Poco
DESCRIZIONE STRUMENTI E MATERIALE		
Durezza HRC	Si	Si
Durezza HB	Si	Si
Durezza HV	Si	Si
Tempra	Si	Si con 1 errore
Smerigliatura	Si	
Lucidatura	Si	
Attacco chimico	Si	
Osservazione al microscopio	Si	Si

Legenda penalità

Punti di penalità

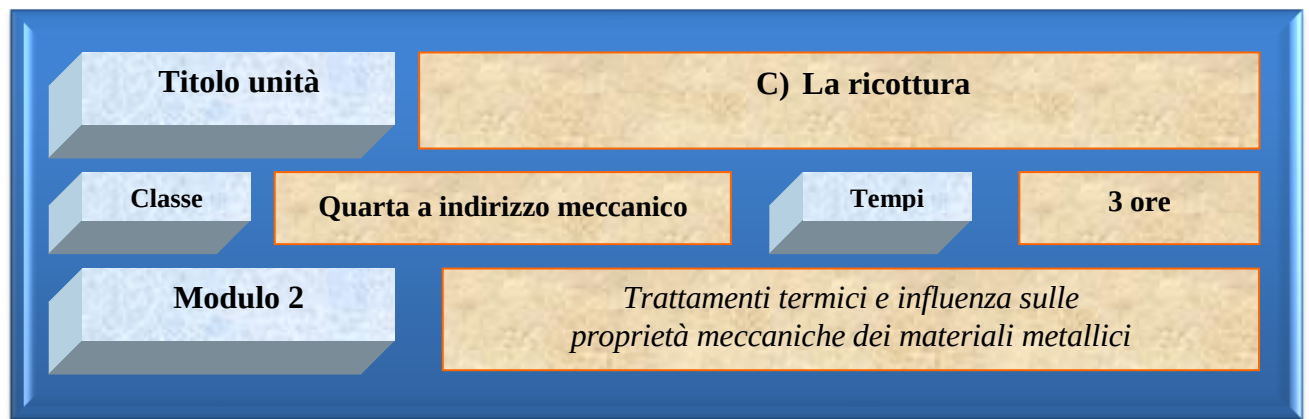
A Mancata consegna del lavoro	100
SCHEMA TECNICO (disegni, tabelle ecc.)	
B Mancanza totale	10
C Mancanza parziale	da 1 a 9
D Errori	0,5 per ogni errore
E Qualità tecnica o presentazione scarsa	da 1 a 4
DEFINIZIONI TEORICHE	
F Mancanza totale	10
G Mancanza parziale	da 1 a 9
H Errori	0,5 per ogni errore
DESCRIZIONE STRUMENTI E MATERIALE	
I Mancanza totale	10
L Mancanza parziale	da 1 a 9
M Errori	0,5 per ogni errore
DESCRIZIONE PROCEDURE	
N Mancanza totale	30
O Mancanza parziale	da 1 a 29
P Errori	1,5 per ogni errore
RISULTATI	
Q Mancanza totale	30
R Mancanza parziale	6 per ogni dato
S Errori	6 per ogni errore
OSSERVAZIONI E APPROFONDIMENTI	
T Mancanza totale	10
U Mancanza parziale	da 1 a 9

	Punteggio di partenza	Penalità																		Punti in centesimi	Voto finale	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U		
Allievo preparato	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	10,0
Allievo impreparato	100	0	0	2,25	0	3	10	0	0	0	3,5	0,5	0	7,25	10,5	0	6	12	0	4	41	4,0

Il punteggio della penalità **7.25** risulta dalla seguente operazione: penalità totale prevista = 29-75% (su 8 descrizioni l'allievo ne ha saltate due evidenziate dal colore rosso della casella) = **7.25**

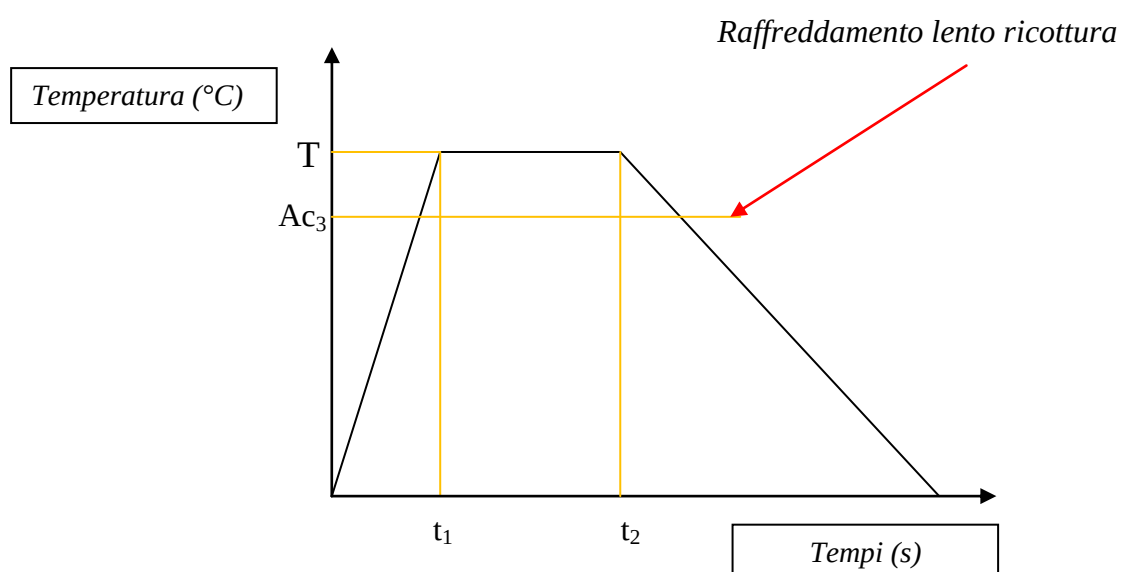
Tabella voti in centesimi e in decimi

Voto in centesimi	Voto in decimi	Voto in centesimi	Voto in decimi
0 - 22	2	58,5 - 64	6
22,5 - 32	3	64,5 - 68	6,5
32,5 - 44	4	68,5 - 74	7
44,5 - 48	4,5	74,5 - 78	7,5
48,5 - 54	5	78,5 - 84	8
54,5 - 58	5,5	84,5 - 88	8,5
		88,5 - 94	9
		94,5 - 98	9,5
		98,5 - 100	10



Con il trattamento termico di ricottura si annullano tutti gli effetti dovuti a trattamenti termici precedenti e si ottiene la struttura prevista dal diagramma Ferro-Carbonio, ferrite e perlite per acciai ipoeutettoiidi mentre perlite e cementite per acciai ipereutettoiidi. Tale trattamento rende l'acciaio più tenero, elimina le tensioni interne, lavorabile alle macchine utensili e omogeneizza la struttura cristallina. Il procedimento consiste nel portare l'acciaio a un riscaldamento lento sopra i $20^{\circ}\text{-}50^{\circ}\text{ C}$ ad A_{c3} per acciai ipoeutettoiidi e sopra A_{c1} per acciai ipereutettoiidi, a tal punto manteniamo l'acciaio alla temperatura di austenizzazione affinché non si sia formata su tutto il pezzo l'austenite (circa un'ora) e poi raffreddamento lento dentro il forno spento.

Ciclo termico per acciai con tenore di carbonio $C < 0,8\%$



Titolo unità	D) La tempra e la prova Jominy. La ricottura. Esecuzione e risultati delle prove.		
Classe	Quarta a indirizzo meccanico	Tempi	12 ore
Modulo 2	<i>Trattamenti termici e influenza sulle proprietà meccaniche dei materiali metallici</i>		

Conoscenze necessarie: Gli aspetti teorici del trattamento termico di tempra e di ricottura e quelli relativi alla prova Jominy.

Materiale necessario: Provette, apparecchiatura di raffreddamento, durometro, truschino, microscopio metallografico, forno elettrico a muffola, pinza, D.P.I. (occhiali protettivi, guanti e camice).

Provette utilizzate

L'esperienza prevede l'utilizzo di provette unificate (UNI 3150-74) di acciaio C40, 38 Ni Cr Mo 4 e 39 Ni Cr Mo 3.

Diametro $\varnothing 25 \pm 0.25$ mm e lunghezza 97 mm

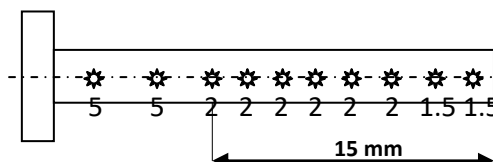
Collare $\varnothing 32$ e lunghezza 3 mm

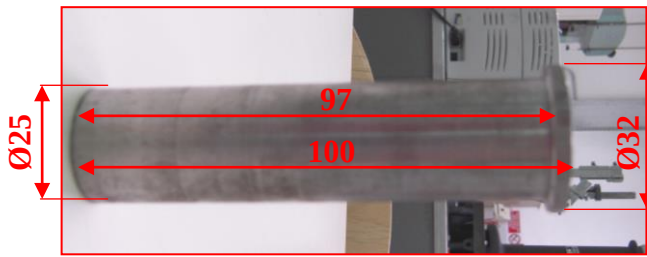
Procedura

La provetta è posizionata nel forno a muffola, in piedi e con il collare in alto.



Nella maggior parte degli acciai da bonifica si procede con il riscaldamento fino a 850°C , il mantenimento per circa 30 minuti e poi l'estrazione della provetta e il posizionamento nell'apparecchiatura di raffreddamento. L'apparecchiatura dovrà essere completamente asciutta e dall'apertura del forno al posizionamento non devono passare più di 5 secondi. Si procede quindi all'apertura del rubinetto, per 10 minuti, e poi al raffreddamento a temperatura ambiente. Sui due lati opposti della provetta si procede a eseguire una rettifica di $0.4 \div 0.5$ mm evitando riscaldi (per evitare rinvenimenti) e con le ultime passate molto leggere. Su uno dei due lati rettificati si esegue, con un truschino, la tracciatura delle linee di riferimento per l'esecuzione delle prove di durezza HRC, a 1.5 mm dall'estremità, a 1.5 mm dalla prima linea e poi a 2 mm fino ad arrivare a 15 mm, le successive linee saranno distanziate di 5 mm.



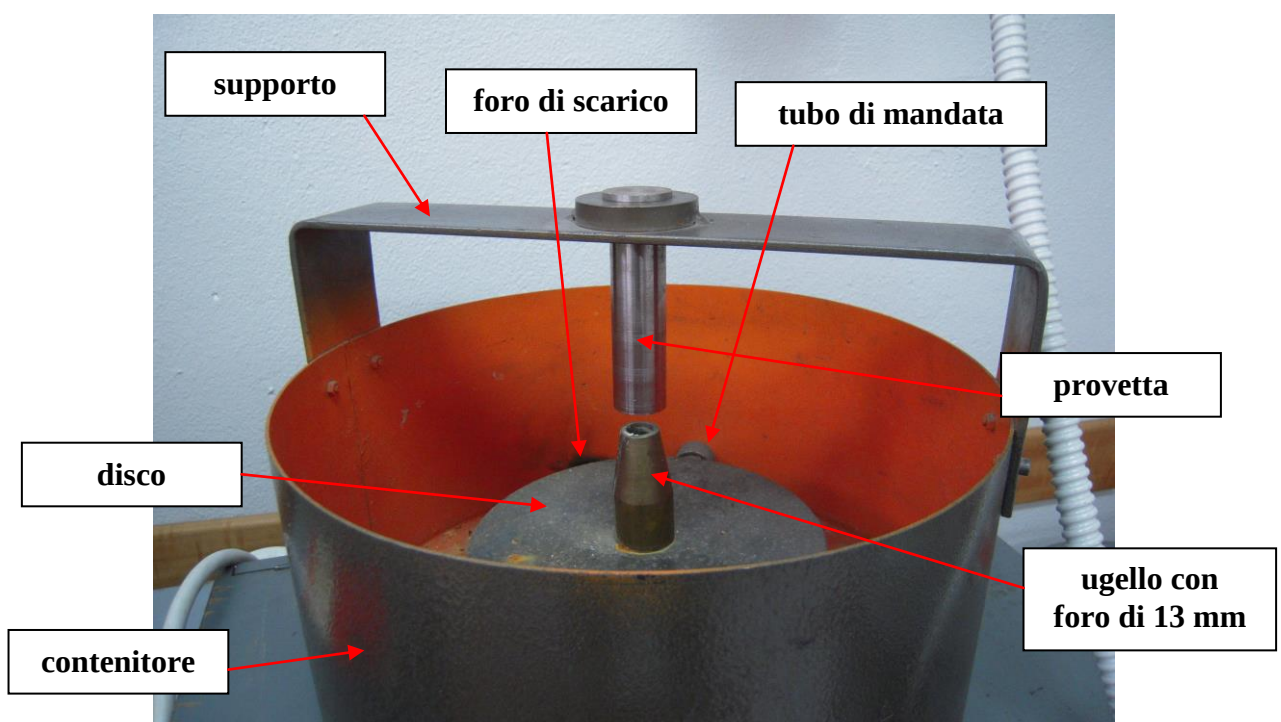


Provetta da sottoporre alla prova Jominy



Apparecchiatura di raffreddamento

La distanza tra l'estremità della provetta e l'ugello con il foro è di **13 mm**. L'altezza del getto è di circa **65 mm** dall'ugello (dato che è difficile misurare l'altezza del getto si misura, con l'apposita asta, il diametro della calotta d'acqua che si forma in seguito all'urto del getto con la provetta, tale diametro è **180 mm** alla distanza di **73 mm** dall'estremità della provetta.)



Dati rilevati

La prima serie di dati da rilevare è la durezza **HRC** sulla prima superficie della provetta. Si procede poi a rettificare la suddetta superficie per eliminare le impronte generate dal penetratore. La seconda serie di dati da rilevare è la durezza **HRC** sulla seconda superficie, opposta alla prima, della provetta. Si procede a effettuare il valore medio delle due serie di valori rilevati. Il diagramma, che conterrà i dati rilevati, avrà sull'asse delle ascisse le distanze dei punti, dove sono state effettuate le prove di durezza, con la seguente scala **10 mm = distanza di 5 mm**. Sull'asse delle ordinate ci saranno i valori delle durezza rilevate, con la seguente scala **10 mm = 5 HRC**. La curva Jominy, calcolata con la prova, deve stare all'interno della fascia, delimitata dalle due linee esterne, determinata in funzione del tipo di acciaio. La curva deve seguire anche l'andamento della fascia.

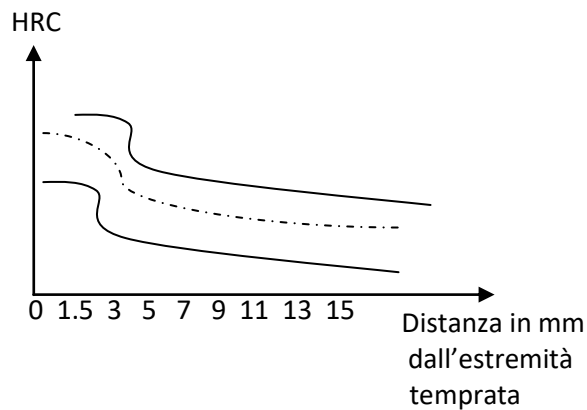
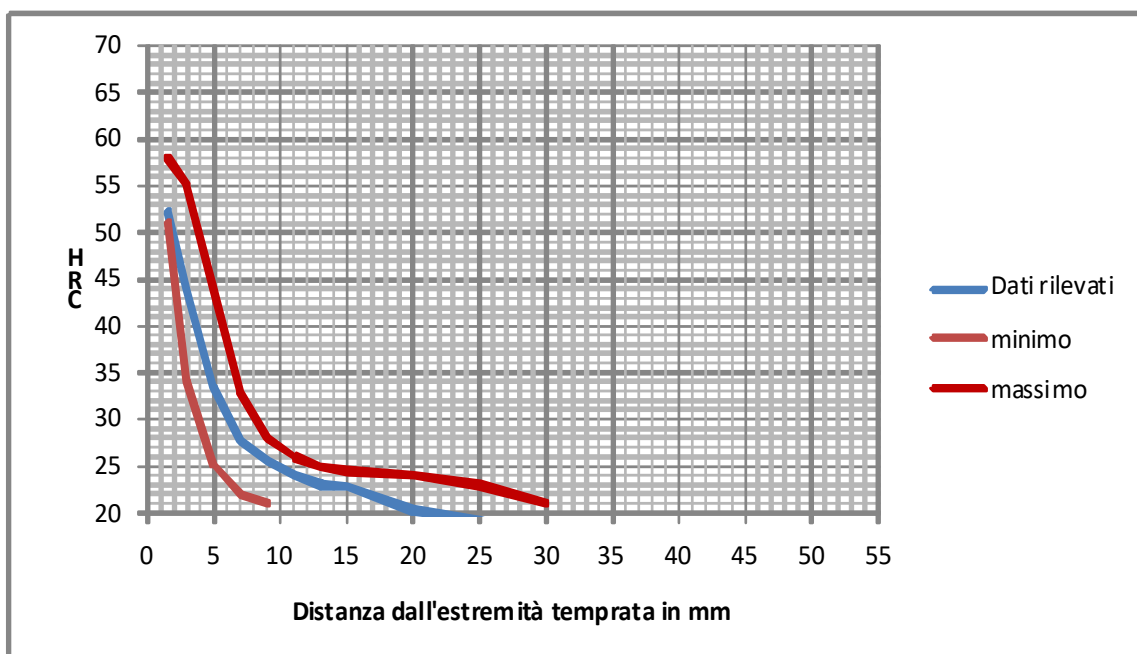
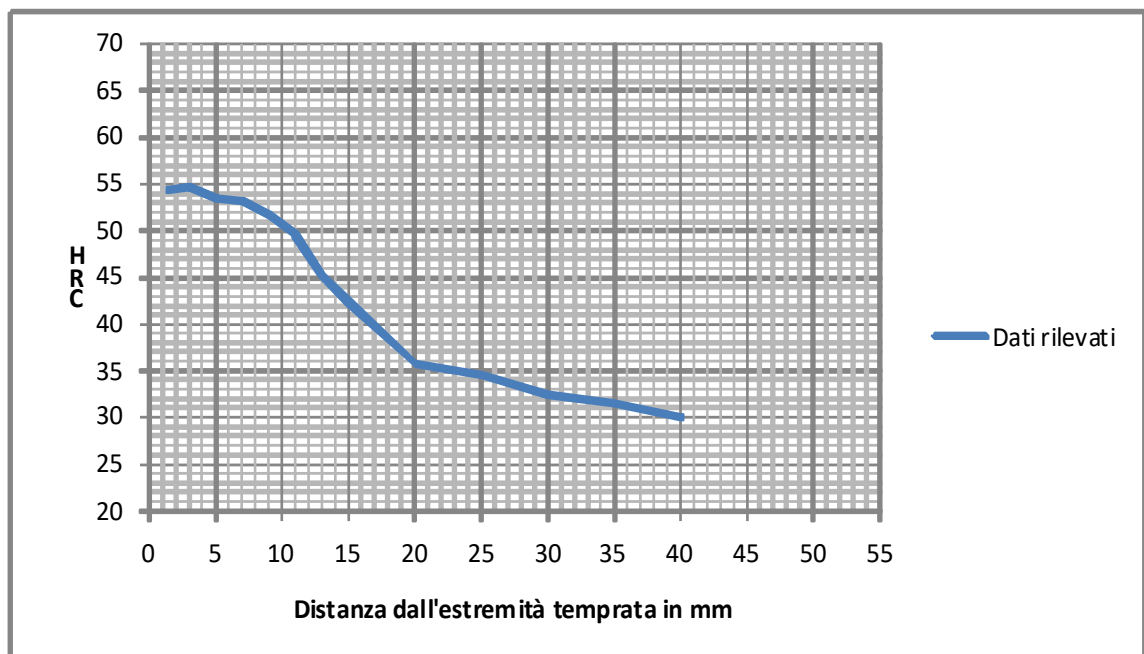


Diagramma di temprabilità C40



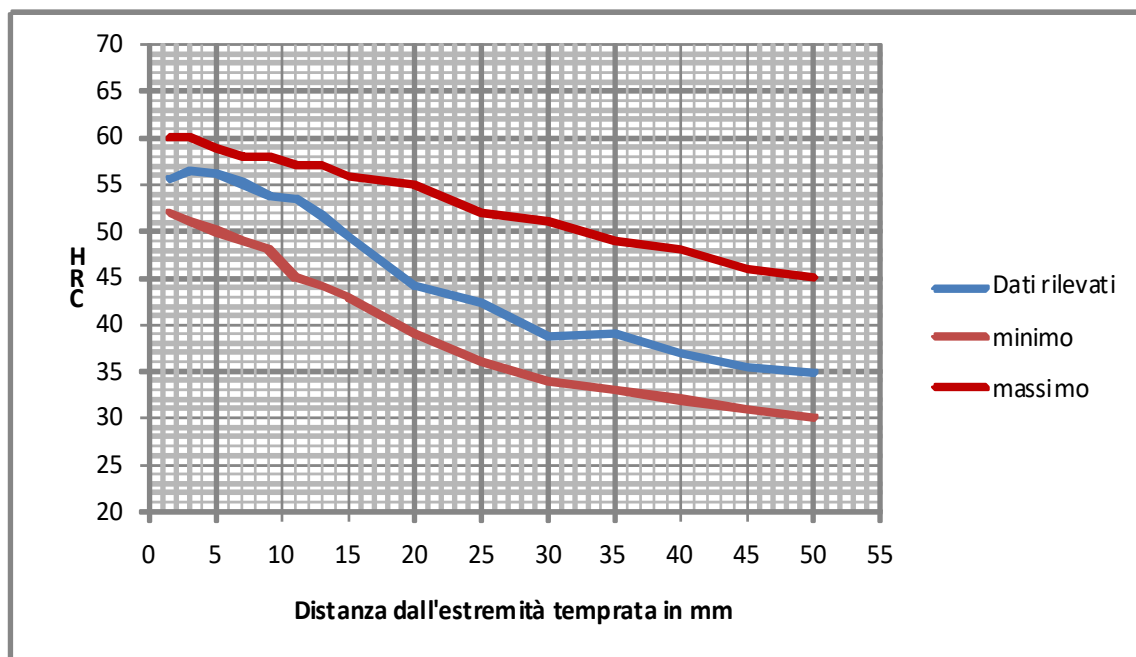
Distanza mm	Superficie 1	Superficie 2	Media dati rilevati	HRC minimo	HRC massimo
1,5	52,3	52,1	52,2	51	58
3	51,3	36,4	43,85	34	55
5	34,2	32,6	33,4	25	44
7	27,1	28,2	27,65	22	33
9	25,6	25,7	25,65	21	28
11	23,7	24,2	23,95		26
13	22,6	23,4	23		25
15	22,7	23,1	22,9		24,5
20	20,1	20,5	20,3		24
25	19,6	18,7	19,15		23
30	17,5	16,8	17,15		21
35	18,6	16,6	17,6		
40	15,2	15,8	15,5		

Diagramma di temprabilità 38 Ni Cr Mo 4



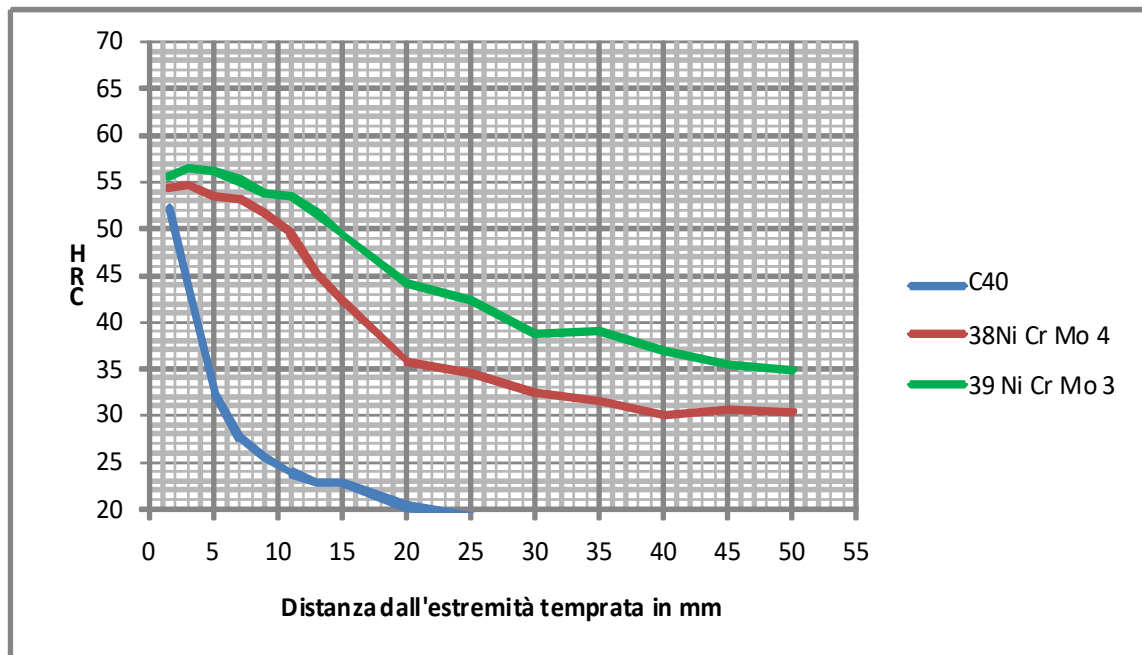
Distanza mm	Superficie 1	Superficie 2	Media dati rilevati	HRC minimo	HRC massimo
1,5	55,1	53,7	54,4		
3	55,5	54,1	54,8		
5	53,5	53,4	53,45		
7	54,2	52	53,1		
9	52,8	50,5	51,65		
11	49,5	49,7	49,6		
13	45,9	44,6	45,25		
15	42,9	41,9	42,4		
20	34,8	37	35,9		
25	35,6	33,7	34,65		
30	32,6	32,2	32,4		
35	32,1	30,8	31,45		
40	30,4	29,9	30,15		

Diagramma di temprabilità 39 Ni Cr Mo 3



Distanza mm	Superficie 1	Superficie 2	Media dati rilevati	HRC minimo	HRC massimo
1,5	54,6	56,8	55,7	52	60
3	57	56,3	56,6	51	60
5	56,4	56,1	56,2	50	59
7	56,3	54	55,15	49	58
9	54,8	52,8	53,8	48	58
11	53,5	53,4	53,4	45	57
13	52,3	51,3	51,8	44	57
15	49,7	49,2	49,45	43	56
20	44,4	43,9	44,15	39	55
25	42,4	42,4	42,4	36	52
30	39,5	38	38,75	34	51
35	38,9	39,2	39,05	33	49
40	37,3	36,8	37,05	32	48
45	36,4	34,7	35,55	31	46
50	35,3	34,3	34,8	30	45

Diagrammi sovrapposti di temprabilità C40 - 38 Ni Cr Mo 4 - 39 Ni Cr Mo 3



La ricottura

E' stata effettuato con la provetta di C40, sottoposta prima alla prova Jominy, il trattamento termico della ricottura, dimostrando, poi con la prova di durezza HRC, come il suddetto trattamento annulla tutti gli effetti della tempra, l'incrudimento e le tensioni interne. Si procede con il riscaldamento fino a 885°C, il mantenimento per circa un'ora e poi il raffreddamento lento dentro il forno spento. Questi i valori della durezza HRC ottenuti:

Distanza mm	C40 dopo Jominy	C40 ricotto
1,5	52,2	
3	43,85	3,4
5	33,4	2,9
7	27,65	
9	25,65	
11	23,95	3,2
13	23	
15	22,9	
20	20,3	2,2
25	19,15	
30	17,15	
35	17,6	
40	15,5	

Verifica e punteggi

Al termine dell'esperienza è assegnata, agli allievi una relazione tecnica di Laboratorio.

Esempio di tabella con i risultati delle prove e la griglia di valutazione della relazione tecnica di Laboratorio

RISULTATI	ALLIEVO PREPARATO	ALLIEVO IMPREPARATO
Jominy su C40	Si	Mancano i valori della seconda impronta e la misura media
Jominy su 38 Ni Cr Mo 4	Si	Mancano i valori della seconda impronta
Jominy su 39 Ni Cr Mo 3	Si	Si con 1 errore
Jominy su C40 ricotto	Si	
DESCRIZIONE PROCEDURE		
Jominy su C40/38 Ni Cr Mo 4 e 39 Ni Cr Mo 3	Si	Si
Jominy su C40 ricotto	Si	
DEFINIZIONI TEORICHE		
Jominy	Si	Si con 1 errore
SCHEMA TECNICO		
Jominy	Si	Si
Curva Jominy C40 e fascia di temprabilità	Si	Manca la fascia di temprabilità e con un errore nella scala del grafico
Curva Jominy 38 Ni Cr Mo 4	Si	Si con un errore nella scala del grafico
Curva Jominy 39 Ni Cr Mo3 e fascia di temprabilità	Si	Si con un errore nella scala del grafico
Grafico con curve sovrapposte	Si	
OSSERVAZIONI E APPROFONDIMENTI		
Osservazioni	Si	Poche
Approfondimenti	Si	Pochi
DESCRIZIONE STRUMENTI E MATERIALE		
Jominy	Si	

Legenda penalità		Punti di penalità
A Mancata consegna del lavoro		100
SCHEMA TECNICO (disegni, tabelle ecc.)		
B Mancanza totale		30
C Mancanza parziale		da 1 a 29
D Errori		3 per ogni errore
E Qualità tecnica o presentazione scarsa		da 1 a 29
DEFINIZIONI TEORICHE		
F Mancanza totale		10
G Mancanza parziale		da 1 a 9
H Errori		0,5 per ogni errore
DESCRIZIONE STRUMENTI E MATERIALE		
I Mancanza totale		10
L Mancanza parziale		da 1 a 9
M Errori		0,5 per ogni errore
DESCRIZIONE PROCEDURE		
N Mancanza totale		30
O Mancanza parziale		da 1 a 29
P Errori		1,5 per ogni errore
RISULTATI		
Q Mancanza totale		10
R Mancanza parziale		3 per ogni dato
S Errori		1 per ogni errore
OSSERVAZIONI E APPROFONDIMENTI		
T Mancanza totale		10
U Mancanza parziale		da 1 a 9

	Punteggio di partenza	Penalità																Punti in centesimi	Voto finale			
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U		
Allievo preparato	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	10,0
Allievo impreparato	100	0	0	11,5	9	0	0	0	0,5	10	0	0	0	14,5	0	0	9	0	0	6	39,5	4,0

Nell'esempio evidenziato in giallo, l'allievo impreparato ha totalizzato 9 penalità e non è stato conteggiato il punto di penalità relativo a un errore, sempre nei risultati. La somma delle penalità, riferita alla mancanza parziale e agli errori, non deve superare quella della mancanza totale. Altrimenti si favorirebbe la mancanza totale di una sezione, es. i risultati, rispetto alla mancanza parziale con errori.

Il punteggio della penalità 14,5 risulta dalla seguente operazione: penalità totale prevista = 29-50% (su 2 descrizioni procedure l'allievo ne ha saltata una evidenziata dal colore rosso della casella) = 14,5

Tabella voti in centesimi e in decimi

Voto in centesimi	Voto in decimi	Voto in centesimi	Voto in decimi
0 - 22	2	58,5 - 64	6
22,5 - 32	3	64,5 - 68	6,5
32,5 - 44	4	68,5 - 74	7
44,5 - 48	4,5	74,5 - 78	7,5
48,5 - 54	5	78,5 - 84	8
54,5 - 58	5,5	84,5 - 88	8,5
		88,5 - 94	9
		94,5 - 98	9,5
		98,5 - 100	10

Schede di riferimento di alcuni acciai utilizzati

C40

Normativa di riferimento UNI 7845
Reference Standard UNI 7845



Corrispondenze Comparable standards

SIAU	DIN	W.N.	AFNOR	BS	AISI/SAE
C4	CK40	1.1186	XC42	(060A42)	(1042)

Composizione Chemical analysis

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	Altri
.37÷.44	.50÷.80	.15÷.40	-	-	-	P e S ≤ .035

Temperature per la lavorazione a caldo ed il trattamento termico Hot work and heat treatment temperatures

Punti critici Critical points	Fucinatura Forging	Normalizzazione Normalization	Ricottura subcritica Subcritical annealing	Ricottura isoterma Isothermal annealing	Tempra Hardening	Rinvenimento Tempering
Ac ₁ 730				840÷880	830÷850	
Ac ₃ 780	1100÷850	840÷880	650÷700	↓ 660x1h	acqua/water	550÷650
Ms 360						

Caratteristiche meccaniche / Mechanical properties

Stato Condition	Saggio Ø mm. Specimen Ø mm.	Re min. N/mm ²	Rm N/mm ²	A min. %	KCU min. J	Durezze HB allo stato HB hardness in the following conditions
Bonificato Hardened and tempered	16	490	700÷840	15	25	Ricotto lavorabile / Soft-annealed ≤ 220
	16÷40	420	640÷780	17	25	Ricotto isoterma / Isothermal annealed 155÷210
	40÷100	370	590÷740	18	20	Ricotto sferoidale / Spheroidal annealed ≤ 179
Normalizzato / Normalized	16÷100	325	570÷720	18		

Temprabilità Hardenability

HRC / % Martensite	Diametro temprabile mm. / Hardenable diameter mm.
90% 50%	olio/oil acqua/water
53 42	- 25



IMS S.p.A.
acciai speciali

39NiCrMo3

Normativa di riferimento UNI 7845
Reference Standard UNI 7845

Corrispondenze Comparable standards

SIAU	DIN	W.N.	AFNOR	BS	AISI/SAE
NCM2	(36CrNiMo4)	(1.6511)	(40NCD3)	-	(9840)

Composizione Chemical analysis

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	P e S
.35÷.43	.50÷.80	.15÷.40	.60÷1.00	.70÷1.00	.15÷.25	≤ .035

Temperature per la lavorazione a caldo ed il trattamento termico Hot work and heat treatment temperatures

Punti critici Critical points	Fucinatura Forging	Normalizzazione Normalization	Ricottura subcritica Subcritical annealing	Ricottura isoterma Isothermal annealing	Tempra Hardening	Rinvenimento Tempering
Ac1 740				810÷880	830÷860	
Ac3 790	1100÷900	850÷880	650÷700	↓ 650x3h	olio / oil	550÷650
Ms 330						

Caratteristiche meccaniche / Mechanical properties

Stato Condition	Saggio Ø mm. Specimen Ø mm.	Re min. N/mm ²	Rm N/mm ²	A min. %	KCU min. J	Durezze HB allo stato HB hardness in the following conditions
Bonificato Hardened and tempered	16	785	980÷1180	11	30	Ricotto lavorabile / Soft-annealed ≤ 240
	> 16	735	930÷1130	11	30	Ricotto isoterma / Isothermal annealed 180÷240
	> 40	685	880÷1080	12	30	Ricotto sferoidale / Spheroidal annealed ≤ 206
	> 100	635	830÷980	12	30	
	> 160 ≤ 250	540	740÷880	13	30	

Temprabilità Hardenability

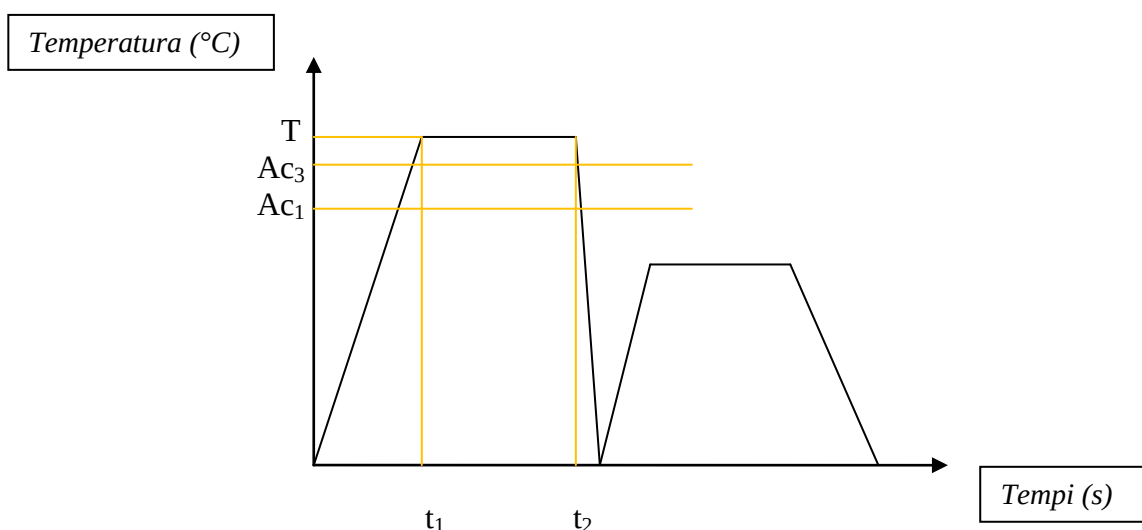
HRC / % Martensite	Diametro temprabile mm. / Hardenable diameter mm.
90% 50%	olio / oil acqua / water
53 42	85 120

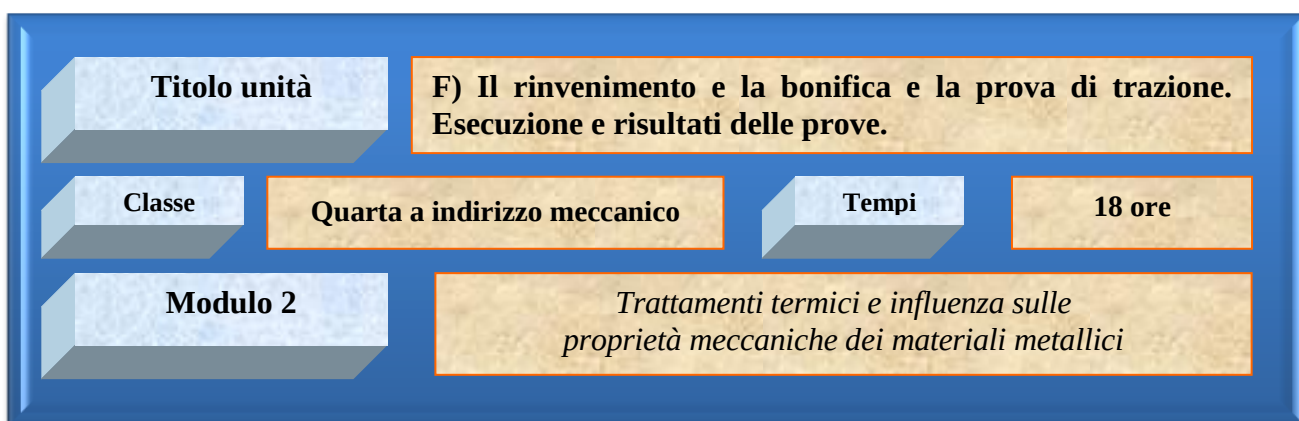
Titolo unità	E) Il rinvenimento e la bonifica.		
Classe	Quarta a indirizzo meccanico	Tempi	6 ore
Modulo 2	<i>Trattamenti termici e influenza sulle proprietà meccaniche dei materiali metallici</i>		

Il trattamento termico di rinvenimento viene eseguito subito dopo il trattamento termico di tempra. Esso ha lo scopo di far aumentare la resilienza, che era stata ridotta dal trattamento precedente. Il procedimento si può effettuare con due modalità differenti, nel primo caso si riscalda l'acciaio ad una temperatura bassa $100-200\text{ }^{\circ}\text{C}$, mantenendo così la struttura *martensitica*, con una diminuzione della durezza e un aumento della resilienza. Nel secondo caso il riscaldamento avviene ad alta temperatura e la struttura si trasforma in *sorbite*. Quest'ultimo trattamento si chiama *bonifica*, ovvero trattamento termico di tempra seguito da rinvenimento. La bonifica si effettua riscaldando inizialmente l'acciaio fino alla temperatura di tempra, come descritto a pag. 19, poi lo si raffredda per circa 30 secondi, quindi lo si riscalda immediatamente fino a circa $600\text{ }^{\circ}\text{C}$, ovvero temperatura inferiore ad A_{c1} .

L'acciaio viene mantenuto per circa due ore alla suddetta temperatura e poi raffreddato in aria. Con questo trattamento si ottengono buone proprietà di resilienza, di carico di rottura a trazione e di allungamento.

Ciclo termico per acciai con tenore di carbonio $C < 0,8\%$





Conoscenze necessarie: Gli aspetti teorici del trattamento termico di rinvenimento e di bonifica. La prova di trazione, sia dal punto di vista teorico che pratico, essendo parte del programma di una classe prima.

Materiale necessario: Provette, macchina universale per le prove meccaniche sui materiali, truschino, microscopio metallografico, forno elettrico a muffola, pinza, D.P.I. (occhiali protettivi, guanti e camice), tela abrasiva, acido NITAL, fono, pipetta, lappatrice, contenitore metallico, polvere di ghisa, bidone, dischi con tela abrasiva di carburo di silicio, alcool denaturato, spatola, dischi vellutati, pasta diamantata, liquido per pasta diamantata.

Provette utilizzate

L'esperienza prevede l'utilizzo di provette unificate di acciaio **C40**, **S275** e **38 Ni Cr Mo 4**.

Procedura

Utilizzando i truschini e i calibri in dotazione si preparano le provette, misurando il diametro della sezione calibrata **d**, individuando il tratto utile **L₀** diviso in **n** parti uguali e calcolando l'area della sezione iniziale della parte calibrata **S₀**. Effettuata la prova di trazione, si passa a effettuare, con altre provette di **C40** e **38 Ni Cr Mo 4** il trattamento termico della bonifica. Si procede a effettuare, con le provette di **C40** e **38 Ni Cr Mo 4** una **tempra** (le provette sono posizionate in un contenitore metallico e, per evitare la decarburazione, sono completamente ricoperte di polvere di ghisa. Inserito il contenitore metallico, con le provette, nel forno inizia il riscaldamento lento, circa un ora, fino alla temperatura di tempra in acqua che, per il **C40** e **38 Ni Cr Mo 4**, è di circa **830°÷850° C - UNI 5332-64**, il mantenimento, a tale temperatura, per trenta minuti e poi aperto il forno e afferrato il contenitore, con una pinza, si rovescia il contenuto in un bidone ripieno di acqua. Si procede ad agitare per una trentina di secondi le provette nel bidone). Terminata la tempra si effettua il trattamento termico di **rinvenimento**. Le provette sono riposizionate, senza il contenitore metallico, nel forno raffreddato. S'inizia il riscaldamento lento fino alla temperatura di **600° C**, il

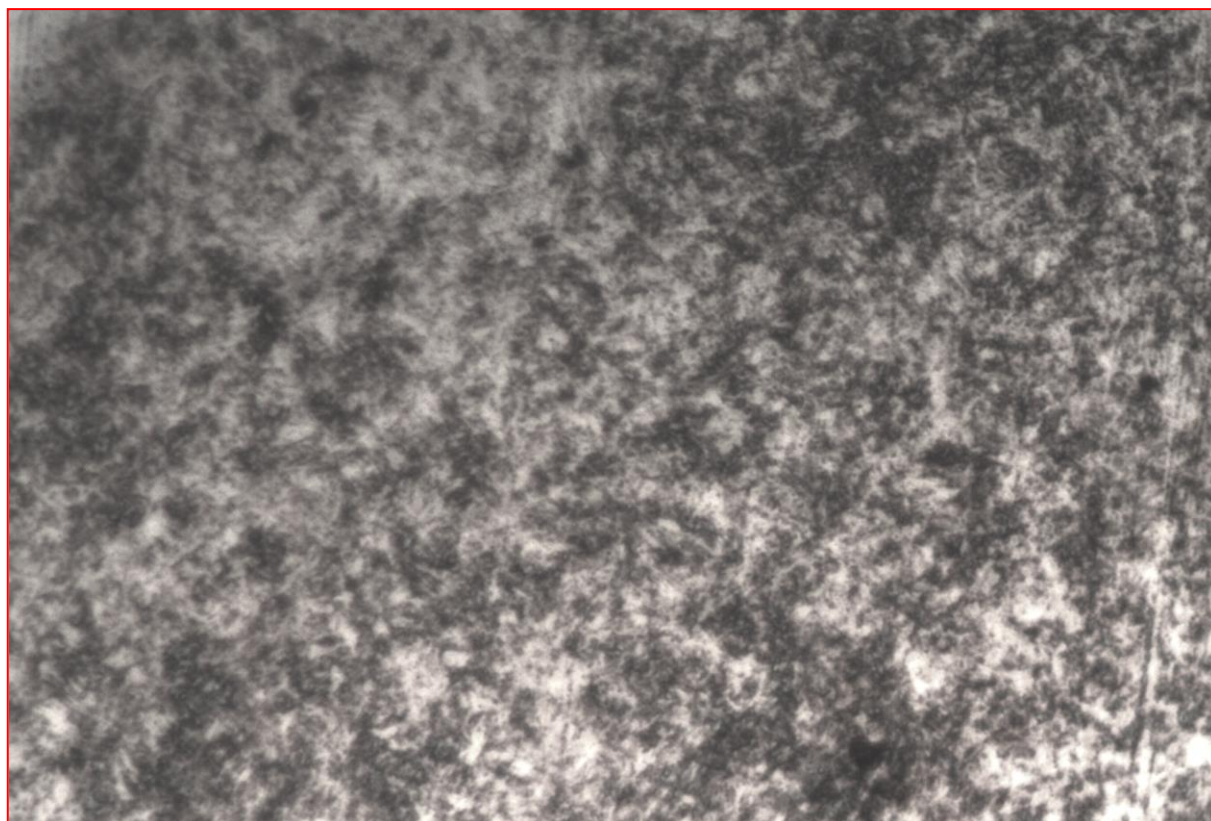
mantenimento, a tale temperatura, per due ore e poi il raffreddamento in aria. In tal modo, effettuando una tempra seguita dal rinvenimento si è realizzata una **bonifica**.

Esempio di tabella con i risultati della prova

Materiale	Ø (mm)	Lunghezza provetta L (mm)	L _o [mm]	L _u [mm]	S ₀ [mm ²]	d _u [mm]	Z [%]	F _m [N]	A ₅ (L _o 5 volte Ø) [%]	σ _m [MPa]
C40	8	200,40	40	44,14	50,26	6,17	40,5	39.700	10,35	790
S 275	10	200,10	50	67,85	78,50	5,10	74	33.900	35,7	432
38NiCrMo4	5	196,00	50	53,54	19,62	3,40	51	12.500	7,08	637
C40 bonificato	5	201,25	50	55,50	19,62	3,21	59	17.400	11	887
38NiCrMo4 bonificato	5	200,50	50	54,60	19,62	3,48	53,2	20.700	9,2	1.055

Confrontando i dati del **38 Ni Cr Mo 4** con le caratteristiche meccaniche minime garantite, ricavate dai manuali, il materiale assomiglia più a un acciaio **C20**.

Analisi metallografica



Provetta A: **38 Ni Cr Mo 4 bonificato**

Ingrandimento: **400X**

Attacco acido: **Nital**

Strutture: **sorbite**

Lucidatura: **Laboratorio Tecnologico I.P.S.I.A. "G. Giorgi"**

Anno: **2009**

L'analisi metallografica è effettuata utilizzando e preparando (*troncatura, spianatura, smerigliatura, lucidatura e attacco con acido*) parte degli spezzoni delle provette. Dall'analisi metallografica, delle due provette bonificate, si denota una struttura sorbitica.

Verifica e punteggi

Al termine dell'esperienza è assegnata, agli allievi una relazione tecnica di Laboratorio.

Griglia di valutazione della relazione tecnica di Laboratorio

Relazione scritta grafica: L'importante è che la suddetta relazione contenga i seguenti elementi:

- Uno schema-disegno delle provette ed eventualmente anche della macchina utilizzata.
- Una tabella con le grandezze di riferimento (area sezione iniziale e finale, carico massimo, lunghezza iniziale e finale tratto utile provetta, carico unitario di rottura, allungamento percentuale, coefficiente di strizione), i simboli di tali grandezze, le unità di misura e i simboli di tali unità di misura.
- L'oggetto, lo scopo e l'introduzione alla prova (definizioni).
- L'elenco degli strumenti, delle macchine e dei materiali usati.
- La descrizione del procedimento.
- Una tabella con le misure e i risultati finali.
- I calcoli e le elaborazioni necessari per ottenere i risultati finali.
- Le conclusioni personali.
- Gli eventuali approfondimenti.

**Esempio di tabella con i risultati delle prove
e la griglia di valutazione della relazione tecnica di Laboratorio**

RISULTATI	ALLIEVO PREPARATO	ALLIEVO IMPREPARATO
Trazione su C40 Ø8	Si	Mancano gli allungamenti (A%)
Trazione su C40 Ø5 bonificato	Si	Mancano gli allungamenti (A%)
Trazione su S275 Ø10	Si	2 errori e mancano gli allungamenti (A%)
Trazione su 38NiCrMo4 Ø5	Si	Mancano gli allungamenti (A%) e i calcoli
Trazione su 38NiCrMo4 Ø5 bonificato	Si	3 errori e mancano gli allungamenti (A%)
DESCRIZIONE PROCEDURE		
Prova di trazione	Si	Si con 1 errore
Bonifica	Si	
DEFINIZIONI TEORICHE		
Prova di trazione	Si	Si
Bonifica	Si	
SCHEMA TECNICO		
Prova di trazione	Si	Si
Grafici	Si	
OSSERVAZIONI E APPROFONDIMENTI		
Osservazioni	Si	Si
Approfondimenti	Si	Si
DESCRIZIONE STRUMENTI E MATERIALE		
Prova di trazione	Si	Si con 1 errore
Bonifica	Si	Si con 1 errore
Smerigliatura	Si	Si con 1 errore
Lucidatura	Si	Si con 1 errore
Attacco chimico	Si	Si con 1 errore
Osservazione al microscopio	Si	Si

Legenda penalità

Punti di penalità

A Mancata consegna del lavoro	100
SCHEMA TECNICO (disegni, tabelle ecc.)	
B Mancanza totale	10
C Mancanza parziale	da 1 a 9
D Errori	1 per ogni errore
E Qualità tecnica o presentazione scarsa	da 1 a 9
DEFINIZIONI TEORICHE	
F Mancanza totale	10
G Mancanza parziale	da 1 a 9
H Errori	0,5 per ogni errore
DESCRIZIONE STRUMENTI E MATERIALE	
I Mancanza totale	10

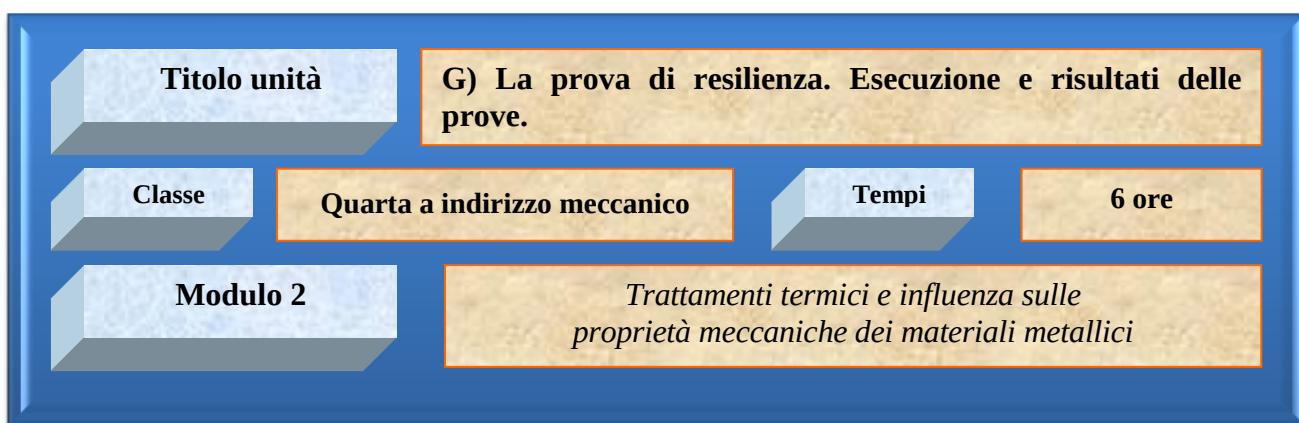
L Mancanza parziale	da 1 a 9
M Errori	0,5 per ogni errore
DESCRIZIONE PROCEDURE	
N Mancanza totale	30
O Mancanza parziale	da 1 a 29
P Errori	1,5 per ogni errore
RISULTATI	
Q Mancanza totale	20
R Mancanza parziale	3 per ogni dato
S Errori	2 per ogni errore
OSSERVAZIONI E APPROFONDIMENTI	
T Mancanza totale	20
U Mancanza parziale	da 1 a 19

	Punteggio di partenza	Penalità																				Punti in centesimi	Voto finale
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U			
Allievo preparato	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	10,0	
Allievo impreparato	100	0	0	4,5	0	0	0	4,5	0	0	0	2,5	0	14,5	1,5	0	16	3	0	0	53.5	5,0	

Nell'esempio evidenziato in giallo, l'allievo impreparato ha totalizzato 16 penalità in quanto oltre alla mancanza parziale relativa agli allungamenti percentuali (3 x 5 dati mancanti) mancavano pure i calcoli relativi a un materiale. In verde è evidenziata la penalità relativa agli errori commessi limitata a soli 3 punti pur alla presenza di ben 5 errori. La somma delle penalità, riferita alla mancanza parziale e agli errori, non deve superare quella della mancanza totale. Altrimenti si favorirebbe la mancanza totale di una sezione, es. i risultati, rispetto alla mancanza parziale con errori.

Tabella voti in centesimi e in decimi

Voto in centesimi	Voto in decimi	Voto in centesimi	Voto in decimi
0 - 22	2	58,5 - 64	6
22,5 - 32	3	64,5 - 68	6,5
32,5 - 44	4	68,5 - 74	7
44,5 - 48	4,5	74,5 - 78	7,5
48,5 - 54	5	78,5 - 84	8
54,5 - 58	5,5	84,5 - 88	8,5
		88,5 - 94	9
		94,5 - 98	9,5
		98,5 - 100	10



Conoscenze necessarie: La prova di resilienza, sia dal punto di vista teorico che pratico, essendo parte del programma di una classe prima.

Materiale necessario: Provette, pendolo di Charpy, forno elettrico a muffola, congelatore, pinza, D.P.I. (occhiali protettivi, guanti e camice), contenitore metallico, polvere di ghisa, bidone.

Provette utilizzate

L'esperienza prevede l'utilizzo di provette unificate di acciaio C40 e S275.

Procedura

Effettuata la prova di resilienza, si passa a effettuare, con altre provette di C40 il trattamento termico della tempra. Alcune delle provette temprate sono poi sottoposte al trattamento termico di rinvenimento per effettuare così una bonifica. Le provette temprate e quelle bonificate sono poi sottoposte a prova di resilienza. Infine alcune provette di C40 sono raffreddate in un congelatore per tentare di raggiungere la temperatura di transizione.

Esempio di tabella con i risultati della prova

Materiale	KV [J]	Angolo di risalita
C40	16	146°
C40 temprato	4	155°
S 275 (Fe 430)	Non rotta con 136	-
C40 bonificato	40	132°
C40 a -20°C	10	150°

Il valore del C40 a -20°C non è quello che ci si aspettava, probabilmente non si è riusciti a raggiungere e a mantenere la temperatura di transizione.