



**Corso di Laurea in Ingegneria chimica e dei materiali**

**Dipartimento di Ingegneria industriale**

**STUDIO VARIAZIONE CICLO IMPIANTISTICO PER  
OTTENIMENTO DUREZZA DI CESOIABILITÀ A FREDDO SU  
ACCIAI BASSO LEGATI**

**Relatrice: Prof.ssa Lucia Nicola**

**Referenti aziendali: Ing. Marco Bianchi, Dott. Mattia Basso**

**Laureando: Maddalena Molon**

**Anno Accademico 2022/2023**

## Lo studio si basa su una **NECESSITÀ**:

ottenere una durezza dell'acciaio in gamma di cesoiabilità a freddo direttamente in linea e senza necessità di ulteriori lavorazioni

### **OBIETTIVI:**

- Ottenere valori di **durezza**, per determinati acciai, già in gamma di cesoiabilità a freddo come da richiesta capitolati clienti (intervallo da raggiungere 180 – 240 HB)



utilizzo di cappe attive (ricottura) e passive



Aspetti metallurgici

- **Riduzione** quantità **CO<sub>2</sub>** in accordo con il Green Deal Europeo
- Valutazione della **produttività** con specifiche disposizioni e dimensioni di impianto



Aspetti impiantistici

## Barre in uscita dal laminatoio...

### Attuale processo produttivo:

... raffreddamento in aria

Durezza richiesta → ricottura fuori ciclo



### Processo desiderato:

... parziale raffreddamento in aria  
... ricottura in forno...  
raffreddamento in aria

Durezza richiesta → in linea

Aspetti metallografici

Aspetti impiantistici

- Studio preliminare di diagrammi CCT e TTT per la determinazione delle variabili operative  
- Prove di durezza  
- Analisi microstrutturali

- Produttività  
- Spazi e dimensioni

# Studio preliminare delle variabili operative:

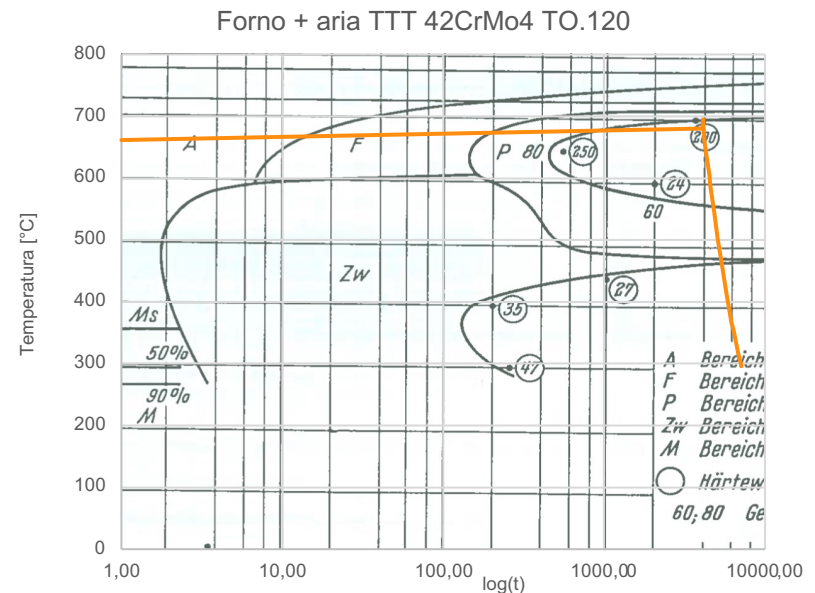
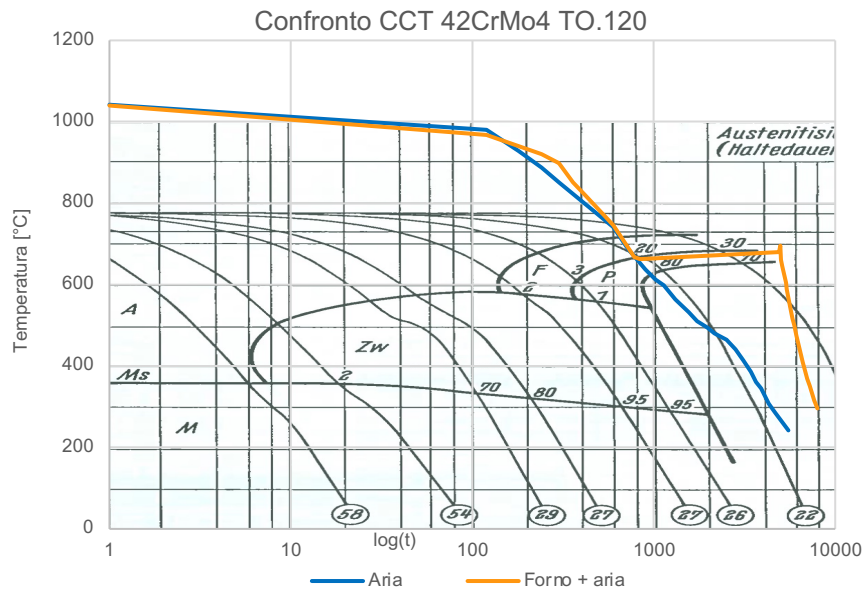
- Tempo
  - Temperatura
- per la ricottura in forno



lettura dei diagrammi CCT e TTT teorici

I diagrammi delle cinetiche di trasformazione riportano in ordinata le temperature ed in ascissa i tempi in scala logaritmica

- Diagramma di trasformazione isoterma a temperatura costante → TTT
- Diagramma di trasformazione continuo → CCT



## Studio preliminare delle variabili operative:

Riassunto dati ottenuti:

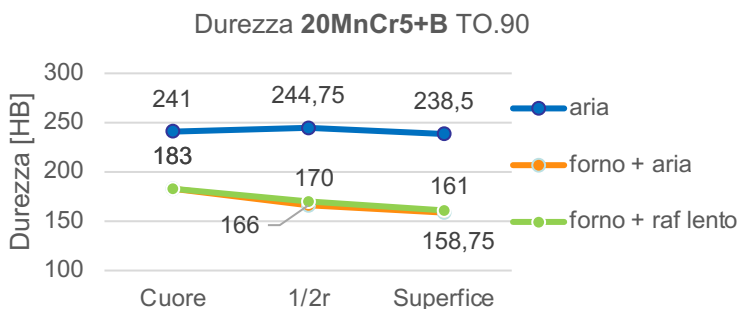
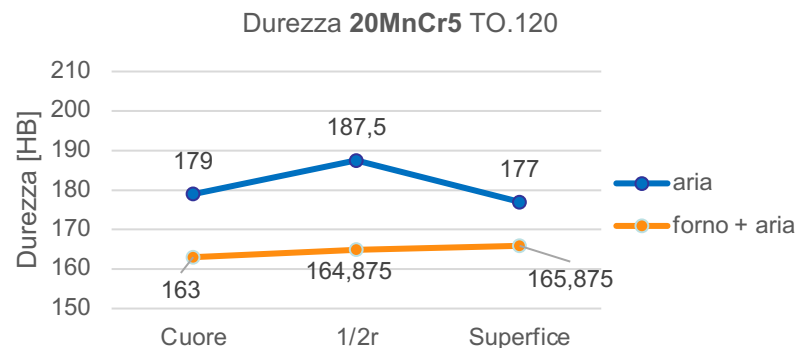
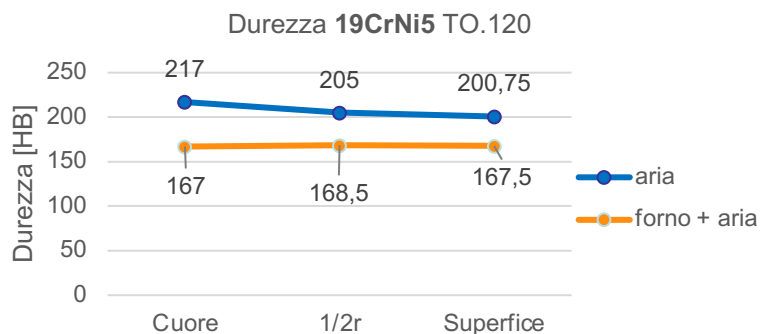
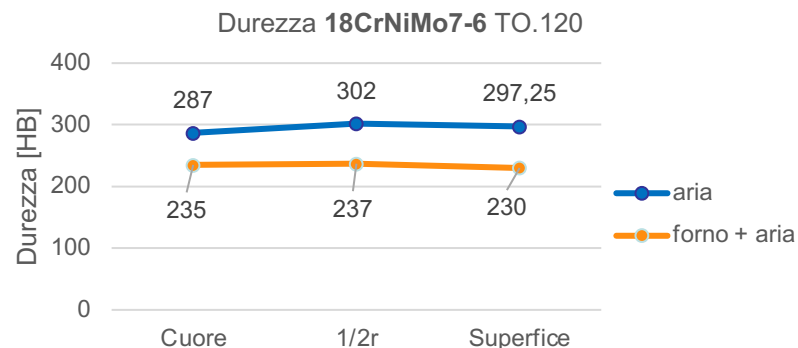
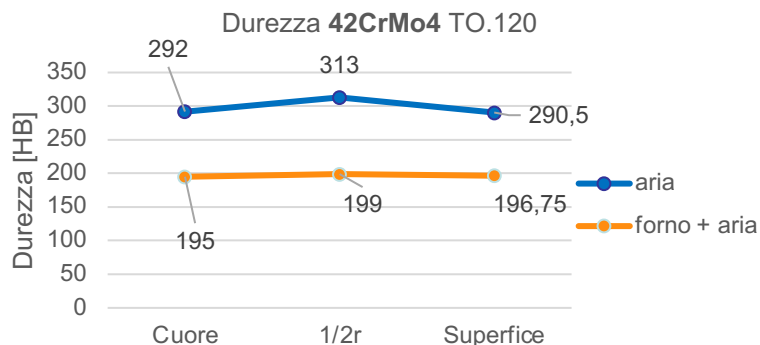
Tipologia acciai	Tempo [min]	Temperatura [°C]	Durezza desiderata [HB]
<b>42CrMo4</b>	70 ± 5	680 ± 10	180 - 240
<b>18CrNiMo7-6</b>	100 ± 5	670 ± 10	180 - 240
<b>19CrNi5</b>	50 ± 5	650 ± 10	180 - 240
<b>20MnCr5</b>	25 ± 5	660 ± 10	180 - 240
<b>20MnCr5+B</b>	25 ± 5	650 ± 10	180 - 240

Per verificare che tali combinazioni siano efficaci (riportino un effettivo calo di durezza nell'acciaio) si sono effettuate:

- Prove di durezza
- Analisi microstrutturali



# Prove di DUREZZA [HB]:



## Riassunto dati ottenuti:

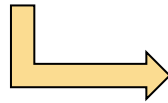
Tipologia acciaio	Durezza dell'attuale processo produttivo [HB] (raffreddamento in aria)	Durezza desiderata [HB]	Durezza da prove meccaniche [HB] (ricottura in forno)
<b>42CrMo4</b>	298,5	180 - 240	197
<b>18CrNiMo7-6</b>	293	180 - 240	234
<b>19CrNi5</b>	207,5	180 - 240	168
<b>20MnCr5</b>	181	180 - 240	164,5
<b>20MnCr5+B</b>	241	180 - 240	169

# Analisi MICROSTRUTTURALI (al microscopio ottico) :

## Provini



superficie trattata con Nital 2% (soluzione 98% alcool e 2% acido nitrico)



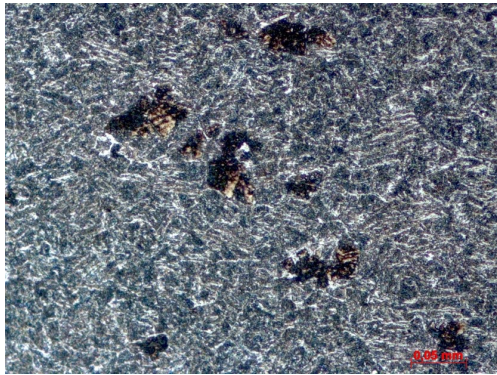
Per evidenziare la struttura cristallina attraverso la corrosione selettiva operata dal reattivo (es. ferrite-cementite)

Riassunto dati ottenuti:

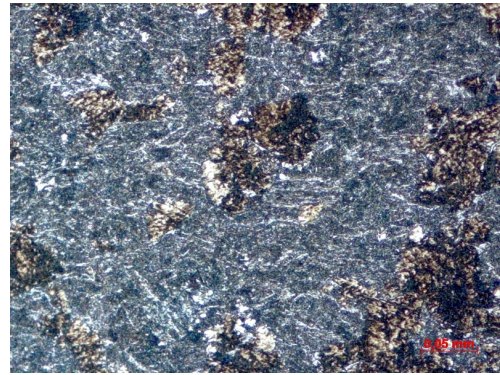
Tipologia acciaio	Microstruttura di maggior interesse (raffreddamento in aria)	Microstruttura di maggior interesse (ricottura in forno e successivo raffreddamento in aria)	Avvenuta trasformazione a livello microstrutturale
<b>42CrMo4</b>	Bainite	Perlite	Si
<b>18CrNiMo7-6</b>	Bainite	Perlite	Si
<b>19CrNi5</b>	Bainite	Perlite	Si
<b>20MnCr5</b>	/	/	
<b>20MnCr5+B</b>	Perlite e segregazione di bainite	Perlite mista	Si

## 42CrMo4:

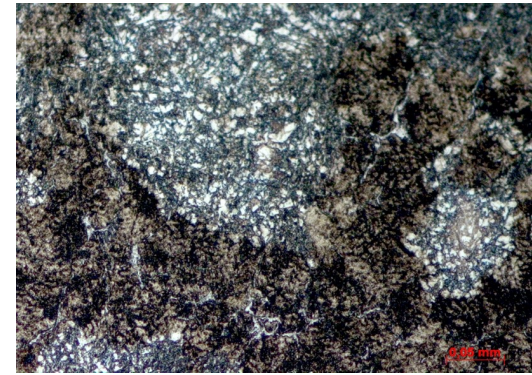
- Trattamento raffreddamento in aria (continuo)



*Superficie*

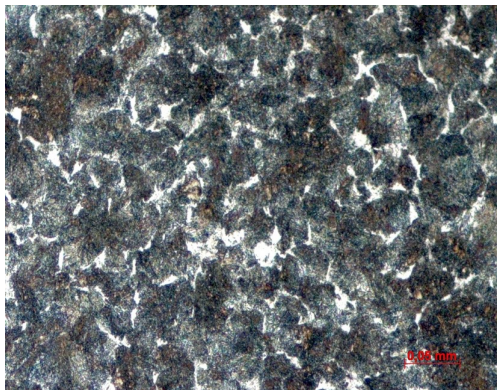


*Metà raggio*

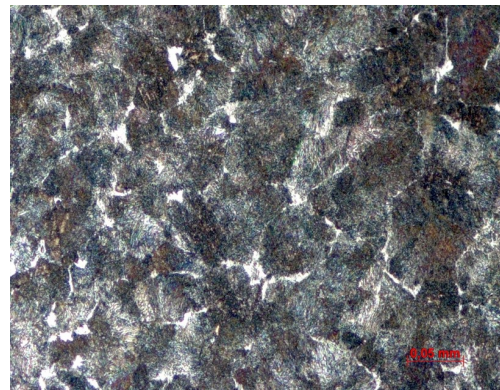


*Cuore*

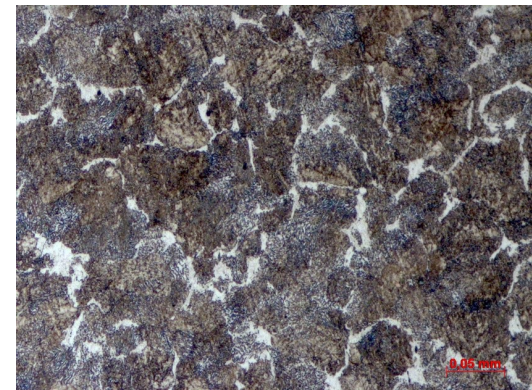
- Raffreddamento in aria calma fino a 680°C e permanenza in forno a circa 680°C per 70 minuti (simulata ricottura) poi raffreddamento in aria calma



*Superficie*



*Metà raggio*



*Cuore*

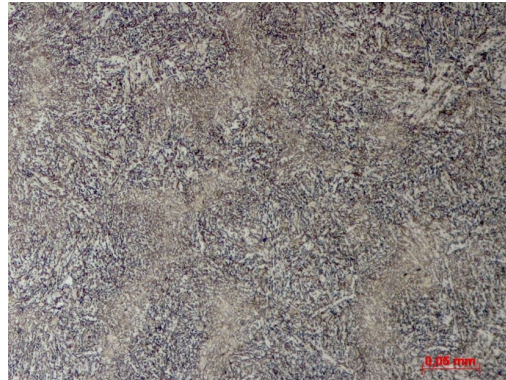


## 18CrNiMo7-6:

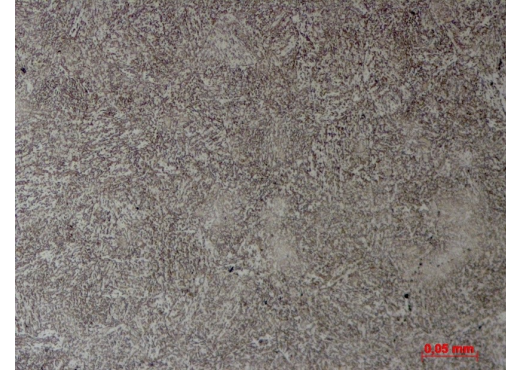
- Trattamento raffreddamento in aria (continuo)



*Superficie*

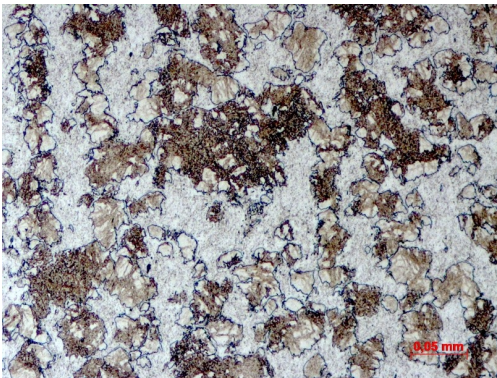


*Metà raggio*

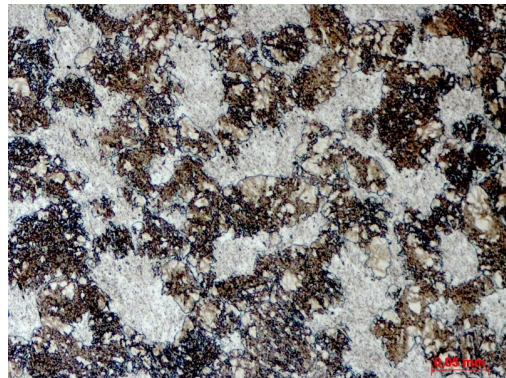


*Cuore*

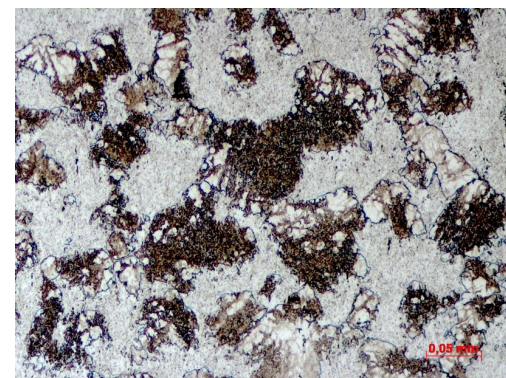
- Raffreddamento in aria calma fino a 670°C e permanenza in forno a circa 670°C per 100 minuti (simulata ricottura) poi raffreddamento in aria calma



*Superficie*



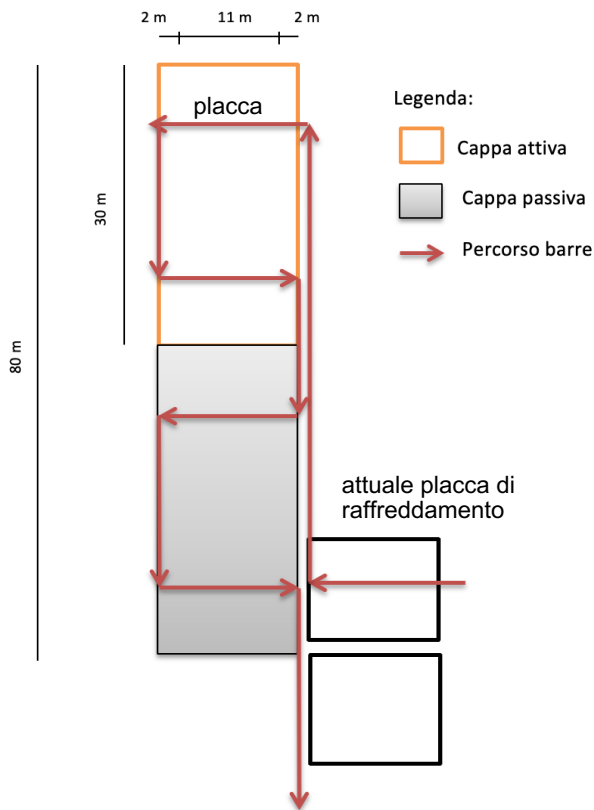
*Metà raggio*



*Cuore*

# PRODUTTIVITÀ [ton/h] (considerate barre singole):

Schema di impianto:



	TO. 90	TO. 120
Produttività di impianto	70	65

42CrMo4	TO. 90	TO.120
l= 6 m	22,22	39,51
l=12 m	44,45	79,02

→ valori accettabili

18CrNiMo7-6	TO. 90	TO.120
l= 6 m	15,17	26,97
l=12 m	30,34	53,93

19CrNi5	TO. 90	TO.120
l= 6 m	30,34	53,93
l=12 m	60,67	107,86

20MnCr5	TO. 90	TO.120
l= 6 m	59,95	119,90
l=12 m	106,58	213,16

20MnCr5+ B	TO. 90	TO.120
l= 6 m	59,95	119,90
l=12 m	106,58	213,16



## IN CONCLUSIONE i risultati ottenuti sono:

Grazie alla corretta combinazione di  
variabili (tempo e temperatura) per la  
cappa attiva



Si è riscontrato un calo di durezza  
(trattamento efficace)

La cappa attiva si posizionerà in linea  
con il laminatoio così da evitare  
trasporti, costi aggiuntivi dovuti dagli  
attuali trattamenti fuori ciclo e un  
abbassamento di CO<sub>2</sub>



Ottenuta durezza di cesoiabilità

## ULTERIORI STUDI:

Si valuterà il passaggio in cappa  
passiva in quanto in condizioni  
industriali può contribuire  
efficacemente all'abbassamento di  
durezze e alla produttività



# RINGRAZIAMENTI

## Azienda ospitante:

Lo studio è stato svolto come attività di tirocinio e su proposta dell'Ingegnere Stelvio Buoro presso i laboratori di Acciaierie Venete S.p.A. situati in via Riviera Francia, Camin (PD) con l'assistenza dell'Ingegnere Marco Bianchi e del Dottor Mattia Basso

