



 POLITECNICO DI MILANO



## **Gli acciai maraging**

Barbara Rivolta  
Dipartimento di Meccanica  
Politecnico di Milano

2 Febbraio 2006, Milano



MAR AGING



MARtensite



AGEING



## 1. Rafforzati al cobalto

Grade	%Ni	%Co	%Mo	%Al	%Ti	%C(max)
<i>18Ni(C-200)</i>	18	8	3.2	0.1	0.2	0.03
<i>18Ni(C-250)</i>	18	8	5.0	0.1	0.4	0.03
<i>18Ni(C-300)</i>	18	9	5.0	0.1	0.6	0.03
<i>18Ni(C-350)</i>	18	12	4.0	0.1	1.4	0.03



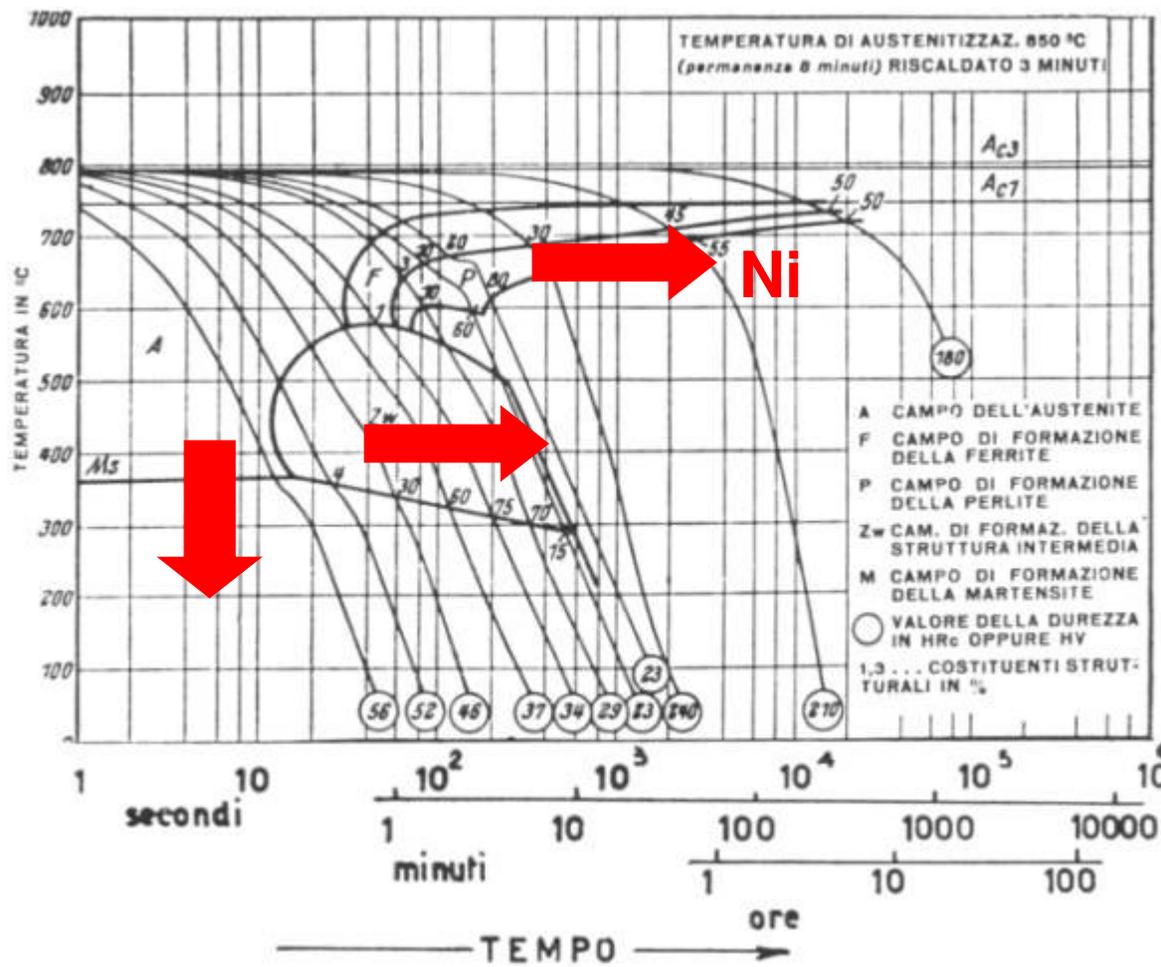
## 2. Rafforzati al titanio

Grade	%Ni	%Co	%Mo	%Al	%Ti	%C(max)
<i>18Ni(T-200)</i>	18	-	3.0	0.1	0.7	0.03
<i>18Ni(T-250)</i>	18	-	3.0	0.1	1.4	0.03
<i>18Ni(T-300)</i>	18	-	4.0	0.1	1.85	0.03



# La trasformazione dell'austenite

Curva di trasformazione anisoterma dell'austenite di un tipico acciaio da bonifica



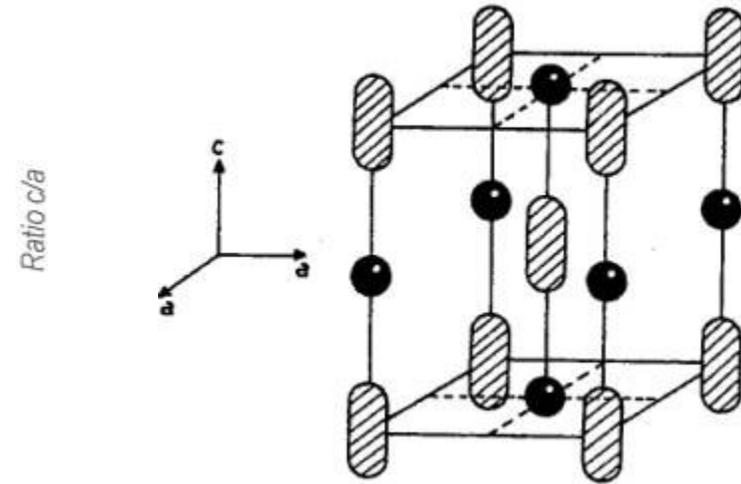
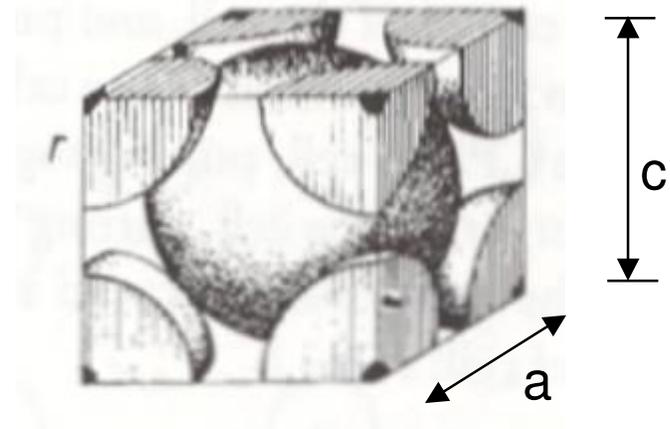
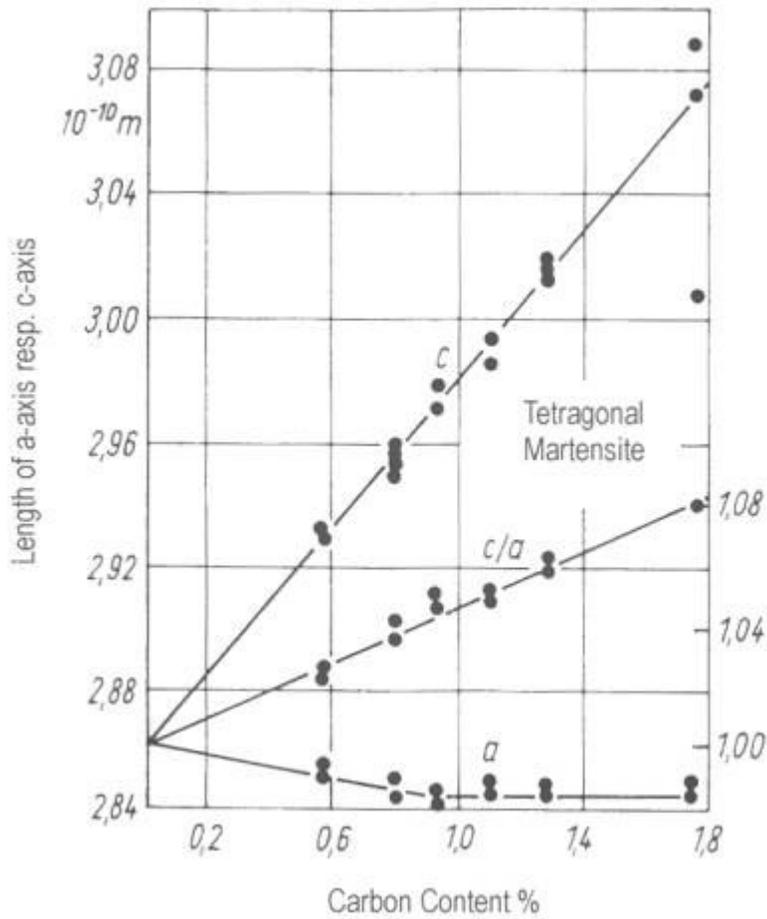
Per i maraging:

$M_s \approx 155^\circ\text{C}$

$M_f \approx 98^\circ\text{C}$

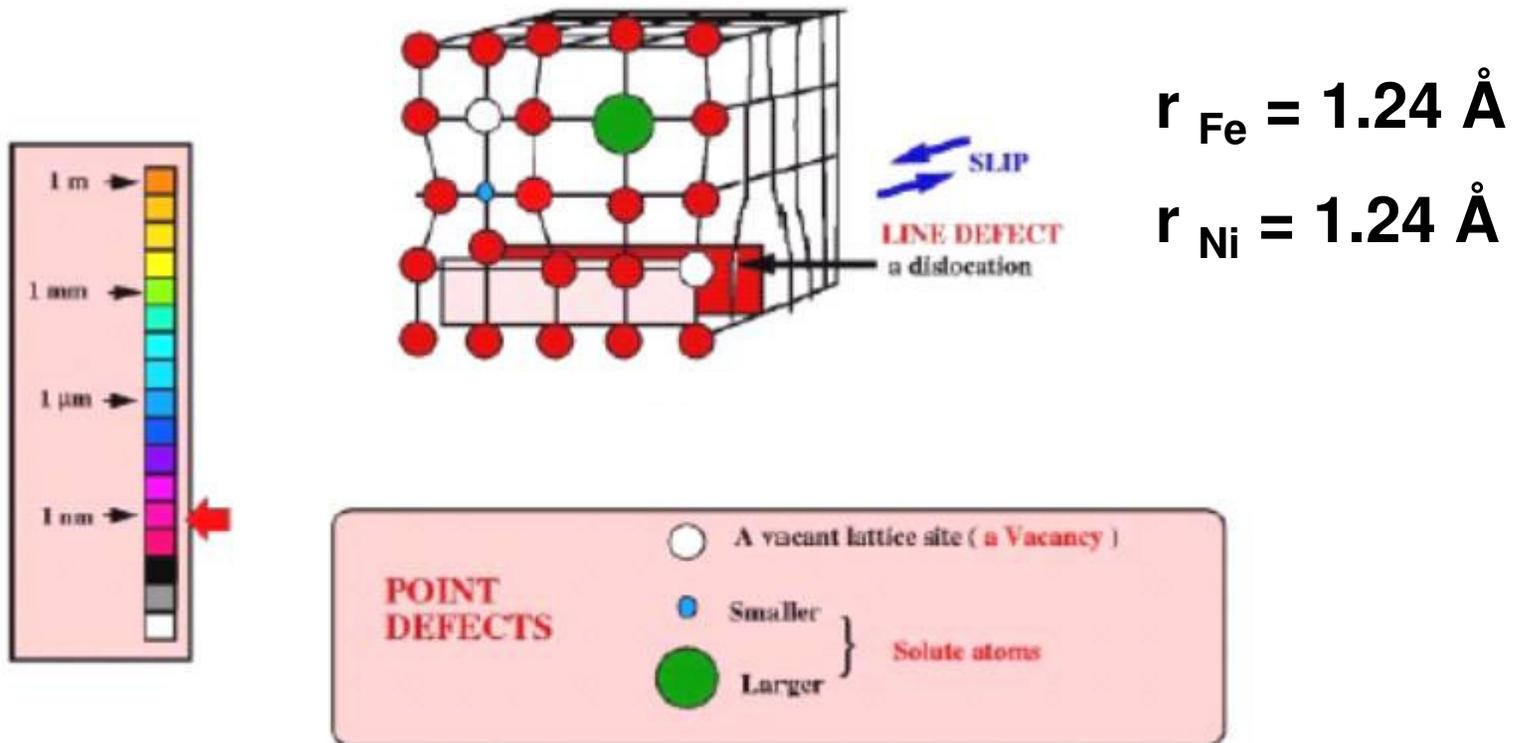


- Martensite con carbonio molto basso



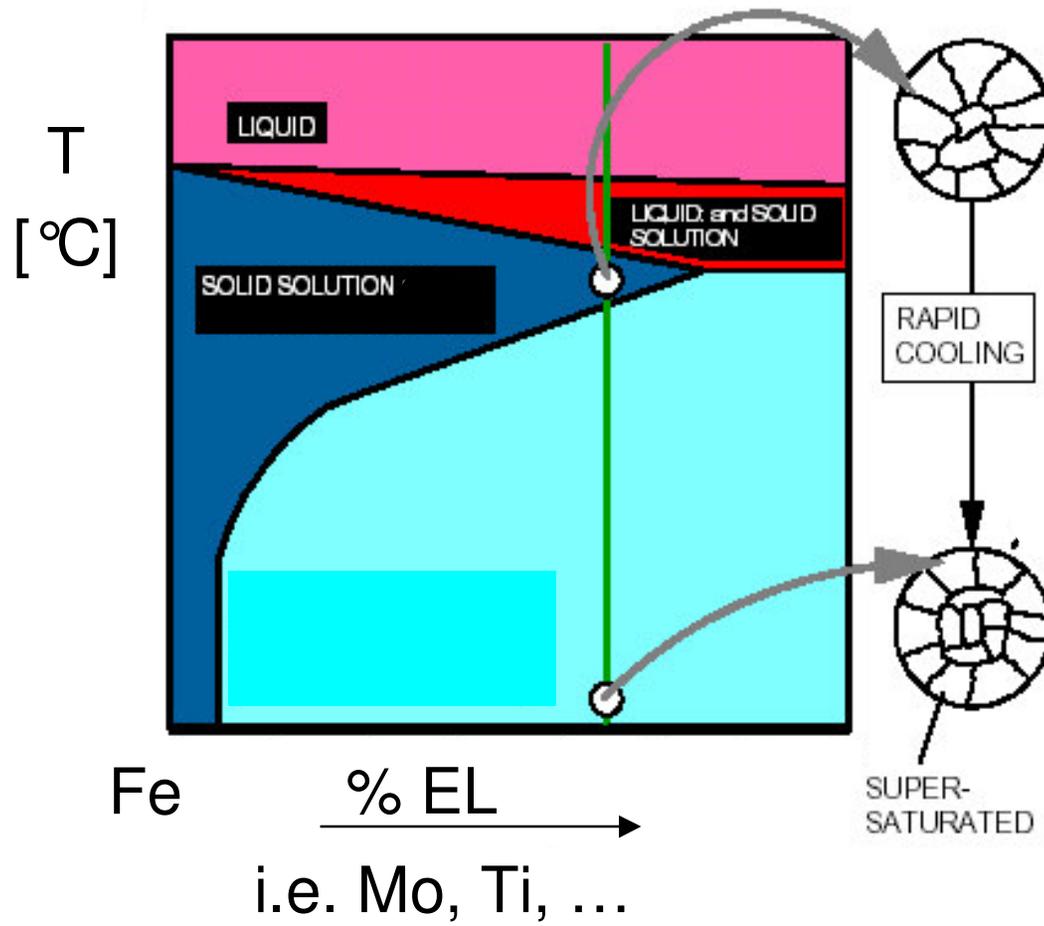


- Martensite ad alto Nichel (atomo sostituzionale)



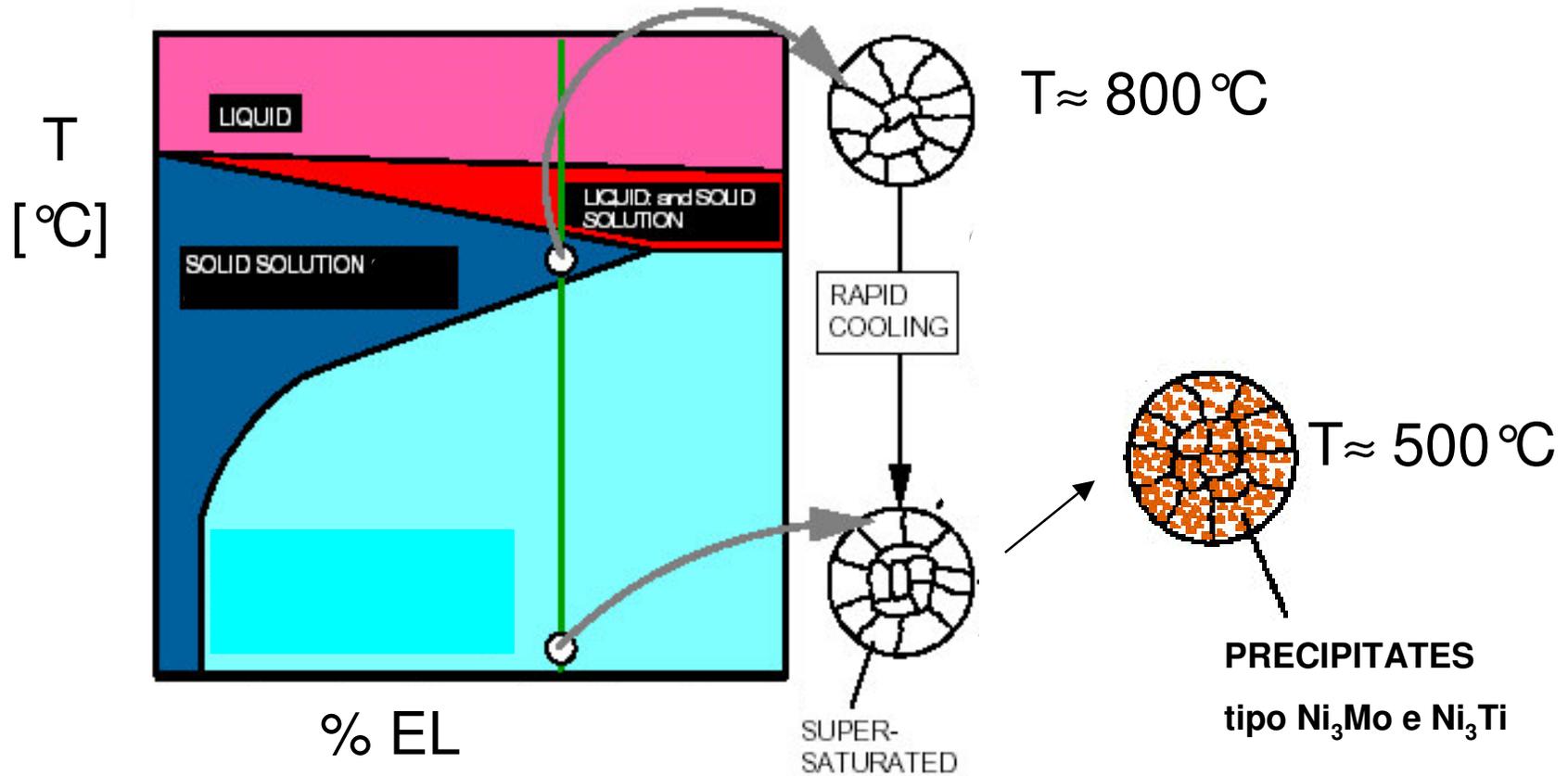


- Martensite sovrasatura



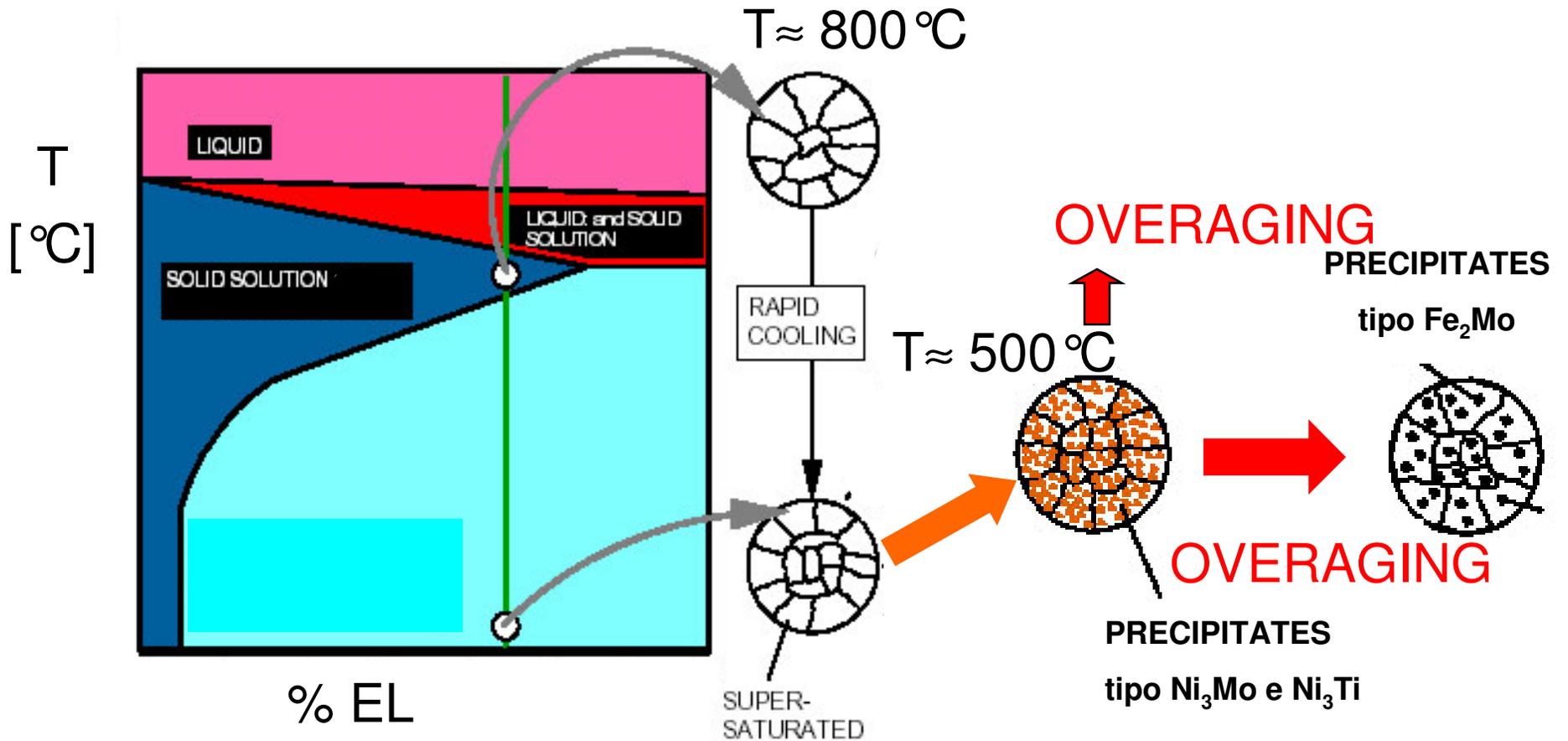


# Age Hardening



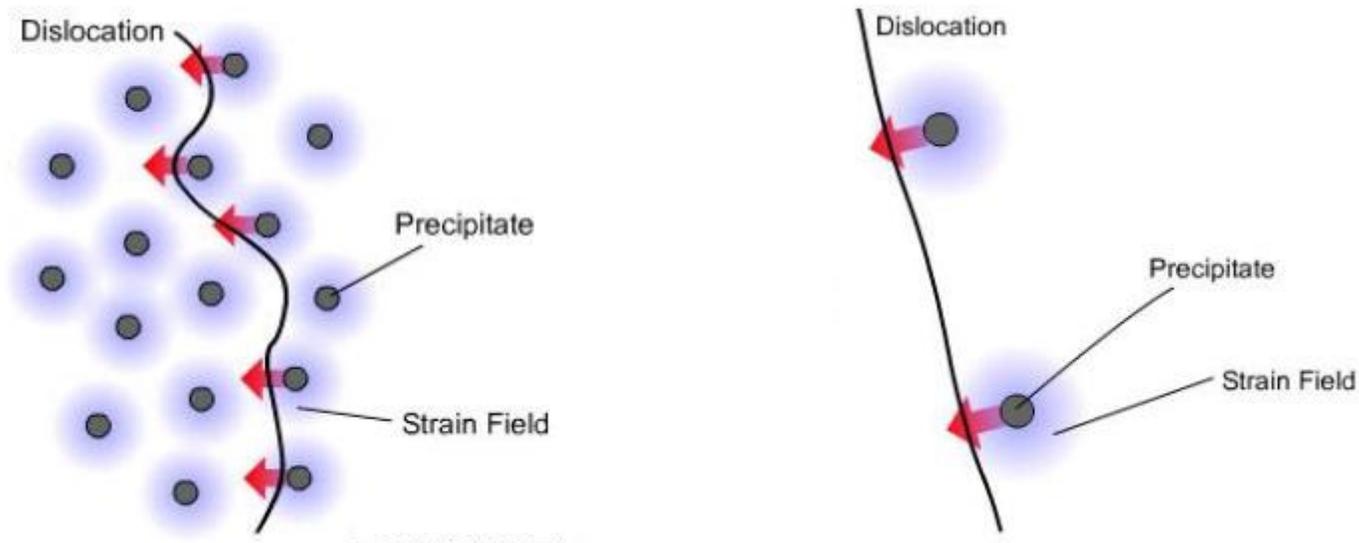


# Overaging



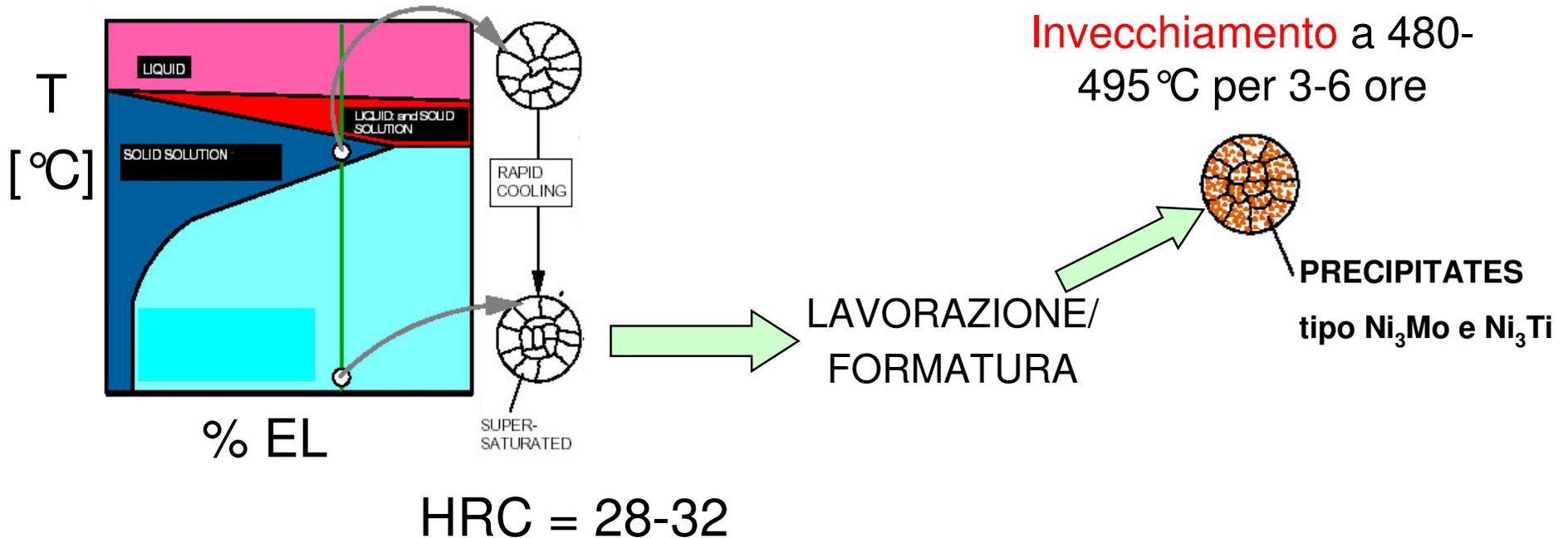


- La presenza di precipitati all'interno della matrice metallica porta ad un rafforzamento in quanto ostacola il movimento delle dislocazioni.
- I precipitati coerenti se distribuiti uniformemente e se di adeguate dimensioni portano al più efficace rafforzamento





- Normalmente gli acciai maraging sono forniti dopo tempra di soluzione



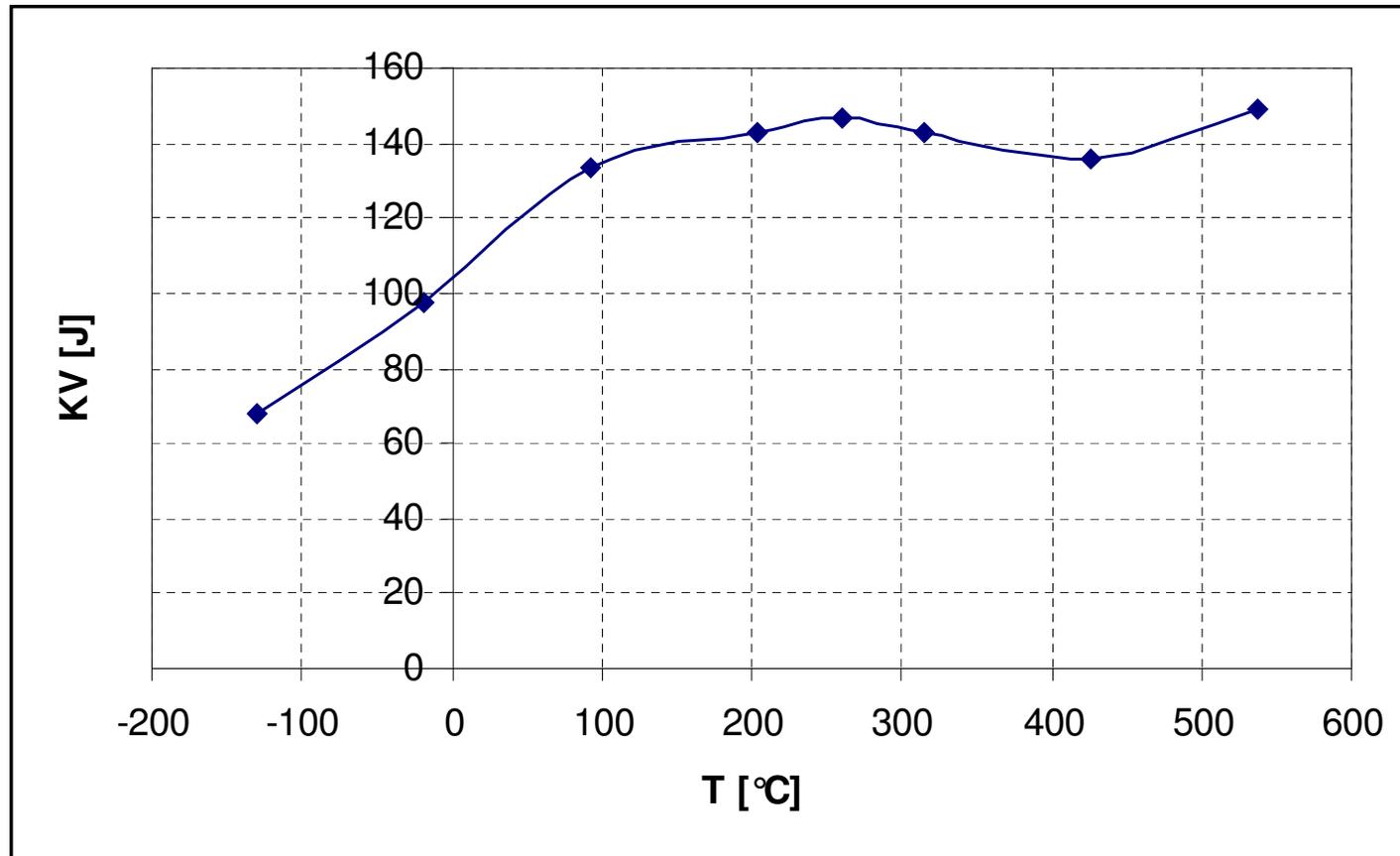


	<b>T-200</b>	<b>T-250</b>	<b>T-300</b>
<i>Ultimate Tensile, ksi (MPa)</i>	210 (1448)	260 (1793)	290 (1999)
<i>0.2% Yield, ksi (MPa)</i>	205 (1413)	255 (1758)	285 (1965)
<i>Elongation, %</i>	14	11	10
<i>Reduction of area, %</i>	68	58	51
<i>Charpy V-Notch, ft-lb (J)</i>	81 (110)	25 (34)	15 (20)
<i>Fatigue Endurance Limit (108 cycles), ksi (MPa)</i>	110 (758)	110 (758)	120 (827)
<i>HRC</i>	43/47	49/52	52/55

Tempra di soluzione a 815°C, raffreddamento  
in aria e invecchiamento a 482°C per 3 ore



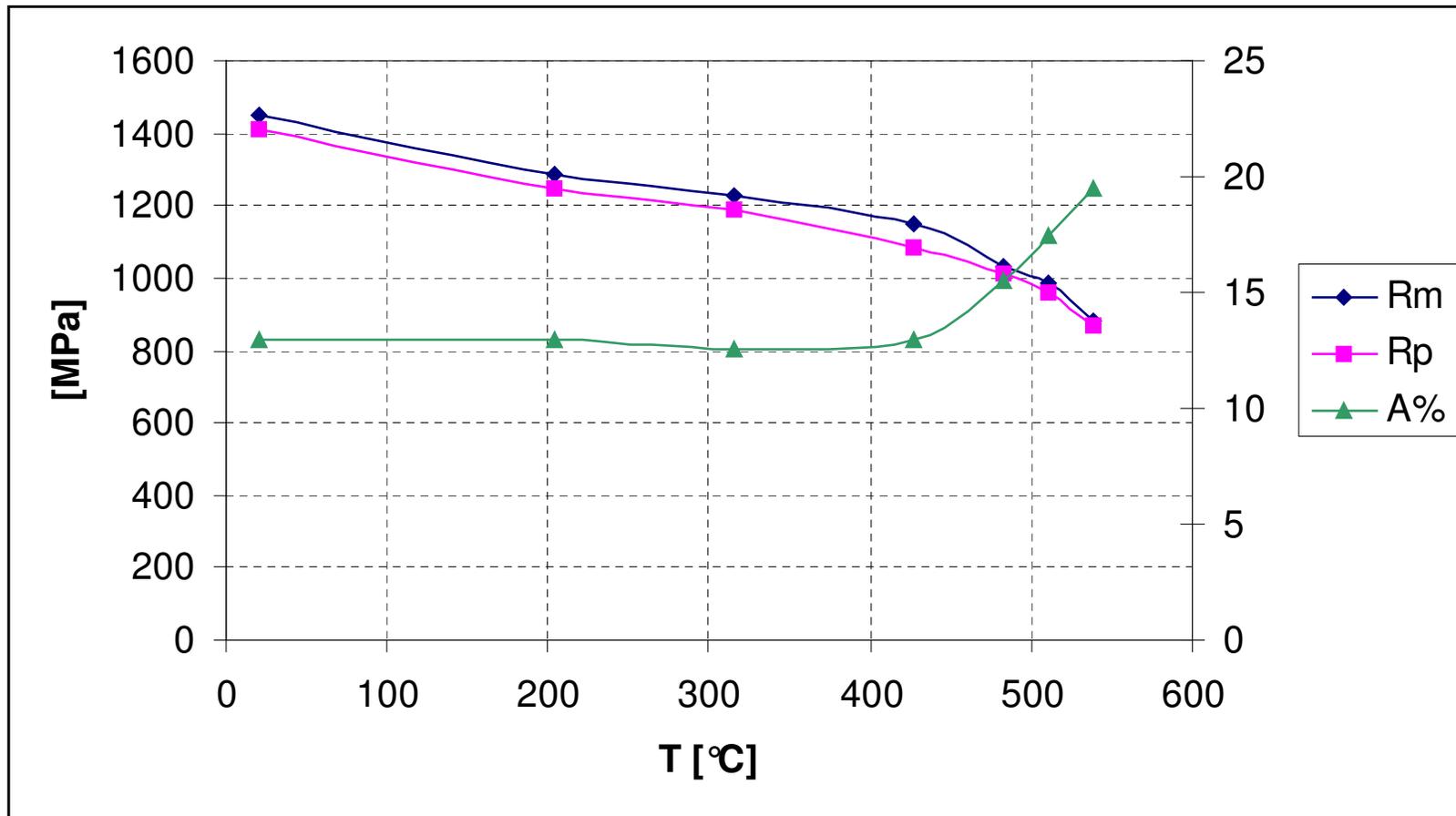
## Effect of Test Temperature on Charpy V-Notch Impact Strength

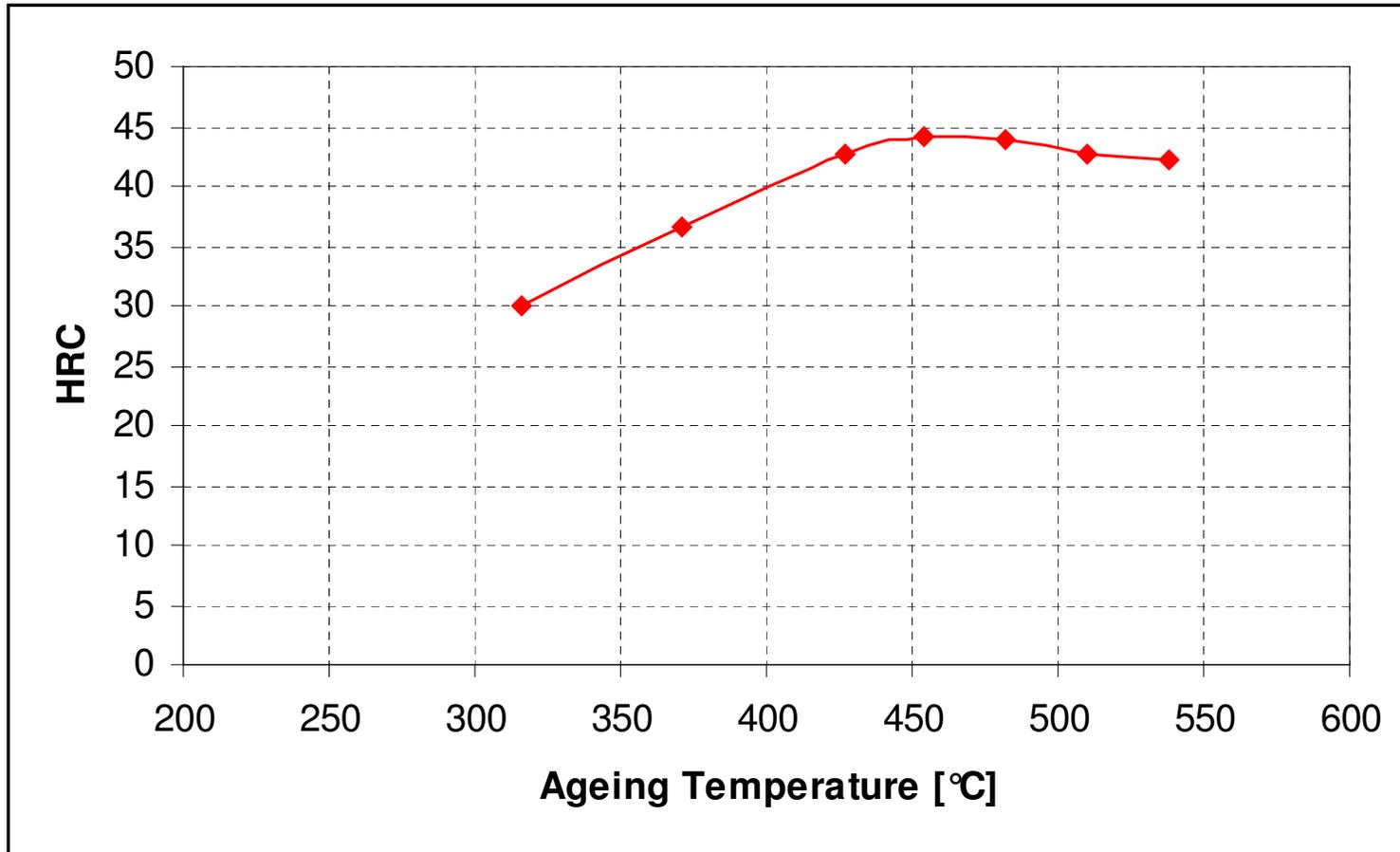


Tempra di soluzione a 815 °C, raffreddamento in aria e invecchiamento a 482 °C per 3 ore



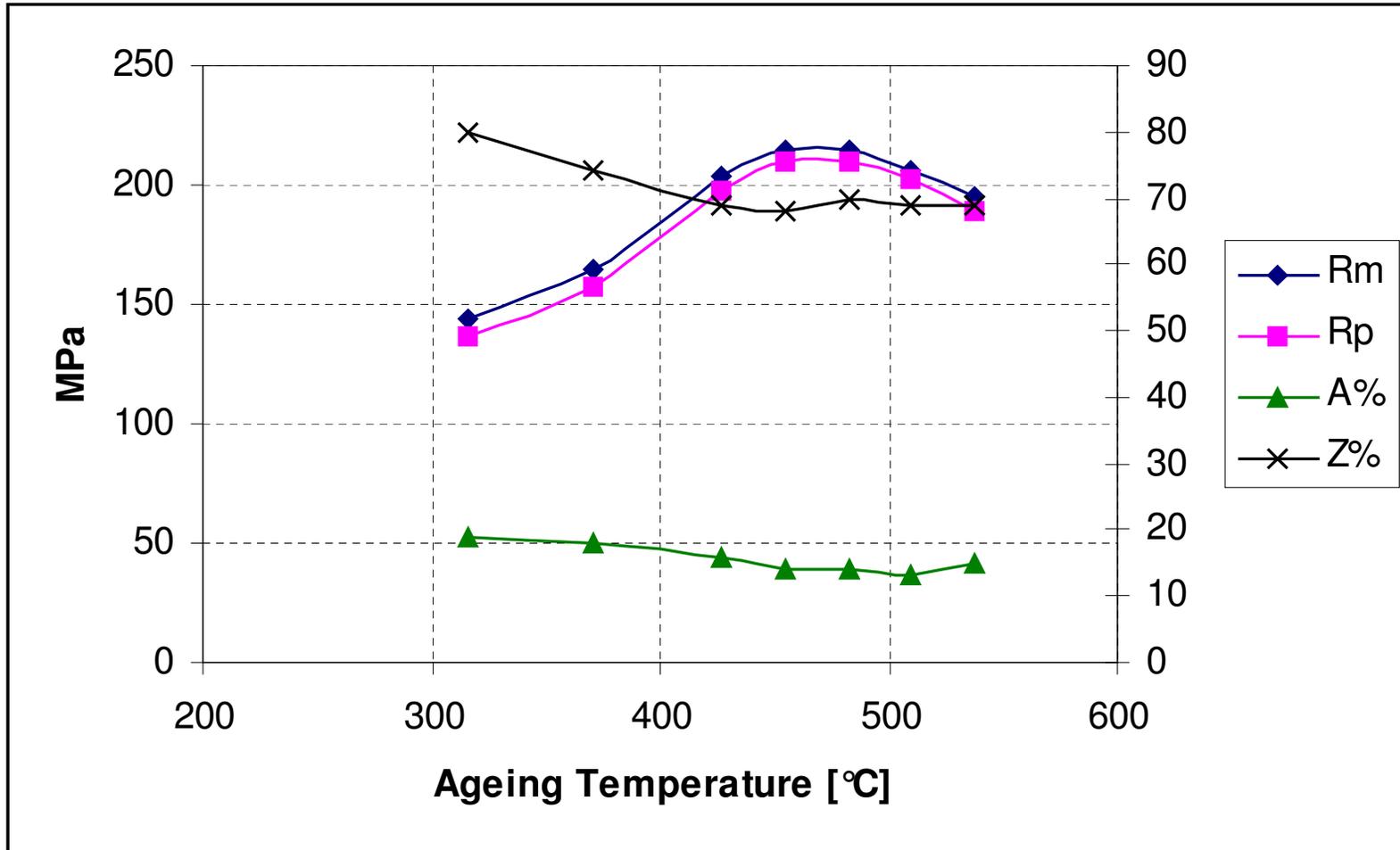
## Caratteristiche meccaniche ad alta temperatura





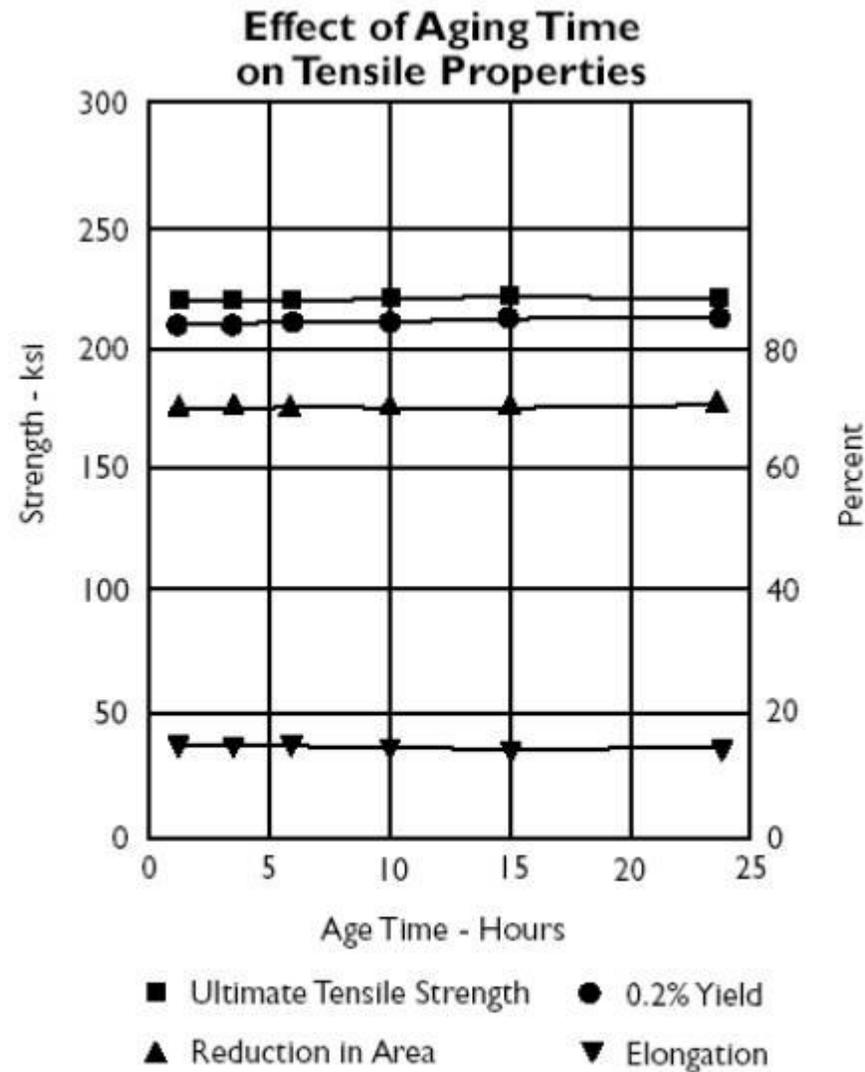
Solution annealed 1500°F, 1h

Aged for six hours at the indicated temperature



Solution annealed 1500°F, 1h

Aged for six hours at the indicated temperature



All specimens solution annealed for one hour at 1500° F, air cooled and aged at 900° F for the times indicated.



### Vantaggi:

- ✓ Proprietà meccaniche eccellenti
  - resistenza meccanica
  - tenacità, anche a bassa temperatura
  - resistenza a fatica
  
- ✓ Lavorabilità e formabilità eccellente nello stato solubilizzato
  - buona lavorabilità alle macchine utensili
  - buona formabilità
  - alta resistenza alla propagazione di cricche
  - buona saldabilità
  
- ✓ Facilità nel trattamento termico
  - bassa temperatura,
  - minime distorsioni
  - variazione dimensionale minima e prevedibile
  - non richiesta atmosfera protettiva



### Svantaggi:

- ✓ COSTI ELEVATI