



 POLITECNICO DI MILANO



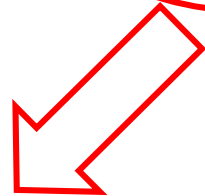
## **Gli acciai maraging**

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    |

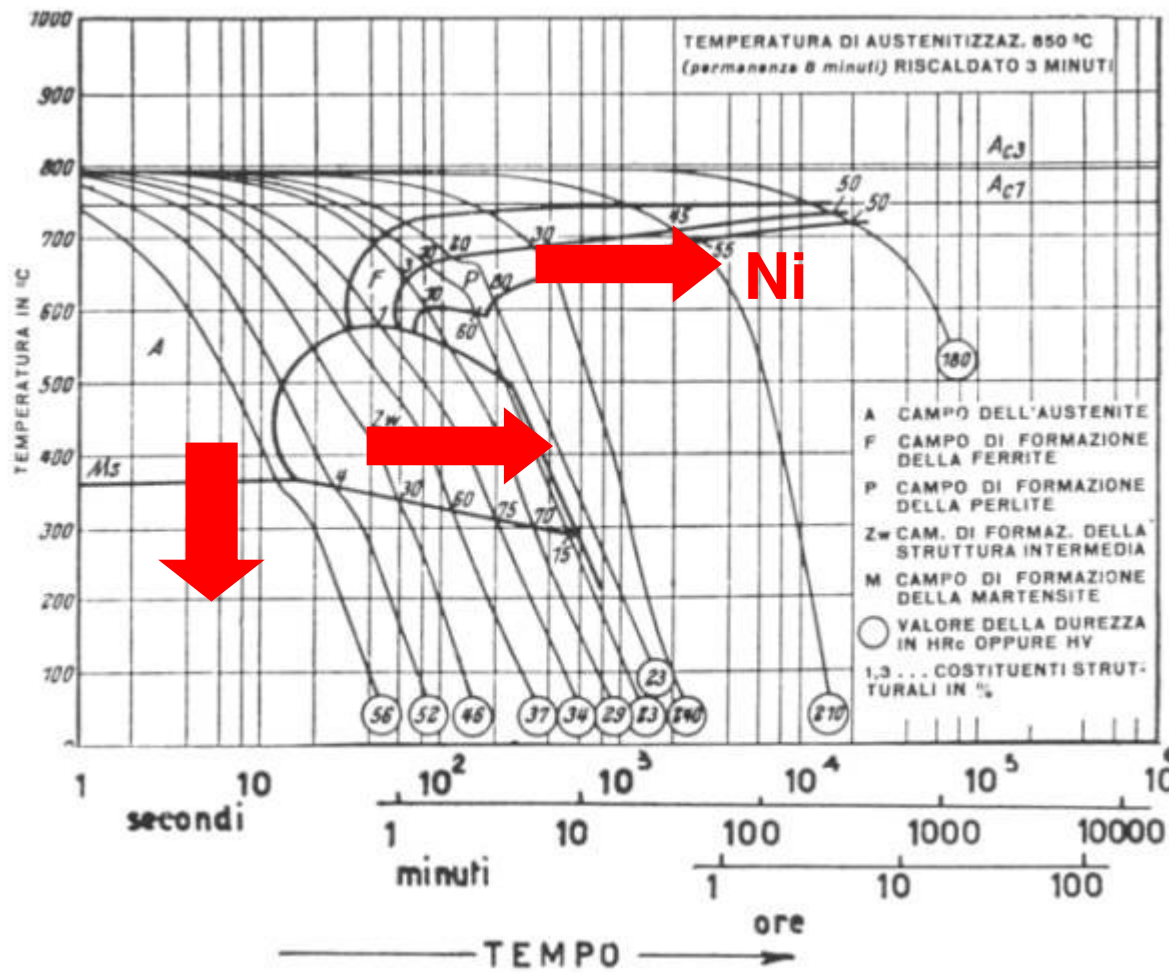


## 2. Rafforzati al titanio

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



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



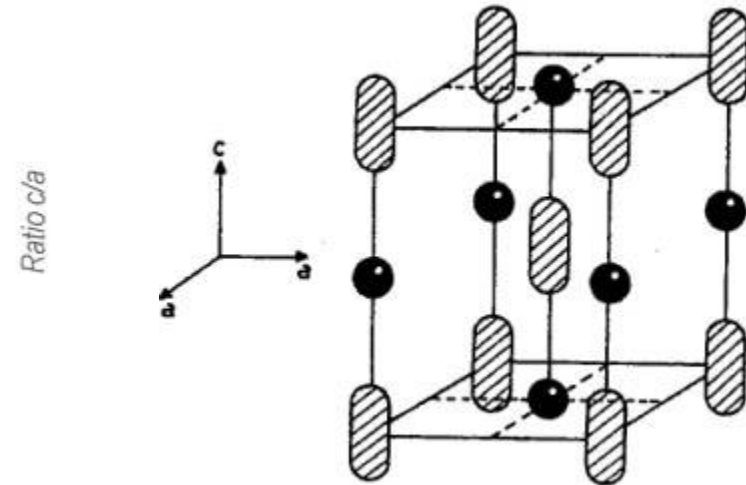
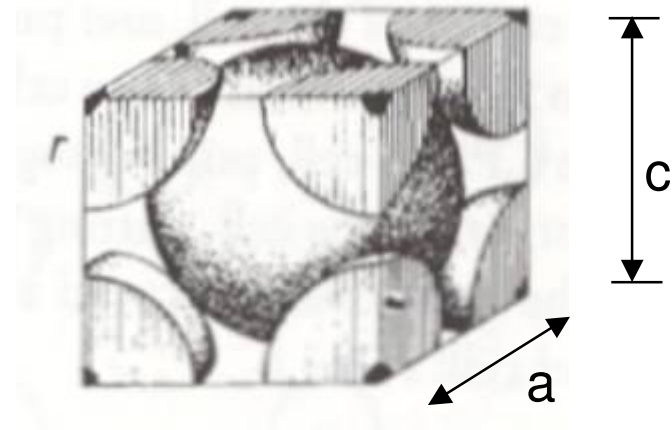
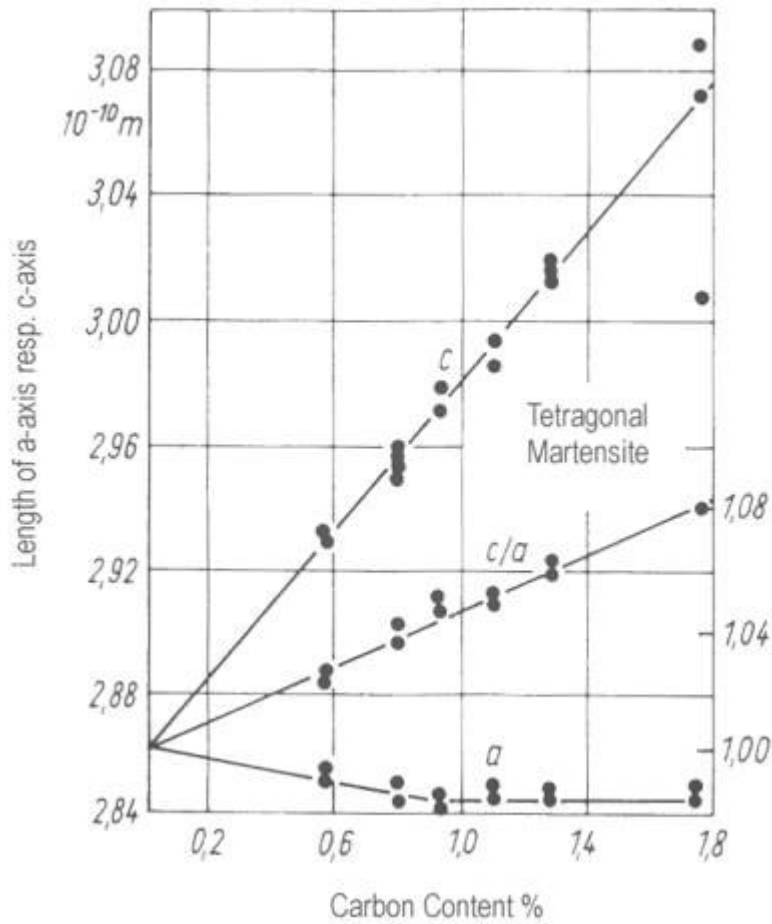
Per i maraging:

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

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

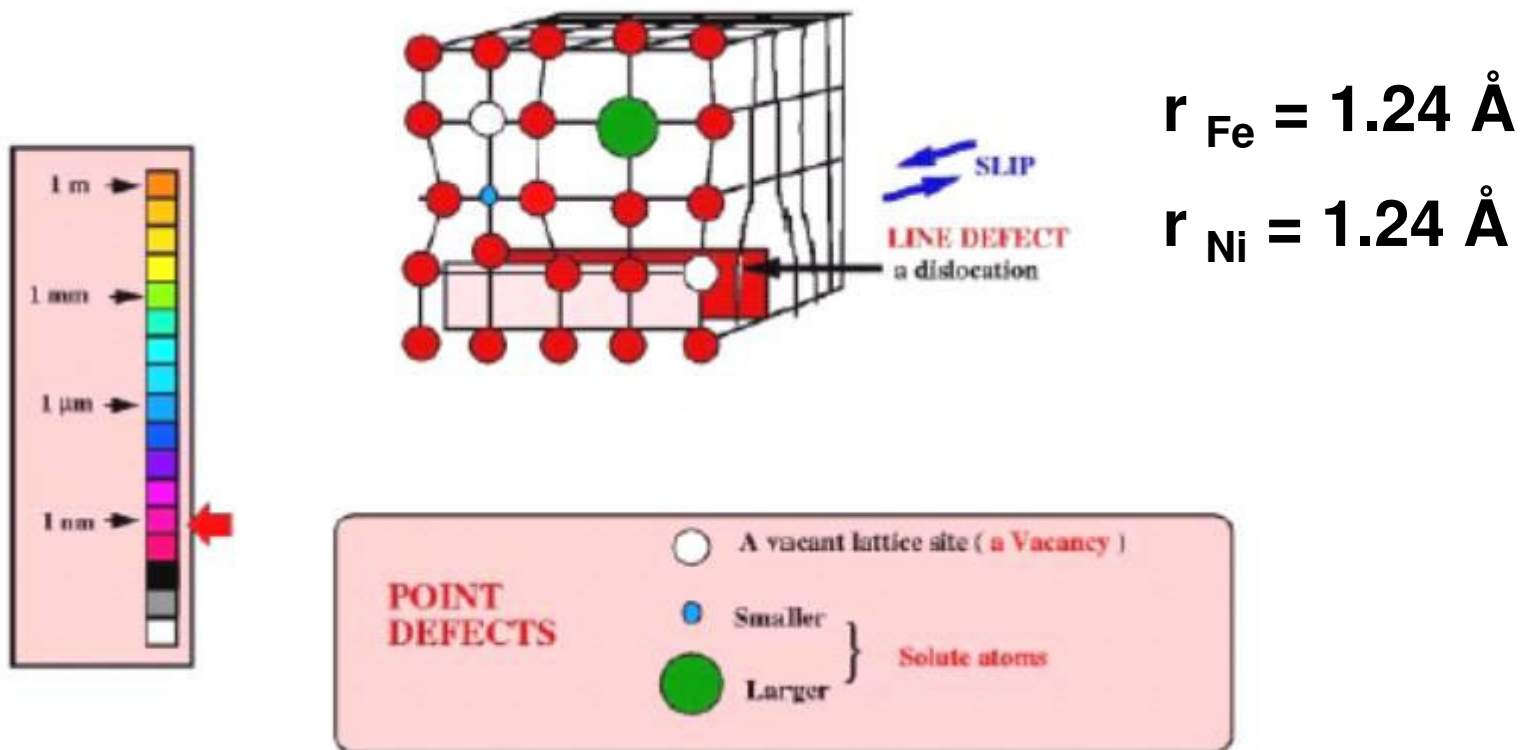


- Martensite con carbonio molto basso



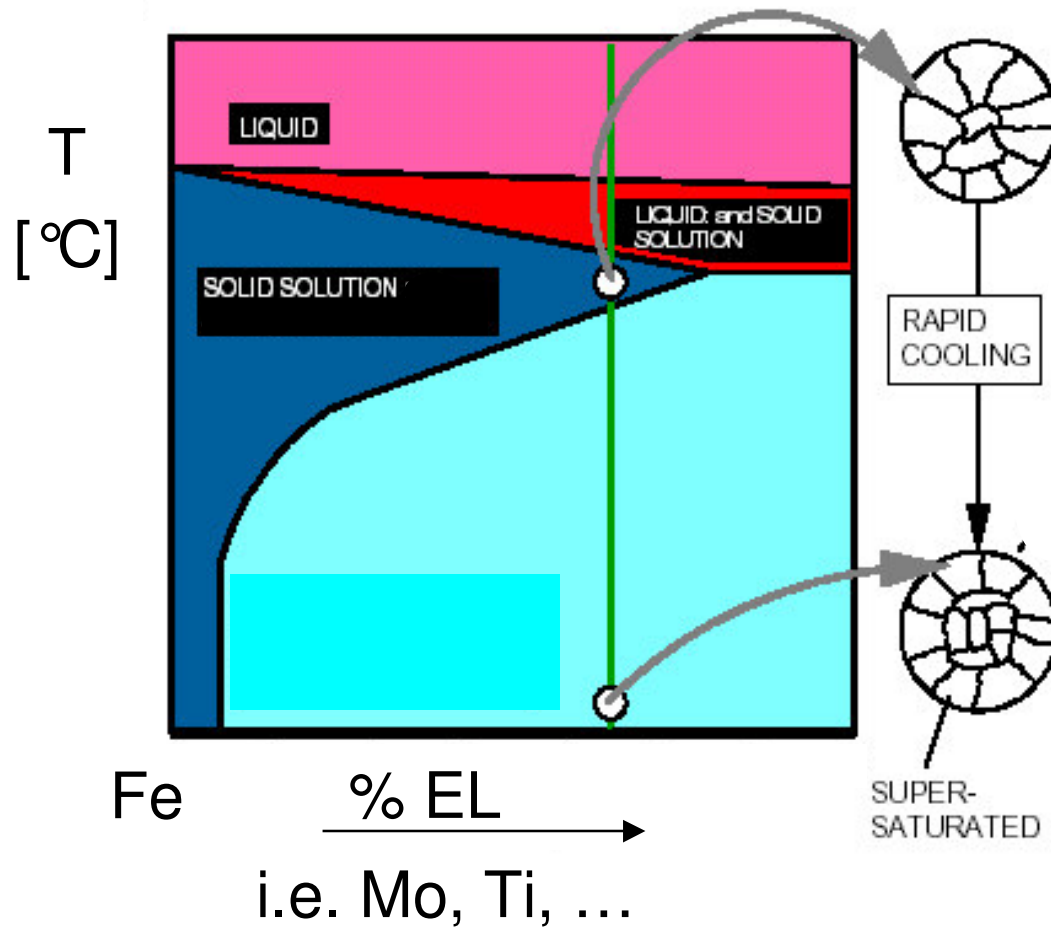


- Martensite ad alto Nichel (atomo sostituzionale)





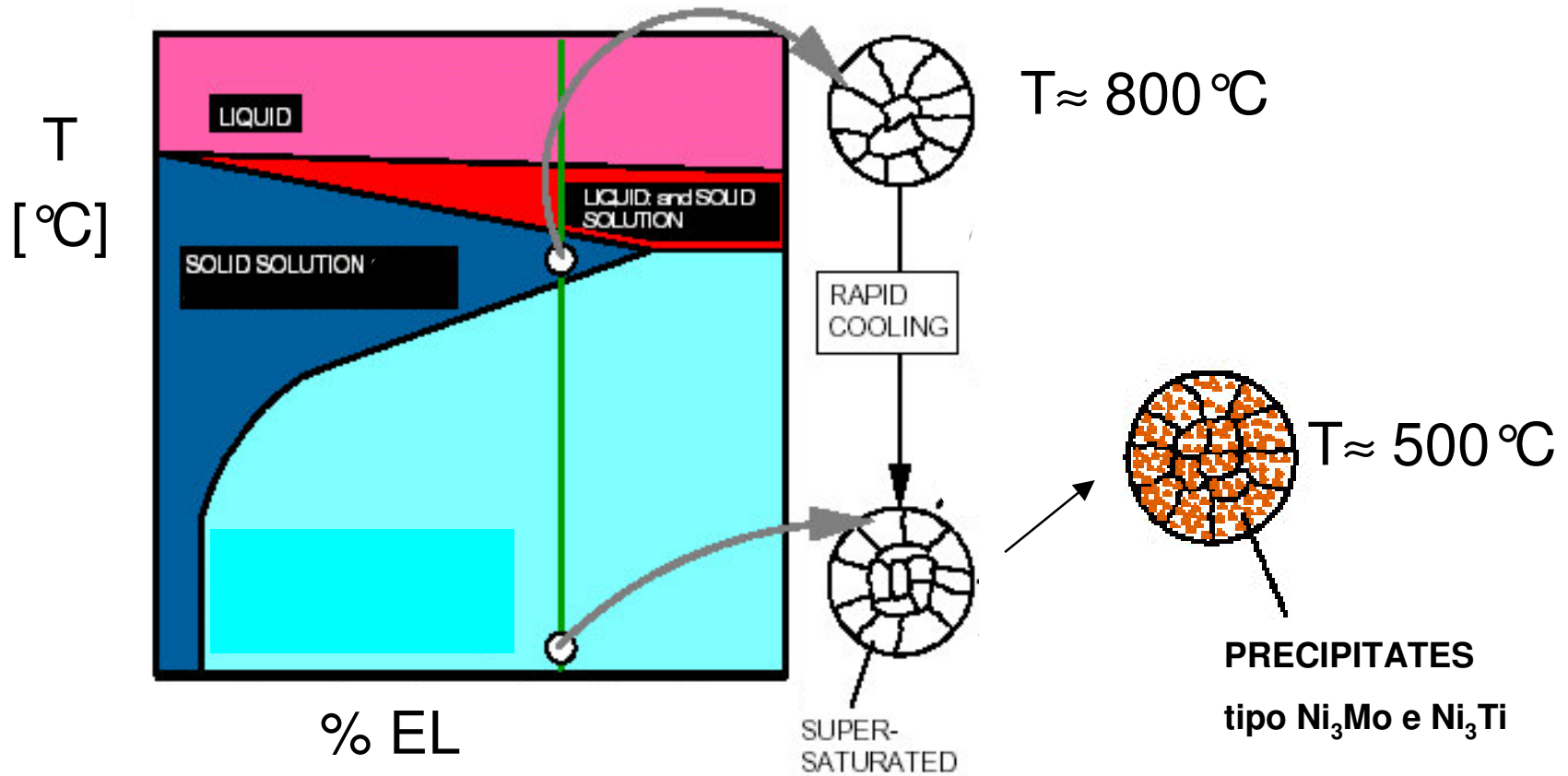
- Martensite sovrasatura





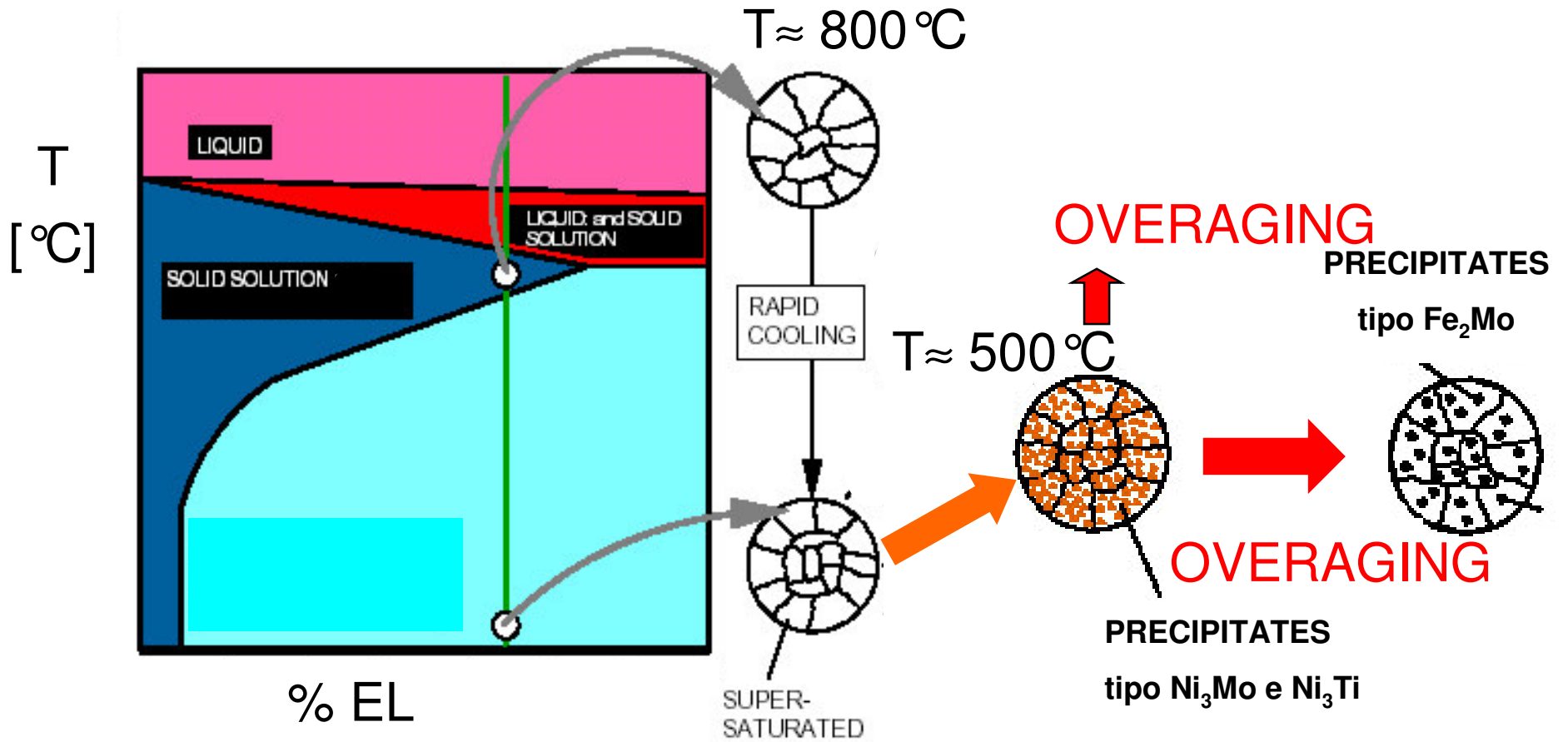


# Age Hardening



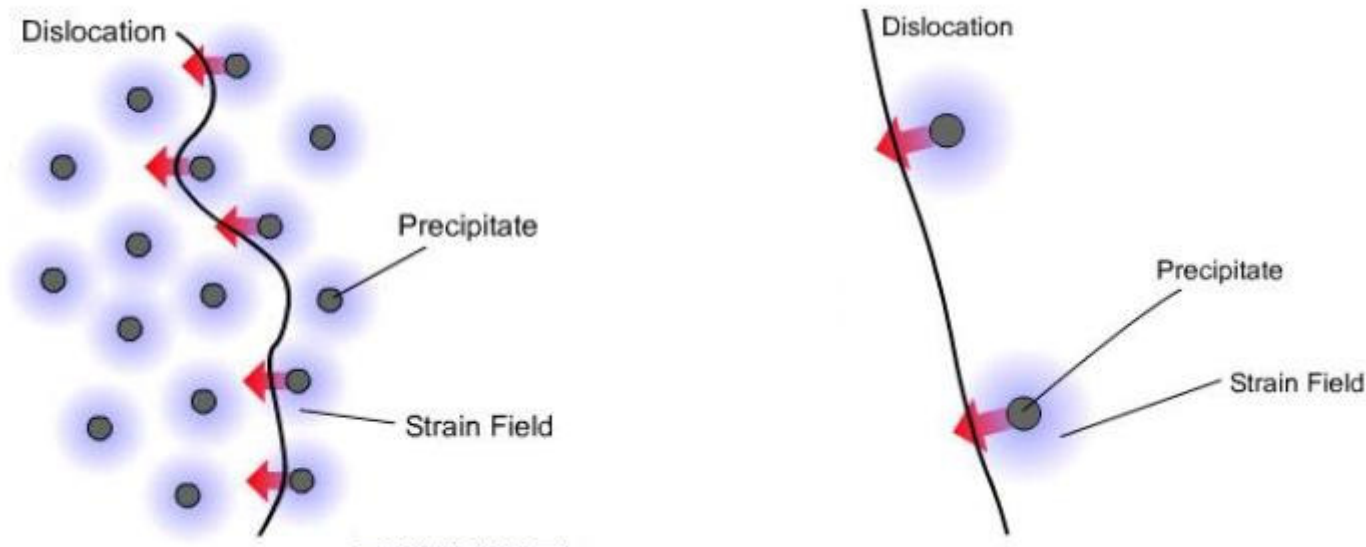


# Overaging



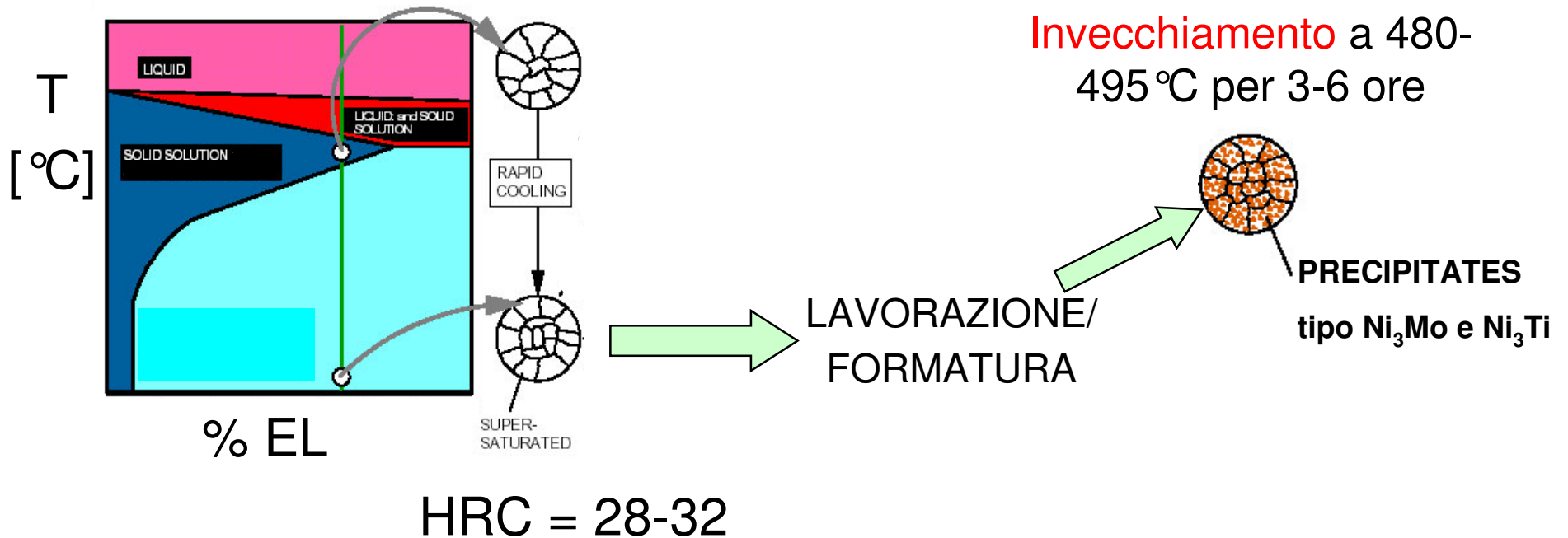


- La presenza di precipitati all'interno della matrice metallica porta ad un rafforzamento in quanto ostacola il movimento delle dislocazioni.
- I precipitati coerenti se distribuiti uniformemente e se di adeguate dimensioni portano al più efficace rafforzamento





- Normalmente gli acciai maraging sono forniti dopo tempra di soluzione



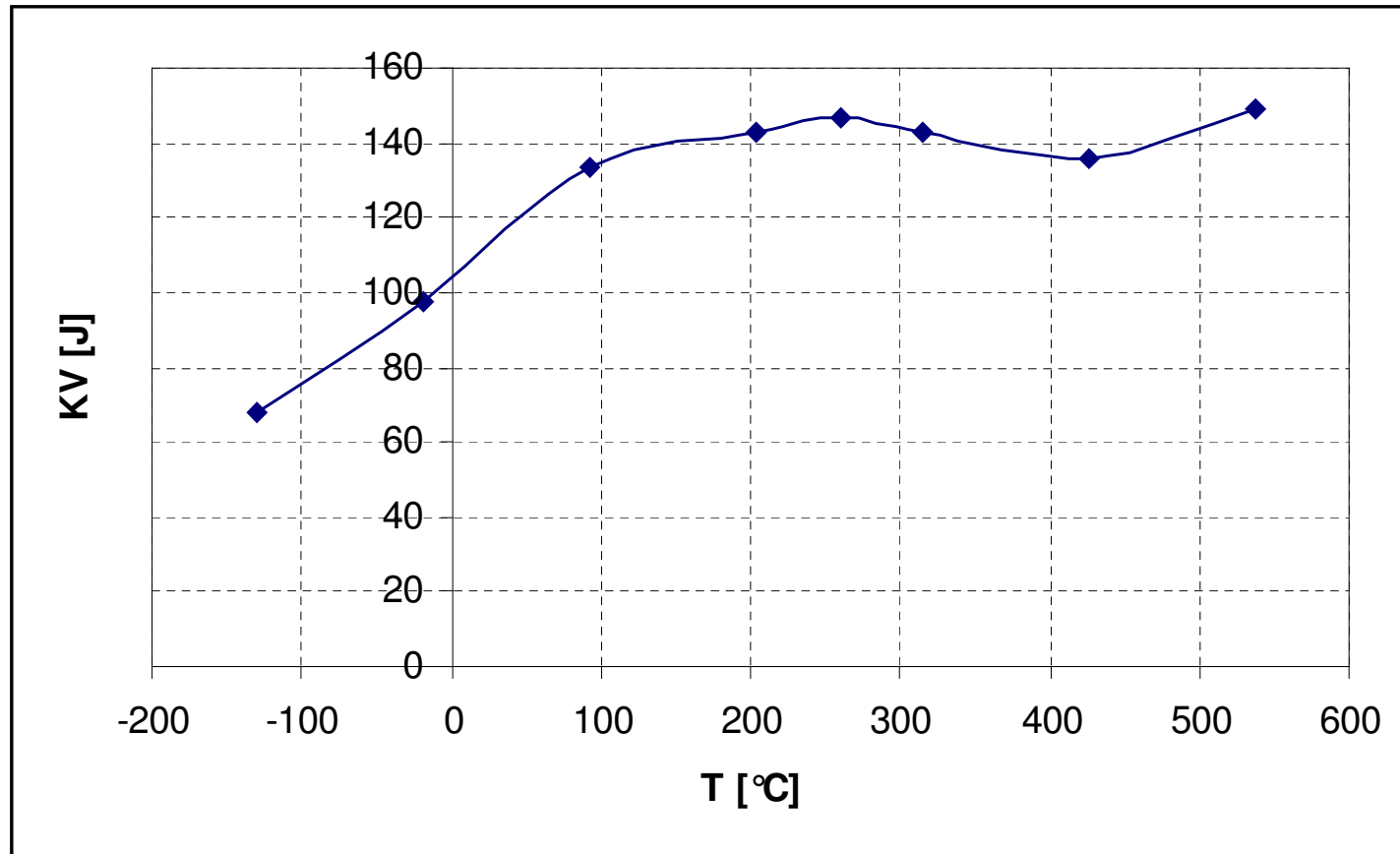


|  | <b>T-200</b> | <b>T-250</b> | <b>T-300</b> |
|--|--------------|--------------|--------------|
| <i>Ultimate Tensile, ksi (MPa)</i>                         | 210 (1448)   | 260 (1793)   | 290 (1999)   |
| <i>0.2% Yield, ksi (MPa)</i>                               | 205 (1413)   | 255 (1758)   | 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<br/>(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



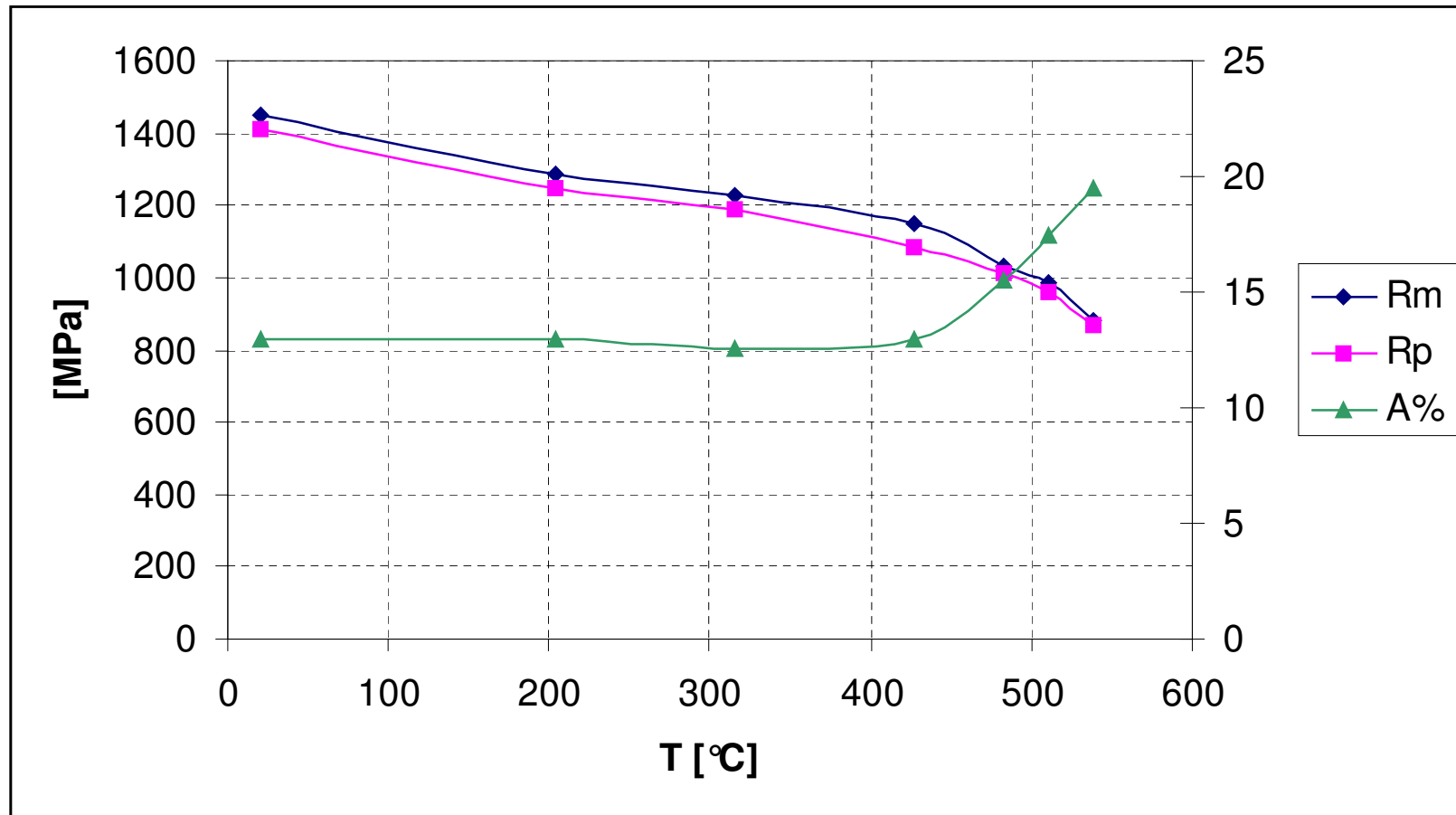
## Effect of Test Temperature on Charpy V-Notch Impact Strength

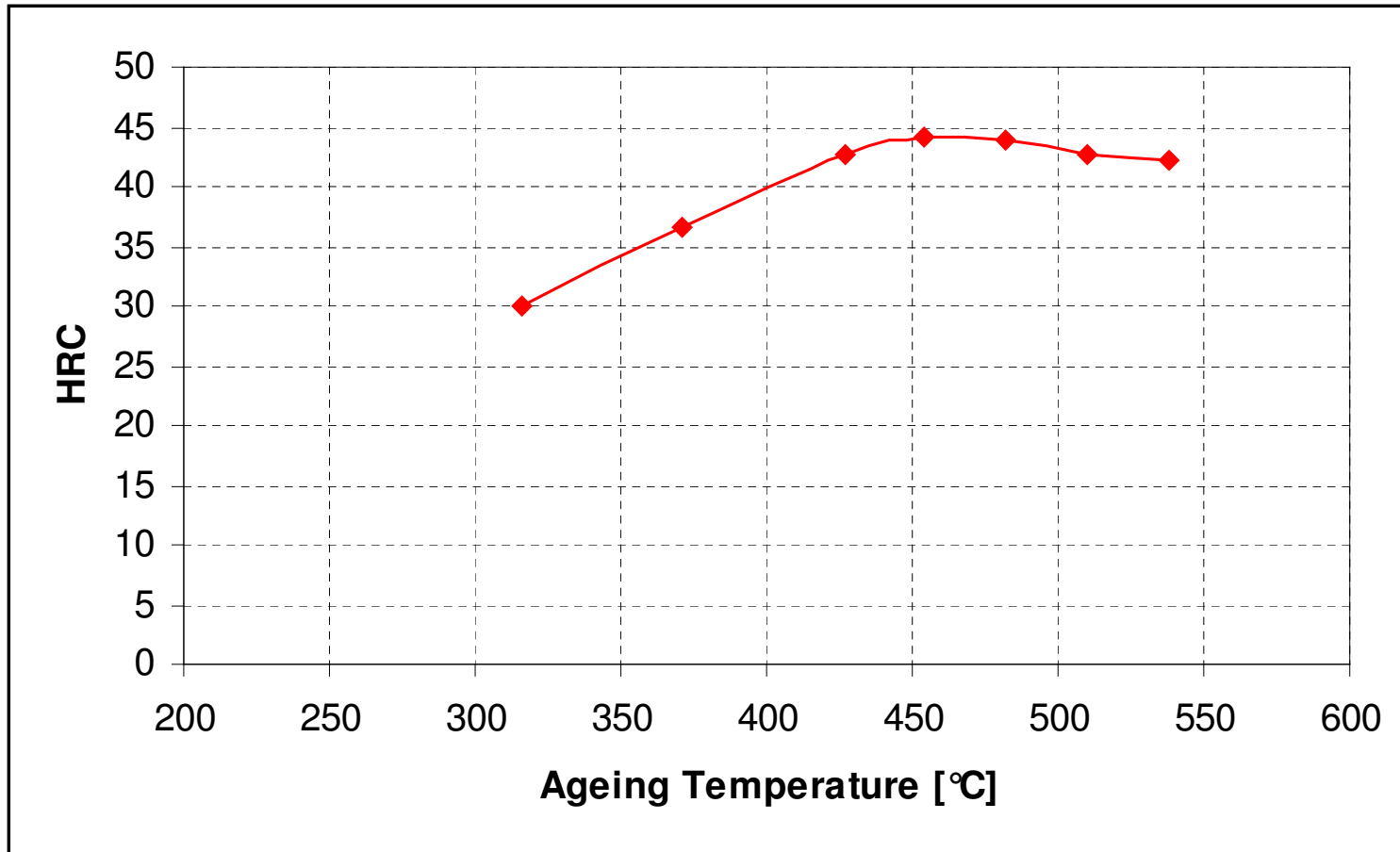


Tempra di soluzione a 815 °C, raffreddamento in aria e invecchiamento a 482 °C per 3 ore



## Caratteristiche meccaniche ad alta temperatura

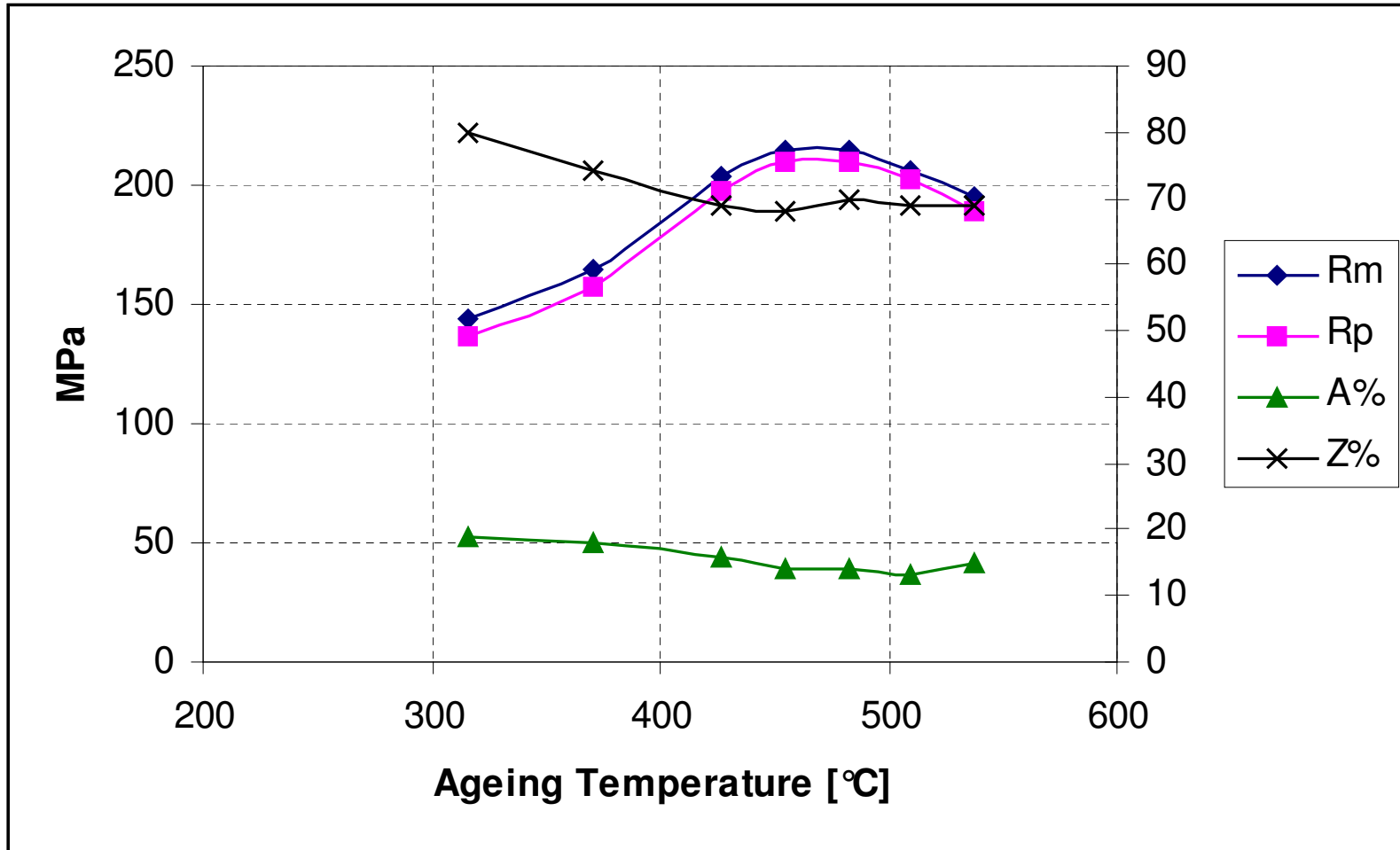




Solution annealed 1500°F, 1h

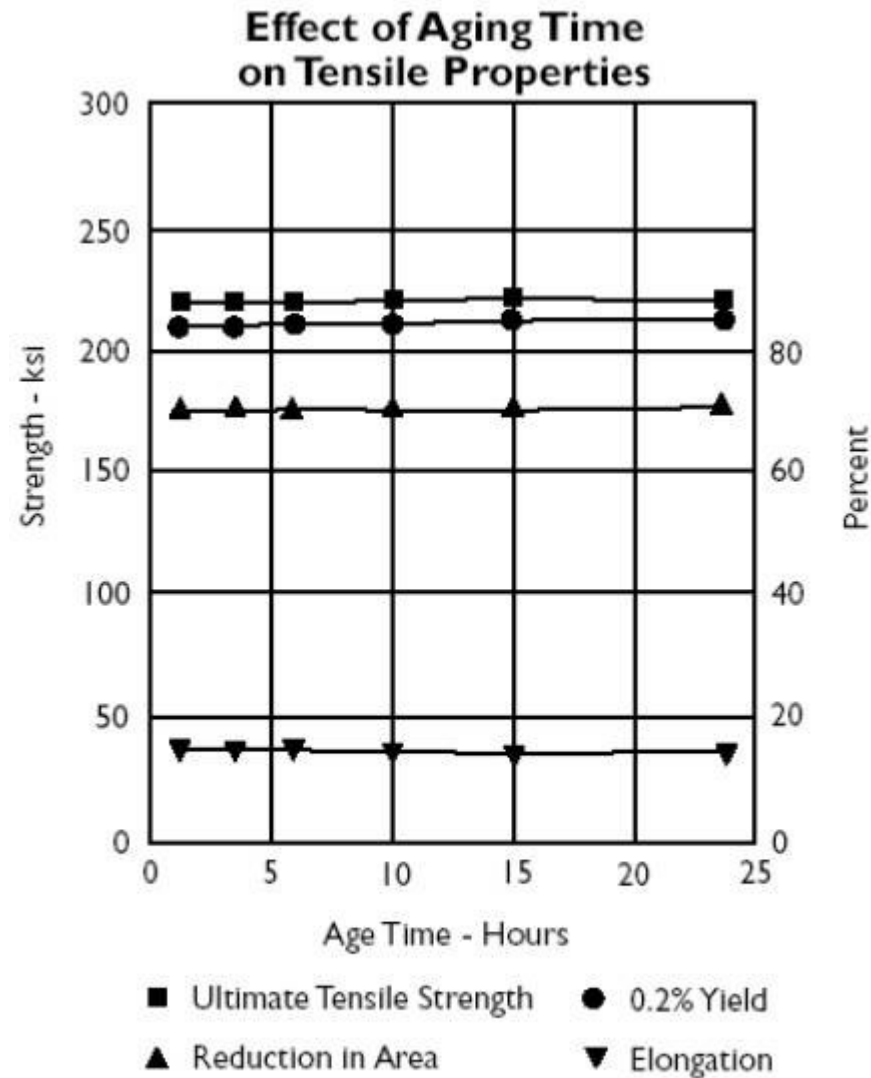
Aged for six hours at the indicated temperature





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