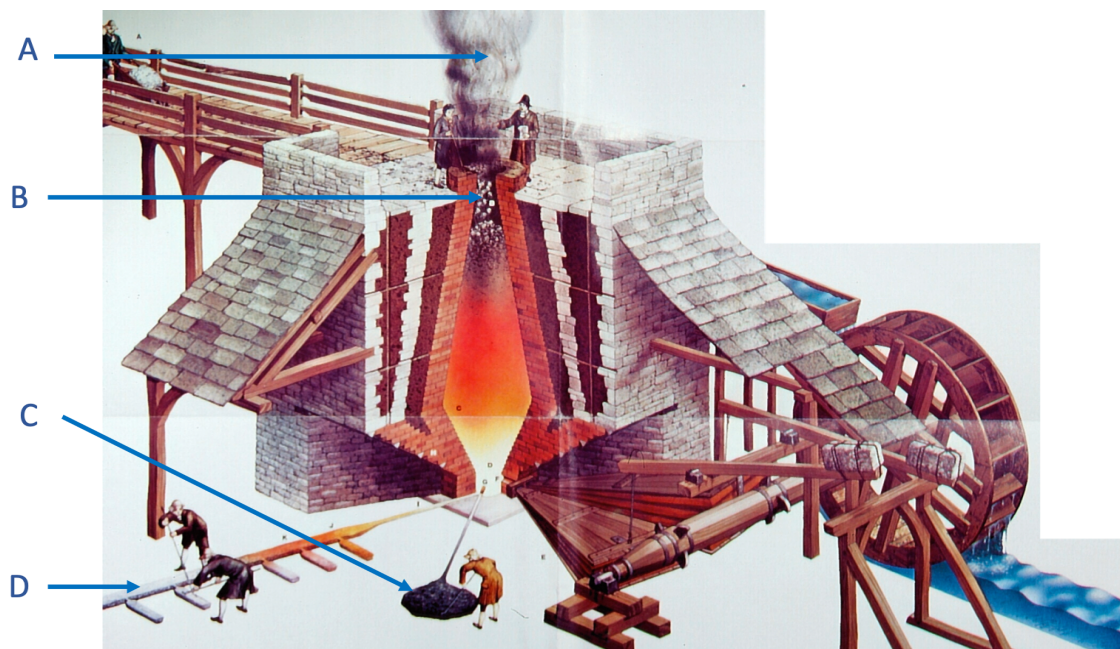


Comportement Mécanique des Matériaux

EPFL - Cours MSE 234, Edition 2025

Série d'exercices 7 du mercredi 3 décembre

Exercice 4-1 – La figure ci-dessous illustre un haut-fourneau aux États-Unis d'Amérique au XVIII^e siècle. Écrivez ci-dessous de quoi sont constituées les matières ou matériaux indiqués par chacune des 4 flèches A, B, C et D. Cherchez pour chacune de ces lettres à être précis et à inclure toutes les espèces chimiques qu'elles englobent.



Exercice 4-4 - (Ashby & Jones exercice 12.3)

12.3 The densities of pure iron and iron carbide at room temperature are 7.87 and 8.15 Mg m^{-3} , respectively. Calculate the percentages by volume of α and Fe_3C in pearlite.

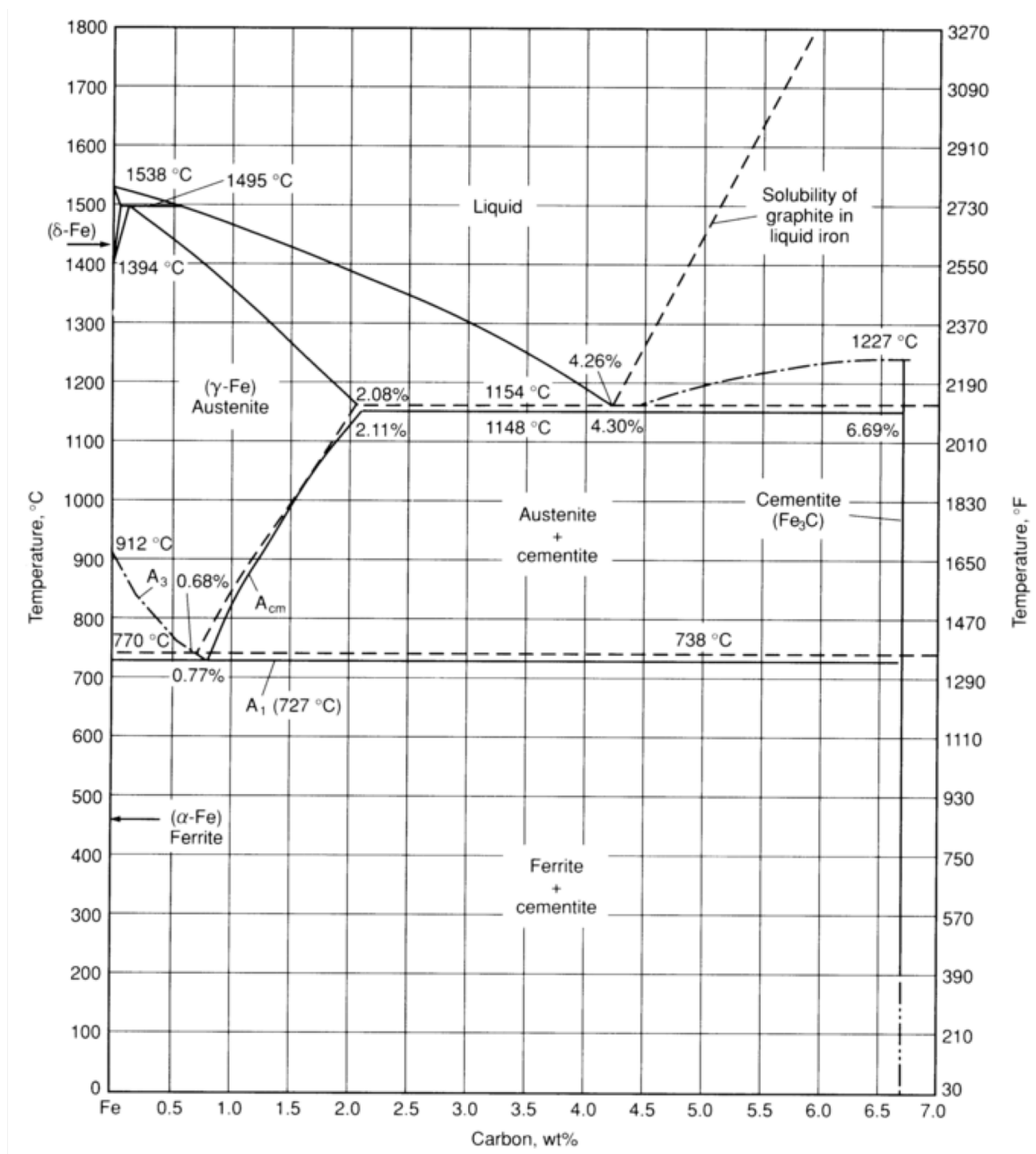
Answers

α , 88.9%; Fe_3C , 11.1%.

a – faites le calcul pour trouver ces valeurs.

b - Pourquoi ces valeurs sont-elles très proches des valeurs massiques ? Que pouvez-vous conclure concernant la lecture du diagramme de phase fer-carbone ?

Exercice 4 -5 –Le diagramme de phase Fe-C est reproduit ci-dessous. Considérons un alliage fer-1%pds carbone.



(a) Diagramme de phases du système Fe-C. Les lignes pleines sont pour le système Fe-Fe₃C (fer-cémentite), les lignes en traitillés pour le système Fe-C (fer-graphite)

a – Pouvez-vous faire un sketch dans le petit rectangle de gauche de sa microstructure à 950°C ?

b – Pouvez-vous faire un sketch dans le petit rectangle de droite de sa microstructure à température ambiante après un refroidissement lent ?

c – La cémentite est un carbure fragile. Pourquoi cet alliage aura-t-il dans cet état une faible élongation à rupture en traction ?



Exercice 4-11

Comment feriez-vous pour transformer cet acier allié au Cr-Ni-Mo en

- a - 100% de martensite
- b - 100% de bainite
- c - 40% de ferrite et 60% de perlite ?
- d - 20% de bainite et 80% de martensite ?

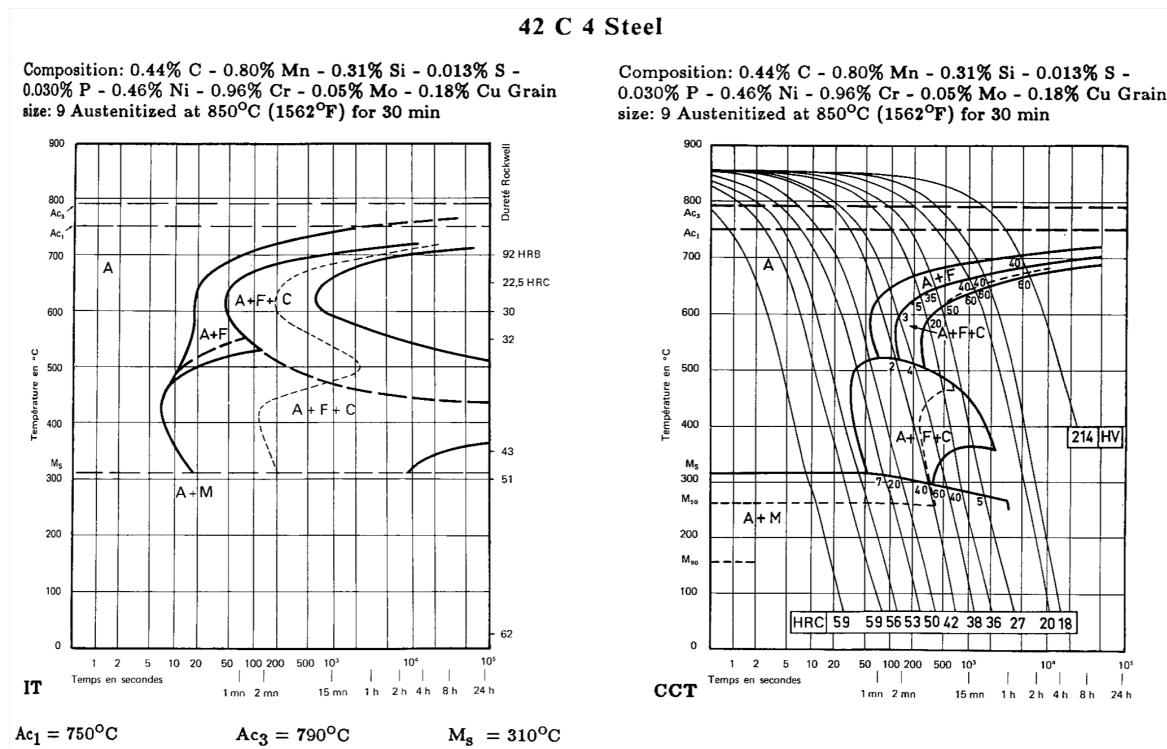


FIGURE IV-53 – Diagrammes TTT et TRC de l'acier 42 C 4.

Source: G.F. Vander Voort, *Atlas of Time-Temperature Diagrams for Irons and Steels*, ASM International, U.S.A., 1991.

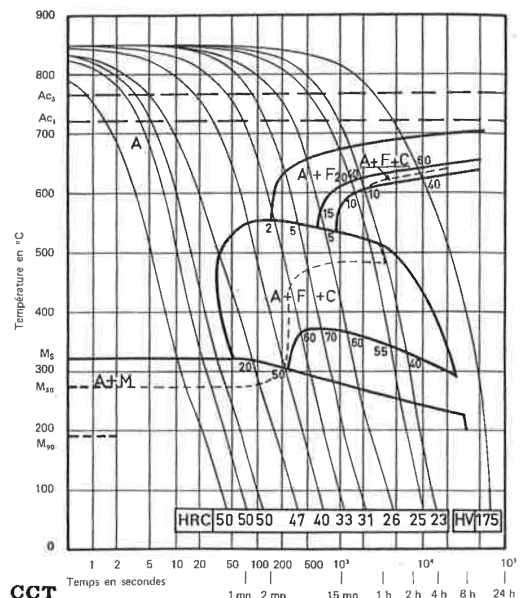
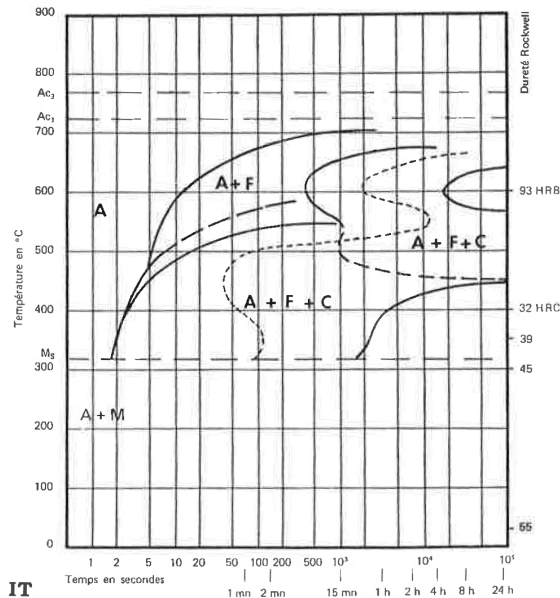
Exercice 4-15

Ci-dessous vous trouverez les diagrammes TTT et TRC d'un acier faiblement allié.

30 NC 11 Steel

Composition: 0.32% C - 0.30% Mn - 0.20% Si - 0.008% S - 0.017% P - 2.95% Ni - 0.69% Cr - <0.10% Mo - 0.31% Cu - <0.030% V - 0.06% W Grain size: 12 Austenitized at 850°C (1562°F) for 30 min

Composition: 0.32% C - 0.30% Mn - 0.20% Si - 0.008% S - 0.017% P - 2.95% Ni - 0.69% Cr - <0.10% Mo - 0.31% Cu - <0.030% V - 0.06% W Grain size: 12 Austenitized at 850°C (1562°F) for 30 min



$Ac_1 = 720^{\circ}C$ $Ac_3 = 765^{\circ}C$ $M_s = 320^{\circ}C$

a – Que veulent dire les lettres A, C, F, M dans ce graphe ?

b – Cochez la réponse correcte dans les options ci-dessous

Pour produire une structure presque entièrement martensitique on peut

- tremper l'alliage jusqu'à la température ambiante de façon telle que 400°C soit traversé en moins de 20 secondes
- tremper l'alliage jusqu'à la température ambiante de façon à atteindre 200°C en plus de 8 heures
- ce n'est pas possible.

Pour produire une structure 100% perlitique on peut

- tremper l'alliage de façon à atteindre 200°C en plus de 8 heures
- tremper l'alliage de façon à atteindre 500°C en moins de 10 secondes et le maintenir pendant plus de 8 heures à cette température
- ce n'est pas possible.

Pour produire une structure composée à 50% de bainite et 50% de martensite on peut

- tremper l'alliage de façon à atteindre 200°C en moins de 2 secondes
- tremper l'alliage de façon à atteindre 300°C en 200 secondes puis continuer à le refroidir jusqu'à l'ambiante
- ce n'est pas possible.

Pour produire une structure contenant à 60% de ferrite et 40% de perlite on peut

- tremper l'alliage de façon à atteindre 200°C en une heure
- tremper l'alliage de façon à atteindre 200°C en plus de 10 heures
- Ce n'est pas possible.

Pour produire une structure 100% bainitique on peut

- tremper l'alliage jusqu'à la température ambiante de façon telle que 400°C soit traversé en 300 secondes exactement
- tremper l'alliage de façon à atteindre 350°C en moins de 2 secondes puis le maintenir pendant plus de 2 heures à cette température puis refroidir l'alliage jusqu'à la température ambiante
- Ce n'est pas possible.

c - Dans le diagramme ci-dessous, vous trouverez les courbes de refroidissement température/temps, en fonction du diamètre d'un long barreau cylindrique de l'acier des diagrammes TTT et TRC ci-dessus, lors d'une trempe depuis la température d'austénitisation de 850°C dans une bain d'huile à température ambiante :

- en traits continus au cœur (= le long de l'axe central) du barreau
- en traits pointillés à la surface du barreau. Notez que pour les trois diamètres les plus petits, de 10, 20 et 40 mm, les traits continus et pointillés sont superposés faisant qu'on ne distingue plus ces derniers.

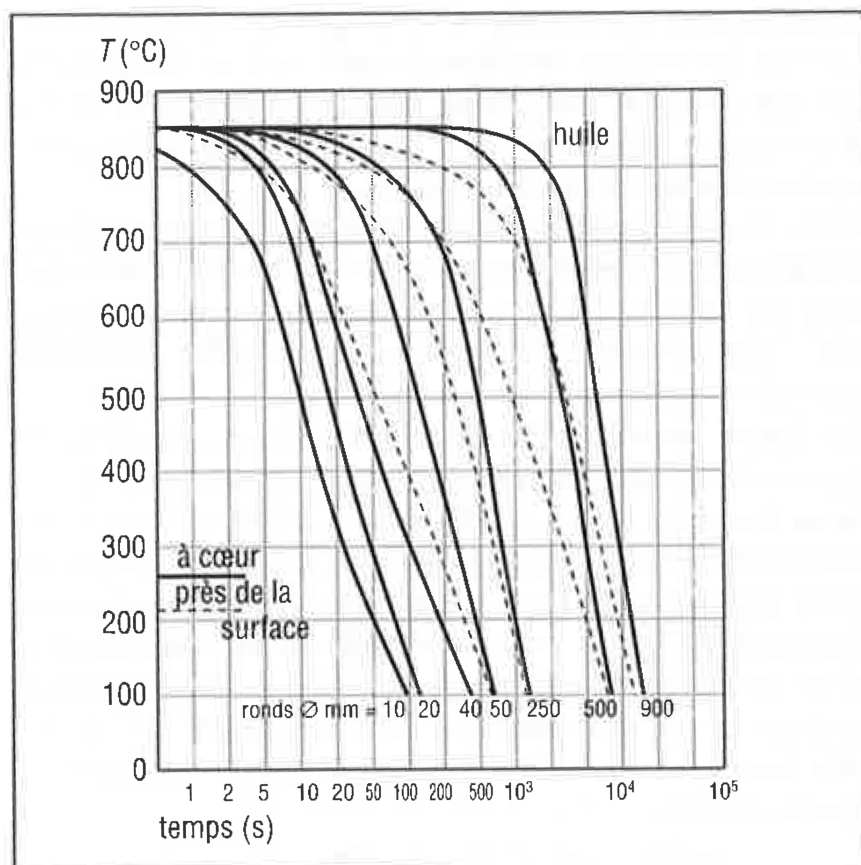
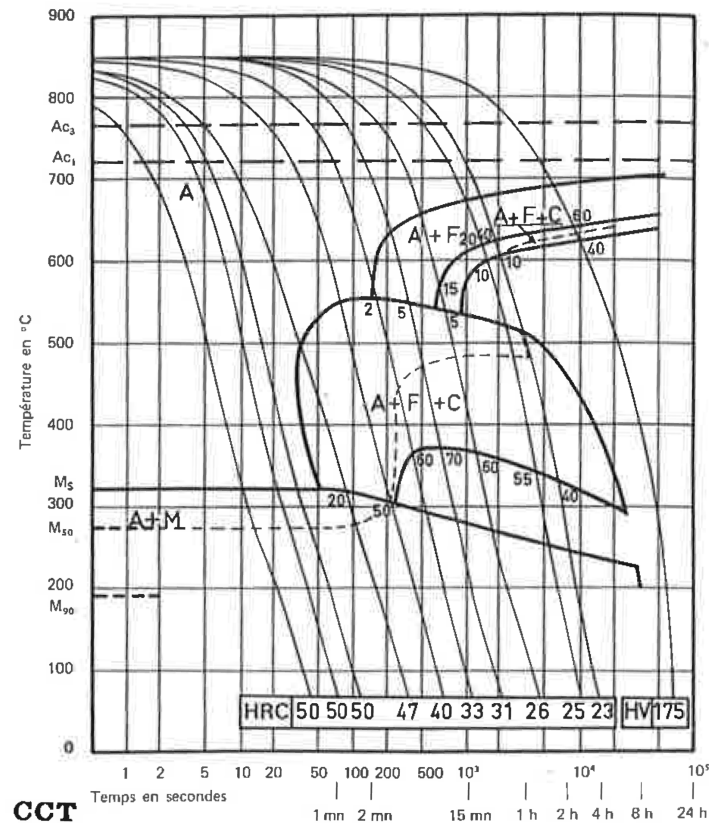


Fig. 28. Courbes de refroidissement dans l'huile de ronds de divers diamètres (d'après l'atlas IRSID)

Marquez sur le diagramme TRC de l'acier 30 NC 11 (reproduit en plus grand ci-dessous) les temps auxquels les températures de 700, 500, 300 et 100°C sont atteintes à cœur et en surface du barreau pour une trempe à l'huile d'un barreau de diamètre 50 mm.

Composition: 0.32% C - 0.30% Mn - 0.20% Si - 0.008% S - 0.017% P - 2.95% Ni - 0.69% Cr - <0.10% Mo - 0.31% Cu <0.030% V - 0.06% W Grain size: 12 Austenitized at 850°C (1562°F) for 30 min



d - Quelle sera sa structure en chacun de ces deux endroits (cœur et surface) ?

Exercice 4-19

Supposez que vous réchauffiez à 780°C la fonte grise dont vous voyez ci-contre la microstructure après une solidification et un refroidissement lents. Elle est faite de fer, de 3.05% carbone avec assez peu de silicium et de manganèse pour qu'il se comporte comme un alliage binaire fer-carbone.

Quelle sera sa microstructure à 780°C ?

Puis de 780°C vous refroidissez l'alliage plus rapidement, en quelques minutes seulement, jusqu'à l'ambiante. Que sera selon vous devenue sa microstructure ?

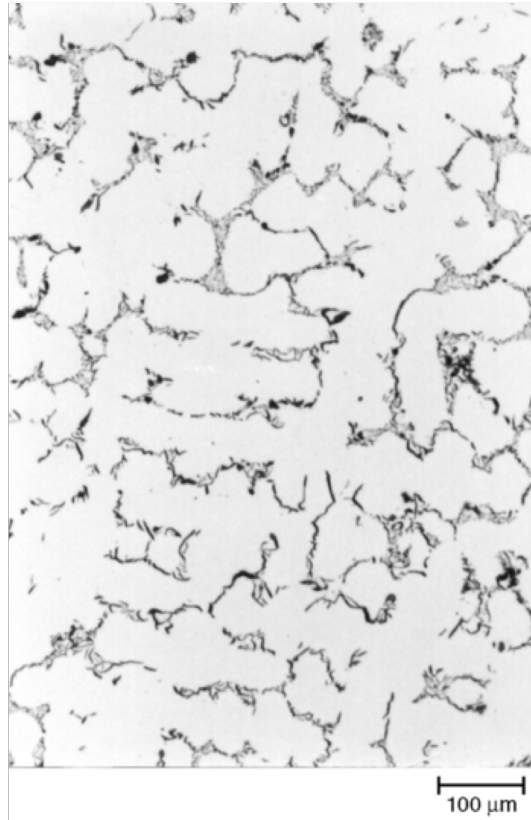


FIGURE V-57 – Microstructure d'une fonte hypoeutectique à 3.05%pds C_{eq} , plaquettes de graphite type D. Les dendrites proeutectoïdes sont visibles.
Source: ASM International *Handbook online*, Vol. 9, 2005.