

METALLURGIE

- LES DEFAUTS RETICULAIRES
- SOLIDIFICATION DES ALLIAGES
- DIAGRAMMES D'EQUILIBRE
- TRANSFORMATIONS A L'ETAT SOLIDE.
- PROPRIETES PHYSIQUES ET MECANIQUES DES MATERIAUX
- TRAITEMENTS THERMO-CHIMIQUES (recuit, trempe, revenu, cémentation, nitruration)

Bourarach/DEA-IAW/2010

1

CONNAISSANCE DES MATERIAUX (I)

- DESIGNATION DES ACIERS (ACIERS NON ALLIÉS À USAGE COURANT, ACIERS DE CONSTRUCTION POUR TRAITEMENTS THERMIQUES, ALLIAGES NON FERREUX, LES FONTES)
- QUELQUES ANOMALIES ET DEFAUTS DES ACIERS ET DES FONTES ET LEURS REMEDES
- LES MATIÈRES PLASTIQUES
- APERÇU SUR LE BOIS

Bourarach/DEA-IAW/2010

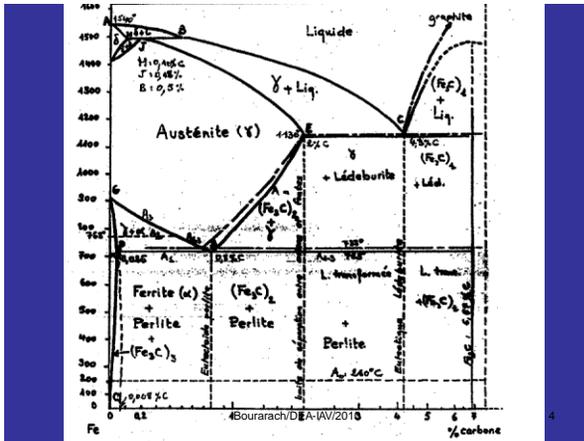
2

Traitements thermochimiques

- trempe
- revenu
- recuit
- cémentation
- nitruration

Métallurgie/CFMA

3



Trempe

- Chauffage dans le domaine austénétique (A3 + 30° à 50°C pour les hypo-eutectoïdes et A1 + 50 à 70°C pour les hyper-eutectoïdes), le maintien à cette température jusqu'à l'achèvement des transformations de phases suivi d'un refroidissement plus au moins rapide conduisant à une **structure martensitique** ou au moins **bainitique**
- Elle permet d'améliorer les caractéristiques mécaniques (ténacité et dureté)
- **Vitesse critique de trempe**
- Profondeur de trempe
- Notion de trempabilité

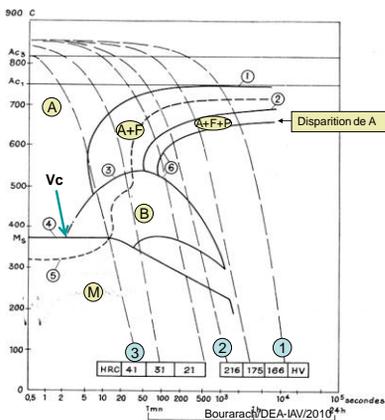
Bourarach/DEA-IAV/2010

5

- Martensite est une solution solide d'insertion du carbone dans le fer α
- A l'ambiante, la ferrite ne peut pas contenir plus de 0,025% C, avec le refroidissement rapide sa composition peut atteindre 2%
- Parfois, pour éviter le choc thermique, on recourt à une trempe dite étagée. Elle consiste à un refroidissement brusque jusqu'à une trempe intermédiaire de façon à avoir une transformation ou une relaxation de l'austénite.

Bourarach/DEA-IAV/2010

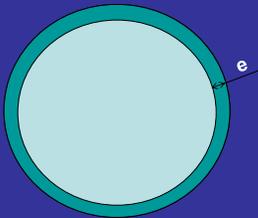
6



Courbe TRC:
20NC6
(0,20% C;
0,55%Mn;
1,5%Ni;
0,81%Cr...)

7

Profondeur de trempe

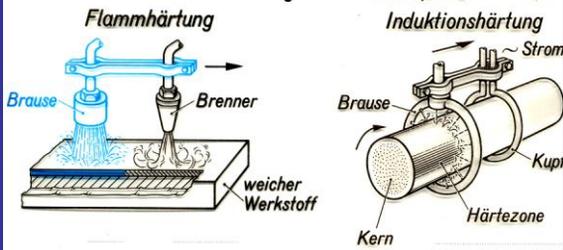


Bourarach/DEA-IAV/2010

8

Trempe superficielle

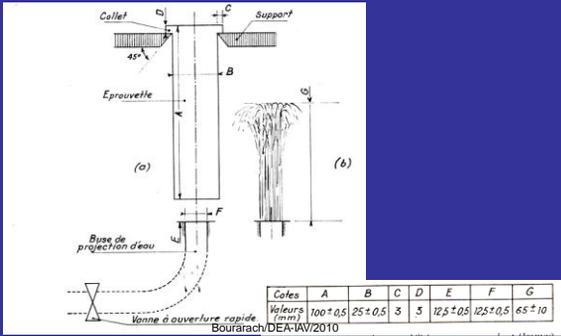
Ohne Aufkohlung — Stähle über 0,5 % C



Bourarach/DEA-IAV/2010

9

Trempabilité (essai Jominy)

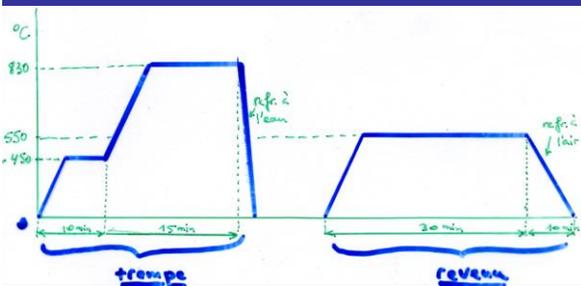


Revenu

- Revenu à haute température: 600 °C
 - Ejection du carbone de la M. ($Fe_3C + \alpha$): **sorbite**)
- Revenu à basse température: 200°C
 - Transformation de la M. en **martensite détensionnée**

Bourarach/DEA-IAW/2010

11



Bourarach/DEA-IAW/2010

12

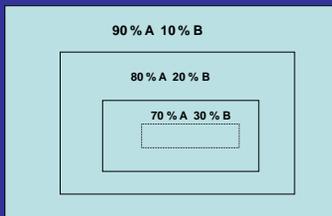
Recuit

- recuit d'homogénéisation
- recuit de normalisation
- recuit de globularisation
- recuit complet

Métallurgie/CFMA

13

recuit d'homogénéisation



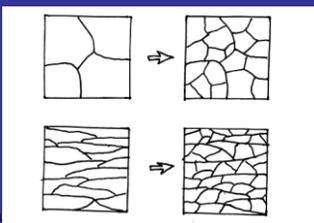
➡ Diminuer l'hétérogénéité

Métallurgie/CFMA

14

Recuit de régénération (de normalisation)

- Traitement qui utilise le passage à travers les lignes de transformations pour affiner et régulariser les grains d'alliages



Métallurgie/CFMA

15

Recuit de globularisation

- But : transformation de la perlite lamellaire en globulaire et présentant de bonnes caract. mécaniques :
- 1ère méthode : A3 + 30 à 50°C après maintien refroidissement extrêmement lent au passage des points de transformation 0,5°C/min.
- 2ème méthode : 15°C autour de A1. Au cours du chauffage, la surface de contact des lamelles avec la phase matricielle est plus grande que la surface de contact des globules on dit que le traitement provoque la coalescence de la cémentite.

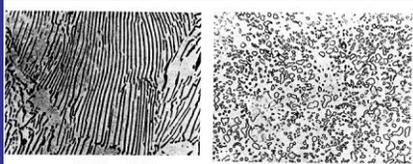


Fig. 2.1-8 — Perlite — Attaque par le picrate de soude à l'ébullition × 100
 Fig. 2.1-10 — Perlite globulaire — Attaque par la solution étiquette d'acide nitrique × 500

Métallurgie

16

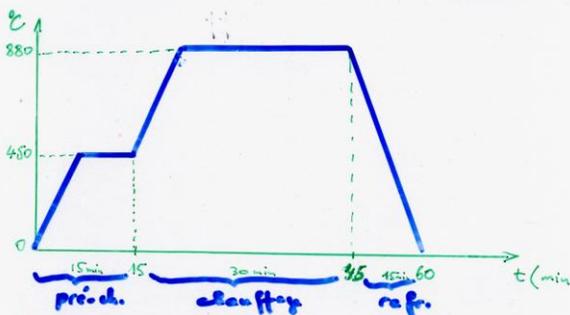
Recuit complet (adoucissement)

- ✓ Appelé aussi recuit tout court
- ✓ Chauffage : A3 + 30 à 50°C
- ✓ Après maintien, refroidissement lent: 30 à 200°C/h)
- Appelé aussi revenu à haute température. L'opération consiste à un chauffage en-dessous de A1 et après maintien refroidissement à l'air.
- Ce recuit ne produit pas de recristallisation.
- Le recuit d'adoucissement est appliqué aux aciers au carbone lorsqu'ils sont prévus pour l'usinage, l'emboutissage à froid et l'étirage.

Métallurgie/CFMA

17

Recuit



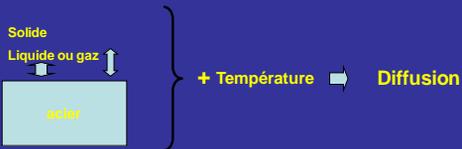
Cémentation

- Un traitement thermochimique consiste à saturer superficiellement l'acier par un élément donné (C, N, Cr, Al, Si).
- Mais, la saturation en C ou N est la plus facile à obtenir

Bourarach/DEA-IAW/2010

19

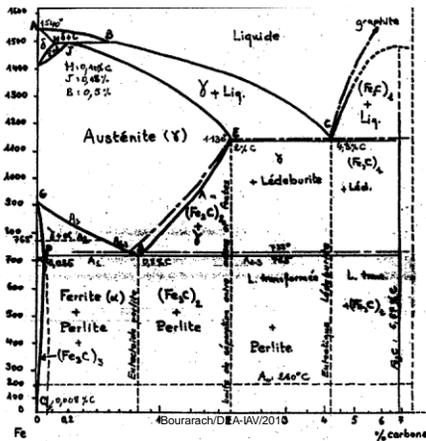
Cémentation



- D'où dans le cas de la cémentation augmentation superficielle de la concentration du carbone (0,8 à 1,2%) et formation de la perlite

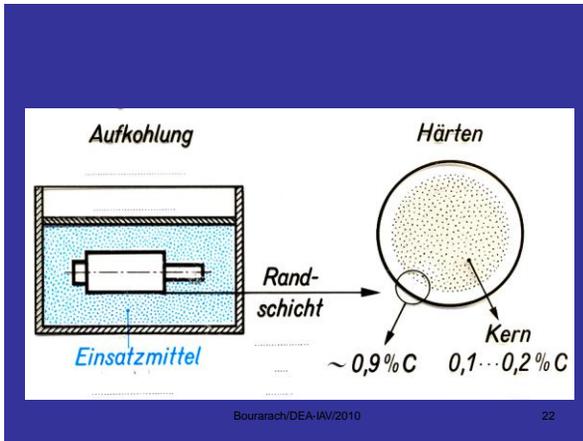
Bourarach/DEA-IAW/2010

20



Bourarach/DEA-IAW/2010

21



Bourarach/DEA-IAW/2010

22

- Pièce dure en surface (anti-usure et anti-fatigue) et acier de base au cœur (initialement acier titrant 0,1 à 0,2 voire 0,3% C)
- La cémentation est réalisée après usinage de finition ou avant usinage de finition en prévoyant une surépaisseur 0,05 à 0,10 mm
- Dureté obtenue, acier au carbone: 60-64HRC et acier allié: 58-61HRC

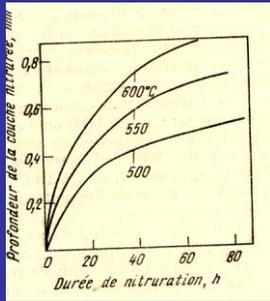
Bourarach/DEA-IAW/2010

23

- ### Nitruration
- Saturation superficielle en azote (atmosphère d'ammoniaque: NH_3).
 - Elle améliore sa dureté, sa tenue à l'usure, la limite de fatigue et la résistance à la corrosion (atmosphère, eau, vapeur)
 - Garde une bonne dureté jusqu'à $500-550^\circ C$

Bourarach/DEA-IAW/2010

24



Bourarach/DEA-IAV/2010

25

Symboles métallurgiques

Aluminium : A	Molybdène : D
Antimoine : R	Nickel : N
Azote : Az	Niobium : Nb
Béryllium : Be	Phosphore : P
Bismuth : Bi	Plomb : Pb
Bore : B	Sélénium : Se
Cadmium : Cd	Silicium : S
Chrome : C	Soufre : F
Cobalt : K	Tantale : Ta
Cuivre : U	Titane : T
Étain : E	Tungstène : W
Fer : Fe	Vanadium : V
Magnésium : G	Zinc : Z
Manganèse : M	Zirconium : Zr

Bourarach/DEA-IAV/2010

26

Désignation des alliages

- Aciers au carbone (non alliés)
- Aciers alliés (éléments d'addition)
- Alliages non ferreux
- Fontes

Bourarach/DEA-IAV/2010

27

Désignation des aciers

(NF 10025 -10027)

1. Classification par emploi

2. Classification par composition chimique

Bourarach/DEA-IAV/2010

28

1. Classification par emploi

- La désignation commence par la lettre **S** pour les aciers d'usage général
- **E** pour désigner les aciers de construction mécanique
- S'il s'agit d'acier moulé, la désignation est précédée par la lettre **G**
- Le nombre qui suit les lettres indique la valeur minimale de R_e en MPa (N/mm²)
- Exp: S185; E335; GE295

Bourarach/DEA-IAV/2010

29

2. Classification par composition chimique

- Aciers non alliés (teneur en manganèse < 1%)
 - Lettre **C** suivie de la teneur en carbone multipliée par 100
 - Exemple: C25 = 0,25% de carbone

Bourarach/DEA-IAV/2010

30

2. Classification par composition chimique

- **Aciers faiblement alliés** (teneur en manganèse $\geq 1\%$ et teneur de chaque élément $< 5\%$) La désignation est ainsi dans l'ordre:
 - Cent fois la teneur du carbone
 - Un ou plusieurs groupes de lettres symboles des éléments d'addition rangés dans l'ordre des teneurs décroissants
 - Suite dans le même ordre indiquant le pourcentage de la teneur de chaque élément. Les teneurs sont multipliées par un coefficient variable en fonction des éléments

Bourarach/DEA-IAW/2010

31

2. Classification par composition chimique

- **Aciers faiblement alliés**
 - Coefficients multiplicateurs:
 - 4 pour le Cr, Co, Mn, Ni, Si et W
 - 10 pour l'Al, Be, Cu, Mo, Niobium, Pb, Tantale, Ti, V, Zirconium
 - 100: Cérium, Azote (N), Phosphore (P), Soufre (S)
 - 1000: Bore (B)
- Exp: 45 Cr 6 = 0,45 % carbone, 1,5% de Cr, 35 CrMo 4= 0,35% C, 1% Cr et $< 1\%$ Mo

Bourarach/DEA-IAW/2010

32

2. Classification par composition chimique

- **Aciers fortement alliés** (teneur d'au moins un élément $\geq 5\%$)
- La désignation commence par un X suivi de la même désignation que celle des aciers faiblement alliés sauf que les chiffres sont égaux aux teneurs réelles
- Exp: X 6 Cr Ni Ti 18-10 = 0,06% C; 18% Cr, 10% Ni, $< 10\%$ Ti.

Bourarach/DEA-IAW/2010

33

2. Classification par composition chimique

- Aciers rapides
- La désignation comprend dans l'ordre les éléments suivants:
 - HS
 - Nombres indiquant les pourcentages des éléments d'alliage dans l'ordre: W, Mo, V et Co
- Exp: HS 8,5-3,5-3,5-11 (8,5%W; 3,5%Mo, 3,5%V et 11%Co)

Bourarach/DEA-IW/2010

34

Désignation des alliages non ferreux

- Alliages d'Aluminium moulés
 - Un code suivi éventuellement par les symboles chimiques et des nombres indiquant la pureté de l'Al ou la teneur des éléments considérés (EN AB-44 200 [Al Si 12])
- Alliages d'Aluminium corroyés
 - Un code suivi éventuellement par les symboles chimiques et des nombres indiquant la pureté de l'Al ou la teneur des éléments considérés (EN AW-2017 [Al Cu 4 Mg Si])

Bourarach/DEA-IW/2010

35

Désignation des alliages non ferreux

- Alliages de Magnésium
 - Un code ou des symboles chimiques et des nombres indiquant la teneur des éléments considérés (EN MC 21-120 [Mg Al 9 Zn 1])
- Alliages de cuivre
 - Un code ou des symboles chimiques. Dans ce cas on associe au symbole de base (Cu) les symboles des éléments d'addition suivi de nombre indiquant la teneur nominales de ces éléments (CW453K [Cu Sn 8])

Bourarach/DEA-IW/2010

36

Fontes

- Les fontes sont des alliages de fer dont la teneur est supérieure à 2 % de carbone
- On distingue deux grandes catégories:
 - Les fontes blanches (cassure claire) sera transformée par recuit en fonte malléable
 - Les fontes grises (cassure grise), c'est la fonte à graphite lamellaire

Bourarach/DEA-IAW/2010

37

Désignation des fontes

- Fontes à graphite lamellaire
 - Désignation numérique: EN-JL 1010 (code)
 - Désignation Symbolique: EN-GJL-100 (Rr)
- Fontes malléables (graphite sphéroïdal)
 - Désignation numérique: EN-JS 1070 (code)
 - Désignation Symbolique: EN-GJS-700-2 (Rr, A%)

Bourarach/DEA-IAW/2010

38

Les solutions de continuité

•Retassures : Ce sont des vides, dues à la contraction qui accompagne la solidification et le refroidissement. La fonte grise par exemple retasse peu

•Soufflures Elles résultent du dégagement de gaz lors de la solidification. Même un traitement mécanique à chaud n'arrive pas à ressouder les parois, si celles-ci sont tapissées de composés oxydés

•Tapures : Ce sont des déchirures apparaissant à l'état solide sous l'effet des contraintes internes

Bourarach/DEA-IAW/2010

39

- Impuretés et hétérogénéité

- - Gaz occlus :

Ces gaz sont essentiellement l'oxygène, l'hydrogène et l'azote. La présence de l'oxygène résulte d'un sur-affinage de la fonte (seconde fusion). Dans les aciers on lui attribue un certain rôle dans le phénomène de vieillissement après écrouissage. Pour ce qui est des fontes, l'oxygène augmente la stabilité de la cémentite ce qui rend l'obtention de fonte grise très difficile surtout pour les faibles épaisseurs des moulages

- - Inclusions solides non métalliques:

Les inclusions proviennent des réfractaires du four et du laitier et prennent naissance au sein du bain. Les principales sont : les oxydes, les sulfures et des silicates. Elles conditionnent en grande partie la fusibilité et la plasticité des alliages

Bourarach/DEA-IAW/2010

40

- Anomalies de structure

- Anomalies de macrostructure:

Elles sont généralement dues à une hétérogénéité d'éléments constitutants. On peut les détecter par la mesure de la dureté

- Anomalies de microstructure:

Peut être taxée d'anormale toute microstructure différente de la structure recherchée

Bourarach/DEA-IAW/2010

41
