

Résumé de cours « Généralité sur les matériaux »

Martin Benjamin

Publié sur <http://www.ifrance.com/espace-prepa/>

Caractéristiques mécaniques des matériaux

Les qualités mécaniques

- Fabrication

- Malléabilité: mou, qu'on peut écraser
- Ductilité: qu'on peut mettre sous forme de fil
- Fusibilité: propriété de passer à l'état liquide
- Fluidité: sous forme liquide, il coule bien

- Fonction

- Ténacité: résiste bien à l'allongement
- Dureté: ne se laisse pas facilement entamer, plier, tordre, couper, qui n'est pas tendre
- Élasticité: si on tire dessus, il revient à l'état initial
- Conductibilité: électrique ou thermique

Les caractéristiques mécaniques

Elles sont déterminées par des essais mécaniques normalisés

Les essais mécaniques

- Essais de traction: détermine σ_e , σ_r , E , ϵ
- Essais de résilience: détermine K (résistance aux chocs)
- Essais de dureté: détermine H (par la méthode de Brinell (bille), Vicier (pyramide), Rockwell (cône))
- Essais de fatigue: détermine ΓD

Les traitements des matériaux

- Traitements mécaniques: écrouissage
- Traitements thermiques: trempe, retenu, recuit
- Traitements thermo-chimiques:
 - _ cémentation: on dépose du carbone
 - _ nitruration: on dépose de l'azote
 - _ couche sulfurée
 - _ dépôt de chrome ou de nickel

Classification des métaux

Les métaux

- Métaux ferreux (magnétiques)

Base: fer + carbone + éléments d'addition (nickel, chrome,...)

- Aciers: pourcentage de carbone inférieur à 1.7%
- Fontes: pourcentage de carbone compris entre 1.7 et 6.67%

Il y a des aciers: _ d'usage général
 _ pour traitement thermique
 _ alliés

Il y a des fontes: _ à graphites laminaires (FGL) = fonte grise
 _ alliées
 _ malléables (FM)
 _ FGS
 _ blanches

- Métaux non ferreux

• **Aluminium:**

Il est toujours utilisé en alliage. Ses propriétés sont: la légèreté, l'inaltérabilité, la bonne conductibilité thermique et électrique et il est très recyclable.

Les alliages d'aluminium sont moulés ou forgés (façonner de façon plastique).

Les grandes familles sont: _ les duralumins (car résistants)
 _ les duralinox (pour l'alimentaire)
 _ l'alpax (pour la moulure)

• **Cuivre:**

Il est toujours sous forme d'alliage. On l'utilise pour sa conductibilité.

Les alliages de cuivre sont: _ le bronze (pour les pièces de frottement)
 _ le laiton (car bien moulable)
 _ le maillechort (pour le moulage en décoration)
 _ Le cuproplomb
 _ Le cupro-aluminium

• **Zinc:**

Il est utilisé pour le revêtement, en tôle, ou pour la galvanisation (on recouvre de zinc), et sous forme d'alliage. Ils sont toujours moulés.

Les alliages sont: _ le zamak (pour les pignons et les fermetures éclair)
 _ le kayem (pour les outils d'emboutissage et les moules
d'injection)

- **Magnésium:**

Il est utilisé en additif ou en alliage (pièces légères et moulables)

- **Plomb:**

Il est malléable et utilisé en alliage pour sa densité

- **Nickel:**

Il est utilisé en additif (surtout avec l'acier) ou en alliage (pour la décoration ou les pièces de monnaie).

- **Titane:**

C'est un matériau réfractaire (il résiste à la chaleur). Il est utilisé en alliage.

Les non métalliques

- **Verre:**

- _ plat
- _ contenant
- _ technique

- **Plastique:**

- _ thermoplastique: se déforme en chauffant
- _ thermodurcissable: en chauffant il bouillit (devient noir)
- _ élastomère: a une grande déformation à froid (caoutchouc)

- **Bois:**

- _ planche
- _ meuble
- _ papier

- **Matériaux de construction:**

- _ béton
- _ brique
- _ plâtre
- _ tuile

- **Cuir**

- **Textile:**

- _ coton
- _ lin
- _ laine
- _ synthétique

Remarque: on utilise de plus les composites

Désignation des matériaux

Les aciers (ferreux)

- Acier non allié (au carbone)

- Aciers non alliés d'usage général (70% des aciers)

Ils sont caractérisés par une faible teneur en carbone, ce sont les plus utilisés.

Propriétés spécifiées: ténacité, formabilité, grosseur de grain...

Désignation: Lettre (S, E, etc.) représentant la classe, suivie de la limite élastique à la traction en MPa ou N/mm². S'il s'agit d'un acier moulé la désignation est précédée de la lettre G. Exemple GE 335, GS 235.

S355 NL

Classe S: acier de construction

Non moulé

NL représentant des indications complémentaires

- Aciers spéciaux, non alliés (au carbone), de type C

Destinés aux traitements thermiques (trempe, cémentation) des pièces petites ou moyennes, ils sont caractérisés par une grande pureté et des éléments d'addition en très faible quantité.

Désignation: Lettre C suivie du pourcentage de carbone multiplié par 100 plus au besoin des indications complémentaires.

GC 35 E

Classe C: aciers spéciaux

Acier moulé

0.35% de carbone

E: teneur en soufre

Application: pièces moulées, forgées, engrenages, ressorts, lames, forets...

- Aciers faiblement alliés

Pour ces aciers, aucun élément d'addition ne dépasse 5% en masse. Ils sont choisis chaque fois qu'une haute résistance est exigée. Ils sont utilisés en l'état ou avec traitement.

Désignation: Pourcentage de carbone multiplié par 100, suivi des symboles chimiques des principaux éléments d'addition classés en ordre décroissant. Puis, dans le même ordre, les pourcentages de ces éléments multipliés par 4, 10, 100 ou 1000, plus au besoin des indications complémentaires.

G 35 NiCrMo 16-8 ..

G: Acier moulé

35: 0.35% de carbone

4% de nickel

2% de chrome

Des traces de molybdène
.. Indications complémentaires

- Aciers fortement alliés

Ils sont destinés à des usages particuliers (inoxydable, réfractaire...). Pour ces aciers, au moins un élément d'addition dépasse la teneur de 5% en masse.

Désignation: Lettre X, symbolisant la famille, suivie des mêmes indications que pour les aciers faiblement alliés. Seule différence: pas de coefficient multiplicateur pour le pourcentage des éléments d'addition.

G X 6 CrNiTi 18-11

G: acier moulé

X: catégorie des aciers fortement alliés

0.06% de carbone

18% de chrome

11% de nickel

Des traces de titane

Les fontes

Leur grande coulabilité permet d'obtenir des pièces de fonderie aux formes complexes. A cause du pourcentage élevé de carbone qu'elles contiennent, entre 2% et 4%, elles sont en général assez fragiles, peu ductiles (inadaptées aux déformations à froid: forgeage et laminage) et difficilement soudables.

EN-GJS-400-18

EN-GJ: préfixe toujours identique (G: moulé or la fonte est toujours moulée)

S: fonte à graphite sphéroïdale (propriétés: ductilité, résilience et usinabilité)

L: fonte à graphite lamellaire (grande résistance à la compression et capacité d'amortissement des vibrations)

MW: malléable à cœur blanc

MB: malléable à cœur noir

N: fonte blanche (il n'y a pas de graffite) Elle est très dure, fragile, et résistante aux frottements)

400: résistance à la rupture

18: allongement en pourcentage

A partir d'une fonte blanche on fait toutes les autres fontes et aussi les aciers (il faut moins de carbone pour faire de l'acier), mais elle n'est jamais utilisée comme telle (sauf plaque d'égout).

Les aluminiums

- Aluminium ou alliages corroyés (pas moulé mais écrasé)

Cette famille, la plus utilisée, comprend tous les produits laminés d'usage courant (barres, profilés, tôles...).

Désignation: Elle est effectuée par un nombre à 4 chiffres, avec EN AW- comme préfixe (A pour aluminium, W pour corroyé), éventuellement suivi par le symbole chimique de l'alliage placé entre crochets.

EN AW-5086 [Al Mg 4]

C'est un alliage d'aluminium avec 4% de magnésium

EN AW-1050A [Al 99.5]

C'est un aluminium pur à 99.5%

- Aluminium et alliages pour fonderie (à mouler)

La plupart des nuances sont faciles à mouler.

Désignation: préfixe EN AC- puis 5 chiffres donnant la composition et/ou les symboles chimiques de l'alliage ordonné par teneur décroissante.

EN AC-45400 [Al Si5 Cu3]

C'est un alliage avec 5% de silicium et 3% de cuivre

Le cuivre

Les principaux alliages de cuivre sont:

- _ Cuivre + étain: bronze
- _ Cuivre + zinc: laiton
- _ Cuivre + aluminium: cupro-aluminium
- _ Cuivre + nickel: cupronickel
- _ Cuivre + nickel + zinc: maillechort

Désignation: Symbole chimique du cuivre (Cu) suivi des symboles chimiques et teneurs des principaux éléments d'addition, par ordre décroissant.

Cu Zn 27 Ni 18

C'est un maillechort avec 27% de zinc et 18% de nickel

Autres

Titane

T-A5 ou Ti Al5

Remarque, l'état métallurgique (p169) se met au bout de la désignation.

Métaux et éléments d'addition

Le fer

- Magnétique
- Densité: 7.8
- Température de fusion: 1536°C
- Utilisation:
 - _ ferrite (peu de carbone) mais peu utilisé (aimants)
 - _ sous forme d'alliage: fonte, acier

- Fontes: fer + carbone > 1.7%

_ fonte blanche (c'est celle qui sort du haut fourneau) elle est à base de cémentite (Fe₃C), elle est très dure, cassante, inusable mais est à la base de toutes les autres fontes.

- _ fonte grise (fonte GL) : _ 3 à 4% de carbone
- _ 1 à 3% de silicium
- _ 0.5 à 1 % de manganèse

Elle est utilisée pour le moulage (très fluide), l'usinage, le prix est peu élevé, mais elle est dure et fragile.

_ fonte GS (graphite sphéroïdal): fonte grise plus du magnésium. Elle est moins dure mais a les caractéristiques mécaniques de l'acier, elle se moule et s'usine (moins fragile).

_ fonte malléable (cœur blanc (type européenne) ou noir (type américaine): 2 à 3% de carbone, 0.4 à 1% de silicium. Elles ont des caractéristiques mécaniques comparables à un acier doux. Elle permet le moulage de pièces minces et résilientes (non fragiles) mais est très chère.

- _ fontes alliées:
 - _ au nickel-chrome (bonnes propriétés mécaniques)
 - _ au molybdène (bonne résistance à la traction)
 - _ au silicium (résiste à la corrosion)

- **Aciers: fer + carbone < 1.7%**

- _ Utilisé généralement sans ou avec très peu d'éléments d'addition
- _ traitements thermiques: C 35
- _ Avec éléments d'addition se sont des aciers alliés

Les éléments d'addition modifient les caractéristiques mécaniques:

- _ nickel: résistance mécanique et corrosion
- _ chrome: dureté
- _ nickel et chrome: augmentation plus importante des caractéristiques mécaniques
- _ molybdène: dureté
- _ nickel, chrome et molybdène: augmente la résilience
- _ silicium: limites élastiques élevées (ressort)
- _ manganèse: résistance à l'usure, aux chocs

- _ aciers inoxydables: 13% de chrome, 25% de nickel
- _ aciers réfractaires (résistent aux hautes températures): molybdène et tungstène

Le cuivre

- Densité: 8.94
- Température de fusion: 1083°C
- Il est très malléable, très conducteur.
- Il est utilisé seul dans le domaine de l'électricité
- Les alliages sont:
 - _ Cuivre + étain: bronze
Utilisation: robinet, ressort, coussinet.
 - _ Cuivre + zinc: laiton
Utilisation: facile à usiner, à mouler, coûte pas chère. C'est un cousin du bronze.
 - _ Cuivre + aluminium: cupro-aluminium
Utilisation: armement (douille), monnaie.
 - _ Cuivre + nickel: cupronickel
Utilisation: monnaie, médaille.

_ Cuivre + nickel + zinc: maillechort
Utilisation: décoration. Excellente résistance à la corrosion.

L'aluminium

- densité: 2.7
- Température de fusion: 658°C
- Il est très malléable, léger, conducteur et une ductilité élevée, par contre, mauvaise résistance mécanique.

Il n'existe qu'en alliage:

- _ silicium: augmentation de la coulabilité (moulage)
- _ cuivre: augmentation des propriétés mécaniques
- _ magnésium: augmentation de la résistance à la corrosion
- _ zinc: augmentation de la résistance à la rupture

- Exemples: _ AlCu4Mg: duralumin
- _ AlSi13: Alpac: c'est le matériau qui se coule le mieux

Le magnésium

- Densité: 1.7
- Température de fusion: 650°C
- Métal comparable à l'aluminium mais plus léger, plus résistant, moins malléable, moins conducteur.
- Remarque, il peut s'enflammer.
- L'alliage de magnésium a des propriétés inférieures aux alliages d'aluminium mais beaucoup plus léger et l'usinage est facile.
- Exemples d'alliages: _ Al: augmentation des propriétés mécaniques et de la coulabilité

- _ Zn: augmentation de la malléabilité et ductilité
- _ Mg: augmentation de la résistance à la corrosion
- _ Si: diminution de la dilatation

- MgAl6Zn3: pour les carters, les poulies.

Les alliages de zinc

- Densité: 7.1
- Température de fusion: 419°C
- Le zinc est très peu utilisé à l'état pur sauf pour la galvanisation.
- Il est très facilement moulable, assez malléable et ne rouille pas.
- Les alliages de zinc (Al, Cu ou Mg) permettent d'augmenter les propriétés mécaniques.

Le plomb

- Densité: 11.3
- Température de fusion: 327°C
- Il a une bonne malléabilité, coulabilité, fluidité, plasticité, toxicité et résiste aux frottements.

Le nickel

- Densité: 8.8
- Température de fusion: 1453°C
- Il a une bonne fusibilité (devient liquide), malléabilité, résistance à la corrosion.
- Il est utilisé seul pour couvrir.
- Utilisé en alliage: cuivre, silicium, cobalt (filament d'ampoule)

Choix des matériaux

Les critères technologiques

- Sollicitation dans la masse

_ Sollicitations statiques:

- _ traction
- _ flexion
- _ torsion

_ Sollicitations dynamiques:

- _ fatigue
- _ résilience

- Sollicitations de surface

- _ usure
- _ fatigue
- _ frottements

=> traitement de surface

Les critères économiques

- _ importance de la série
- _ environnement technologique
- _ prix des matériaux
- _ moyen d'obtention et prix de ces moyens