

Module : Technologie De Base

Objectifs de l'enseignement

Ce module s'adresse aux étudiants de deuxième année Génie Mécanique et Génie Civil, qui est aussi commun à toutes les filières technologiques (Hydraulique, Mines, aéronautique, etc..). Cet enseignement permettra aux étudiants d'acquérir des connaissances sur les matériaux et leurs désignations, les procédés d'obtention et fabrication de pièces ainsi que les techniques de leurs assemblages.

M^r M.BELDI

Chapitre I: Les Matériaux

1.1.Définition

Un matériau désigne toute matière utilisée pour réaliser un objet au sens large, Un matériau est la forme marchande d'une matière première choisie en raison de propriétés d'usage spécifiques et mise en œuvre par des techniques appropriées pour l'obtention d'un objet de géométrie donnée à fonction préméditée.

1.2. Classification des matériaux

Sur la base de nombreuses propriétés physico-chimiques et propriétés d'usage des matériaux qu'est établie la distinction entre les principales classes de matériaux. Nous distinguons :

Matériaux métalliques. Ce sont les métaux purs et leurs mélanges, ou alliages, comportant essentiellement des liaisons métalliques.

Matériaux organiques. Ce sont les matériaux d'origine biologique, les polymères et élastomères de synthèse. Bois, coton, laine, papier, carton, matière plastique, caoutchouc, cuir, etc. Ce sont presque toujours des isolants thermique et électrique.

Matériaux minéraux. Matériaux inorganiques caractérisés par leur résistance mécanique et thermique. Ce sont les roches, oxydes, verres minéraux, ...etc.

Matériaux composites. Ce sont des assemblages d'au moins deux des trois types de matériaux déjà cités non miscibles : plastiques renforcés de fibre de verre, contreplaqué, béton, béton armé, etc.

1.3. Métaux et alliages métalliques

Les matériaux métalliques, comme leur nom l'indique, comportent des liaisons essentiellement métalliques, c'est-à-dire en partie assurées par des électrons délocalisés. Ces derniers sont responsables des bonnes propriétés de conductivité thermique et électriques des métaux. Leur température de fusion et de vaporisation sont en général élevées. Les métaux sont pour la plupart ductiles et relativement tenaces et l'association de leur

ténacité et de leur ductilité est un atout majeur pour leur mise en forme. Par contre, après mise en forme, on peut facilement donner aux alliages métalliques une bonne résistance mécanique par des traitements thermiques appropriés grâce à la précipitation de phases durcissantes (durcissement structural. Du fait de leur plasticité, leur tenue à la fatigue peut poser des problèmes et ils sont de plus souvent sensibles à la corrosion. Enfin, les métaux sont en général des matériaux lourds et denses ce qui est parfois un handicap.

1.3.1. Alliages à base de fer

Les alliages à base de fer (aciers et fontes) jouent et continuent de jouer un rôle capital sur le plan technologique. Ils constituent en masse près de 90 % de la production mondiale de matériaux métalliques. Plusieurs facteurs expliquent cette importance : on peut les acquérir sous des formes très variées grâce à la diversité des traitements thermiques et des éléments d'addition. Ils ont un fort module d'élasticité et une forte limite élastique. Nous pouvons distinguer : **Les aciers et les fontes**

1.3.1.1 : Les aciers et leurs désignations

L'acier est un alliage de fer et de carbone renfermant au maximum 2 % de ce dernier élément. La fonte contient, quant à elle, de 2 à 5 % de carbone. Contrairement à cette dernière, l'acier est un métal ductile (qui peut être déformé de façon permanente sans se rompre) : il peut subir des changements de forme par compression ou extension à chaud ou à froid. Il est susceptible d'acquérir une grande dureté lorsqu'il est chauffé à une température suffisamment élevée et refroidi à une vitesse assez grande. Un des défauts majeurs des aciers ordinaires sont l'oxydation et la corrosion par des attaques qui peuvent se produire par l'action de gaz ou de liquides plus réactifs. Nous distinguons :

1.3.1.2 : Aciers non alliés

Ils sont destinés à la construction soudée, à l'usinage, au pliage, etc. On distingue :

- le type S qui correspond à un usage général de base (construction de bâtiment...);
- le type P pour usage dans les appareils à pression ;
- le type L pour les tubes de conduites ;
- le type E pour la construction mécanique ;
- le type R pour les rails.

➤ Aciers non alliés d'usage général : ils sont désignés par la lettre S suivie d'un nombre à 3 chiffres indiquant la valeur minimale de R_e (limite élastique) en MPa; Cette désignation est précédée de la lettre G pour les produits moulés.

Exemples :

S185 : acier non allié de construction d'usage général

$R_e = 185$ MPa

GS280 : acier non allié de construction d'usage général Moulé

$R_e = 280$ MPa

➤ **Aciers non alliés de construction mécanique** : ils sont désignés par la lettre E suivie d'un nombre à 3 chiffres indiquant la valeur minimale de R_e (limite élastique) en MPa; Cette désignation est précédée de la lettre G pour les produits moulés.

Exemples :

E320 : acier non allié de construction mécanique

$$R_e = 320 \text{ MPa}$$

GE300 : acier non allié de construction mécanique Moulé

$$R_e = 300 \text{ MPa}$$

- **Aciers non alliés spéciaux** La teneur en manganèse est inférieure à 1 %, et aucun élément d'addition ne dépasse 5 % en masse; ils sont désignés par la lettre C suivie d'un nombre égal à 100 fois le pourcentage de teneur en carbone. Leurs applications courantes sont les forêts (perceuses), ressorts, arbres de transmission..., etc.

Exemples :

C42 : acier non allié apte au traitement thermique

$$\% C = 42/100 = 0,42\%$$

C35 : acier non allié apte au traitement thermique

$$\% C = 35/100 = 0,35\%$$

1.3.1.3 : Aciers alliés

➤ **Aciers faiblement alliés**: La teneur de chaque élément d'alliage est inférieure à 5 %. Ils sont utilisés pour des applications nécessitant une haute résistance. Ils sont désigné par un nombre égal à 100 fois le pourcentage de teneur en carbone; suivi des symboles chimiques des éléments d'alliage dans l'ordre des teneurs décroissantes; suivis de nombres séparés par un trait d'union, égaux aux pourcentages de teneur des principaux éléments d'alliage dans l'ordre décroissant, multipliées par un facteur spécifique précisé au tableau suivant pour chaque famille d'éléments chimiques:

<i>Éléments</i>	<i>Facteur multiplicatif</i>
<i>Cr, Co, Mn, Ni, Si, W</i>	<i>4</i>
<i>Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr</i>	<i>10</i>
<i>N, P, S</i>	<i>100</i>
<i>B</i>	<i>1000</i>

Exemple :

13MnS 4-1 : acier faiblement allié

$$\% C = 13/100 = 0,13\%$$

$$\% Mn = 4/4 = 1\%$$

$$\% S = 1/100 = 0,01\%$$

42CrMo4 : acier faiblement allié

$\% C = 42/100 = 0,42\%$

$\% Cr = 4/4 = 1\%$

$\% Mo$ (en faible teneur)

Exemples de désignation normalisée :

- **35NiCrMo16** : contient 0,35 % de carbone, 4 % de nickel, du chrome et molybdène en plus faible teneur. Cet acier présente une bonne tenue aux chocs ainsi qu'une haute résistance mécanique jusqu'à 600 °C ;
- **100Cr6** : 1 % de carbone et 1,5 % de Chrome. C'est l'acier typique utilisé dans les roulements à billes.

➤ **Aciers fortement alliés**: La teneur d'au moins un des éléments d'alliage est supérieure ou égale à 5 %, ils sont désignés par la lettre X; suivie d'un nombre égal à 100 fois le pourcentage de teneur en carbone; suivi des symboles chimiques des éléments d'alliage dans l'ordre des teneurs décroissantes; suivis de nombres séparés par un tiret, égaux aux pourcentages de teneur des principaux éléments d'alliage dans l'ordre décroissant (sans facteur multiplicatif).

Exemples:

X6CrMo17-1: acier fortement allié

$\% C = 6/100 = 0,06\%$

$\% Cr = 17\%$

$\% Mo = 1\%$

X6CrNiTi18-10 : acier fortement allié

$\% C = 6/100 = 0,06\%$

$\% Cr = 18\%$

$\% Ni = 10\%$

$\% Ti$ (en faible teneur)

Désignation des aciers		ELEMENTS D'ALLIAGE				
ACIERS NON ALLIÉS	ACIERS ALLIÉS	Nom	Symbole chimique	Symbole abrégé	Symbole chimique abrégé	
<p>Les aciers d'usage général Exemples :</p> <p>S 330 Re en M.Pa E 240 Re en N/mm² Classe</p> <p>Les aciers pour traitements thermiques et forgeage Exemple : $\% \text{ de carbone} \times 100$ C 60 ou 20 Ni Cr 6</p> <p>Les aciers moulés Exemples : idem acier usage général précédé de la lettre G GE 240</p>	<p>Les aciers faiblement alliés (Aucun élément d'addition n'atteint 5%) Exemple : 40 CAD 6-12</p> <p>$\% \text{ de carbone} \times 100$ Eléments d'alliage par teneur décroissante</p> <p>$\% \text{ des éléments d'alliages}$ x4 pour Cr Co Mn Ni Si W x100 pour Ce N P S x1000 pour B x10 pour les autres</p> <p>Les aciers fortement alliés (X) (Au moins un élément d'addition atteint 5%) Exemple : X 2 CN 18-10</p> <p>$\% \text{ de carbone} \times 100$ Eléments d'alliage par teneur décroissante $\% \text{ réel des éléments d'alliages}$</p>	Aluminium	Al	A	Plomb	Pb
		Antimoine	Sb		Silicium	Si
		Argent	Ag		Strontium	Sr
		Azote	N		Soufre	S
		Béryllium	Be		Titane	Ti
		Bismuth	Bi		Tantale	Ta
		Bore	B	B	Tungstène	W
		Cadmium	Cd		Vanadium	V
		Cérium	Ce		Zinc	Zn
		Chrome	Cr	C	Zirconium	Zr
		Cobalt	Co	K		
		Cuivre	Cu	U		
		Etain	Sn	E		
		Fer	Fe			
		Gallium	Ga			
		Lithium	Li			
		Magnésium	Mg			
		Manganèse	Mn	G		
		Molybdène	Mo	M		
		Nickel	Ni	D		
		Niobium	Nb	N		
		Phosphore	P			

1.3.1.4. Les fontes :

Sont des alliages fer-carbone de très forte teneur en carbone (> 2 %), ce qui les rend fragiles et interdit toute déformation plastique. On distingue les fontes blanches, grises, malléables et à graphite sphéroïdale en fonction de leur teneur en silicium.

Les fontes blanches sont dures et fragiles mais résistent bien à l'usure. Les fontes grises, moins dures et moins fragiles, amortissent les vibrations et sont souvent utilisées pour les bâtis. Les fontes malléables sont utilisées pour la petite quincaillerie, les raccords de plomberie.

La fonte à graphite sphéroïdale possède des propriétés mécaniques (résistance, ténacité) comparables à celles des aciers et résistent mieux à l'usure que ceux-ci. C'est pour cette raison que l'on utilise les fontes à graphite sphéroïdale pour la fabrication des carters de pompes, des vannes, des vilebrequins, des engrenages ...

Désignation des fontes

Elles sont désignées par deux groupes de lettres majuscules EN-GJ suivis éventuellement de 2 autres lettres majuscules facultatives, suivies d'un tiret et d'un groupe de chiffres. Indiquant la valeur minimale de R_m (la contrainte à la rupture): et éventuellement de la valeur minimale de l'allongement à rupture A %. Les lettres EN précisant qu'il s'agit d'une nuance normalisée (norme européenne). Les lettres G (produit moulé) et J (fonte)

Fontes grises à graphite lamellaire :

Exemple : EN-GJL 250 : fonte à graphite lamellaire ; $R_m = 250$ MPa

EN-GJL 350 : fonte à graphite lamellaire ; $R_m = 350$ MPa

Fontes grises à graphite sphéroïdal

Exemples :

EN-GJS 350-22 : fonte à graphite sphéroïdal

$R_m = 350$ MPa

A % = 22%

EN-GJS 400-18 : fonte à graphite sphéroïdal

$R_m = 400$ Mpa ; A % = 18%

Fontes malléables

Les propriétés s'approchent alors de celles de l'acier, c'est-à-dire que la rupture est précédée par une déformation plastique importante. On parle ici de « malléabilité », ce qui est impropre mais consacré par l'usage.

Fontes malléables à « cœur noir »

Connues depuis une centaine d'années, ces fontes malléables « à cœur noir » – à cause du graphite.

Exemple :

EN-GJMB 350-5 : fonte à graphite sphéroïdal

$R_m = 350 \text{ MPa}$

$A \% = 5\%$

Fontes malléables « à cœur blanc »

Un autre procédé classique pour produire des pièces déformables plastiquement à partir d'une fonte blanche consiste à la recuire en atmosphère décarburante.

Exemple :

EN-GJMW 300-6 : fonte à graphite sphéroïdal

$R_m = 300 \text{ MPa}$

$A \% = 6\%$

1.4. Alliages non ferreux