

Approche Documentaire

Les alliages

Les alliages sont des solides constitués par plusieurs métaux, ou obtenus par addition d'un non-métal (ex : carbone ou bore) à un métal. Les propriétés physiques des alliages peuvent être très différentes de celles observées pour les corps purs constituant l'alliage. Différents types d'alliages sont rencontrés, et nous décrirons quelques alliages particuliers utilisés par l'industrie (en particulier l'industrie aéronautique).

1 Alliages d'insertion ou de substitution

On rencontre des alliages d'insertion et des alliages de substitution. Ces qualificatifs décrivent la construction géométrique des alliages à partir de la structure du corps pur solide de l'élément majoritaire.

Alliage de substitution

obtenus à partir d'un métal M en remplaçant progressivement les atomes M de la structure par des atomes d'une autre nature X. On peut citer par exemple l'alliage Au-Ag, ces deux métaux purs cristallisent dans un système c.f.c. de rayon atomique comparable (144,2pm pour l'or et 143,2pm pour l'argent). Pour pouvoir se substituer les atomes doivent avoir des tailles comparables. Un autre exemple très classique est l'alliage Au-Cu où les atomes d'or occupent les sommets d'un cube et les atomes de cuivre le centre des faces de ce cube, ce qui correspond à un alliage constitué de trois fois plus d'atomes de cuivre que d'or. La substitution peut toutefois entraîner des modifications de la structure cristalline comme c'est le cas pour l'alliage Ag-Cd qui peut prendre de nombreuses formes dont :

- alliage β (50% de masse de cadmium) de type c.f.c.
- alliage ϵ (70 à 82% de masse de cadmium) de type hexagonal.
- alliage η (teneur élevée en cadmium) de type h.c., seuls quelques atomes d'argent sont présents.

Alliage d'insertion

obtenus en insérant des atomes dans les sites interstitiels. Les atomes pouvant occuper ces sites tout en permettant de conserver la propriété métallique sont H ($r = 37\text{pm}$, occupent en général des sites tétraédriques), B ($r = 82\text{pm}$), C ($r = 77\text{pm}$, occupent en général des sites octaédriques), N ($r = 75\text{pm}$, occupent en général des sites octaédriques). Les exemples les plus célèbres sont les aciers et les fontes qui sont tous deux des alliages d'insertion Fe-C.

Pour une teneur massique comprise entre 0 et 2% on aura un acier, pour une faible teneur en carbone on parle d'austénite (structure c.f.c. avec remplissage aléatoire d'un douzième des sites octaédriques). Lors d'un refroidissement brutale (on parle de trempe) la structure évolue et devient c.c., on parle de martensite ou acier martensitique. Pour une teneur massique supérieure à 2% on aura une fonte.

2 Alliages de Fer

Propriétés mécaniques

L'étude des propriétés du fer montre qu'il n'est pas mécaniquement très performant. Il manifeste une faible résistance à la traction et une faible dureté. Ce constat est souvent valable pour la totalité des métaux purs. Pour augmenter les performances mécaniques du fer, il faut diminuer ses possibilités de déformation en installant des atomes étrangers dans la structure cristalline : comme par exemple des atomes de carbone pour créer des aciers.

Résistance à la corrosion

la résistance à la corrosion est augmentée par l'ajout de nouveaux atomes (Cr, Ni, Mo). Les aciers dits inoxydables sont des alliages métalliques à base d'acier, contenant au moins 10,5% de chrome en masse (norme européenne) et souvent d'autres éléments tels que le nickel, le manganèse ou le molybdène dans une moindre mesure. Les aciers inoxydables austénitiques représentent 80% du marché mondial. La structure cristalline de type c.f.c. est conservée et on observe des propriétés physiques intéressantes (forte ductilité, ténacité, soudabilité). La résistance à la corrosion des aciers inoxydables est expliquée par la formation d'un film passif à la surface de l'alliage. Pour que le phénomène puisse être observé dans le cas de l'acier, il est nécessaires que l'alliage possède une teneur en chrome autour de 11%. Le film passif qui se forme résulte de la superposition d'une couche d'oxyde de fer-chrome $(FeCr)_2O_3$ et d'une couche d'hydroxyde de chrome $Cr(OH)_3$.

3 Les alliages de titane

Structures des alliages de titane

leur structure peut être de deux types en fonction de la nature des éléments ajoutés. Le titane pur adopte une structure hexagonale pseudo-compact en dessous de 882°C (phase α) et cubique centrée au-delà (phase β). Les éléments comme Al, O, C et N sont dits α -gènes car ils stabilisent à température ambiante la phase α , tandis que H, V ou encore No sont dits β -gènes.

Résistance à la corrosion

résistants à la corrosion par formation d'un film passif de dioxyde de titane. L'ajout de chrome, zirconium ou tantale augmente la tendance des alliages de titane à la passivation. Dans des conditions extrêmes (profondes entailles et plongé dans l'eau de mer, ou trempé dans le chlorure de sodium en fusion) les alliages de type β résistent encore à la corrosion.

4 Questions

1. Représenter l'alliage de substitution β Ag-Cd.
2. Chercher des exemples d'utilisation des alliages de substitution.
3. Calculer la masse volumique d'un acier martensitique.
4. Rechercher la nature de la maille hexagonale compacte.
5. Résumer l'intérêt des alliages
6. Expliquer le principe de phase solide.