

Description

Le matériau dans un produit



Légende de l'illustration

Clé anglaise en acier faiblement allié. © Granta Design

Composition (résumé)

Fe/<1.0 C/<2.5 Cr/<2.5 Ni/<2.5 Mo/<2.5 V

Le Matériau

Le fer pur est un matériau tendre. Ajoutez-y du carbone et un traitement thermique correct et vous pourrez obtenir un matériau qui est pratiquement aussi dur et aussi cassant que du verre ou aussi ductile et aussi robuste que des plaques de chaudronnerie. 'Traitement thermique' signifie chauffer l'acier jusqu'à environ 800°C pour dissoudre le carbone, ensuite le tremper (refroidissement rapide, obtenu parfois en le plongeant dans l'eau froide) et le recuire – en le réchauffant à une température plus basse et en l'y maintenant. La trempe transforme l'acier en de la 'martensite' dure et cassante; un recuit lent rétablit sa tenue aux chocs et diminue sa dureté. Le contrôle du temps et de la température de la phase de recuit permet de contrôler les propriétés. C'est merveilleux de voir ce que 1% de carbone peut faire.

Mais (le 'mais' inévitable) la vitesse de refroidissement dans cette phase initiale de trempe doit être rapide – plus de 200°C/seconde pour les aciers au carbone purs. Il n'y a pas de difficulté à transformer la surface d'une pièce en martensite, mais l'intérieur se refroidit beaucoup plus lentement car la chaleur doit être évacuée. Si la pièce a plus de quelques millimètres d'épaisseur, il y a un problème – l'intérieur ne se refroidit pas assez vite. Le problème est résolu en alliant l'acier. Il suffit d'ajouter un petit peu de manganèse, Mn, de nickel, Ni, de molybdène, Mo ou de chrome, Cr, et, la vitesse de refroidissement critique diminue permettant à des sections plus épaisses d'être durcies et recuites. Les aciers alliés dans ce but sont appelés des aciers faiblement alliés, et la propriété qu'ils ont est appelée la durcissabilité.

Propriétés générales

| | | | | |
|--|---------|---|-------|-------------------|
| Masse Volumique | 7,8e3 | - | 7,9e3 | kg/m ³ |
| Prix | * 0,618 | - | 0,734 | EUR/kg |
| Date de première utilisation ("-" signifie "Avant Jésus Christ") | 1930 | | | |

Propriétés mécaniques

| | | | | |
|-----------------------------|-------|---|--------|----------|
| Module de Young | 205 | - | 217 | GPa |
| Module de cisaillement | 77 | - | 85 | GPa |
| Module de compressibilité | 160 | - | 176 | GPa |
| Coefficient de Poisson | 0,285 | - | 0,295 | |
| Limite élastique | 400 | - | 1,5e3 | MPa |
| Résistance en traction | 550 | - | 1,76e3 | MPa |
| Résistance à la compression | 400 | - | 1,5e3 | MPa |
| Allongement | 3 | - | 38 | % strain |

| | | | | |
|---|----------|---|---------|----------------------|
| Mesure de dureté Vickers | 140 | - | 693 | HV |
| Limite de fatigue | * 248 | - | 700 | MPa |
| Ténacité | 14 | - | 200 | MPa.m ^{0.5} |
| Coefficient d'amortissement (tan delta) | * 1,8e-4 | - | 0,00116 | |

Propriétés thermiques

| | | | | |
|------------------------------------|----------------|---|--------|------------|
| Température de fusion | 1,38e3 | - | 1,53e3 | °C |
| Température maximale d'utilisation | * 500 | - | 550 | °C |
| Température minimale d'utilisation | * -73,2 | - | -43,2 | °C |
| Conducteur ou isolant thermique? | Bon conducteur | | | |
| Conductivité thermique | 34 | - | 55 | W/m.°C |
| Chaleur spécifique | 410 | - | 530 | J/kg.°C |
| Coefficient de dilatation | 10,5 | - | 13,5 | µstrain/°C |

Propriétés électriques

| | | | | |
|-----------------------------------|----------------|---|----|--------|
| Conducteur ou isolant électrique? | Bon conducteur | | | |
| Résistivité électrique | * 15 | - | 35 | µhm.cm |

Propriétés optiques

| | | | | |
|------------------------|--------|--|--|--|
| Transparent ou opaque? | Opaque | | | |
|------------------------|--------|--|--|--|

Risque de matière critique

| | | | | |
|-----------------------------------|-----|--|--|--|
| Risque élevé de matière critique? | Non | | | |
|-----------------------------------|-----|--|--|--|

Possibilités de traitement

| | | | | |
|-----------------------------|---|---|---|--|
| Coulabilité | 1 | - | 2 | |
| Formabilité | 3 | - | 4 | |
| Usinabilité | 3 | - | 4 | |
| Soudabilité | 5 | | | |
| Aptitude au soudage/brasage | 5 | | | |

Durabilité: eau et solutions aqueuses

| | | | | |
|-------------------------|--------------|--|--|--|
| Eau (douce) | Acceptable | | | |
| Eau (salée) | Usage limité | | | |
| Sols, acides (tourbe) | Acceptable | | | |
| Sols, alcalins (argile) | Acceptable | | | |
| Vin | Inacceptable | | | |

Durabilité: acides

| | | | | |
|---------------------------|--------------|--|--|--|
| Acide acétique (10%) | Usage limité | | | |
| Acide acétique (glacial) | Inacceptable | | | |
| Acide citrique (10%) | Inacceptable | | | |
| Acide chlorhydrique (10%) | Inacceptable | | | |
| Acide chlorhydrique (36%) | Inacceptable | | | |
| Acide fluorhydrique (40%) | Inacceptable | | | |
| Acide nitrique (10%) | Inacceptable | | | |
| Acide nitrique (70%) | Inacceptable | | | |
| Acide phosphorique (10%) | Inacceptable | | | |
| Acide phosphorique (85%) | Inacceptable | | | |

| | |
|------------------------|--------------|
| Acide sulfurique (10%) | Inacceptable |
| Acide sulfurique (70%) | Inacceptable |

Durabilité: alcalis

| | |
|---------------------------|------------|
| Hydroxyde de sodium (10%) | Acceptable |
| Hydroxyde de sodium (60%) | Acceptable |

Durabilité: carburants, huiles et solvants

| | |
|-------------------------------|------------|
| Acétate d'amyle | Excellente |
| Benzène | Excellente |
| Tétrachlorure de carbone | Excellente |
| Chloroforme | Excellente |
| Diesel | Excellente |
| Huile lubrifiante | Excellente |
| Huile de paraffine (kérosène) | Excellente |
| Essence | Excellente |
| Fluides de silicone | Excellente |
| Toluène | Excellente |
| Térébenthine | Excellente |
| Huiles végétales (général) | Excellente |
| White spirit | Excellente |

Durabilité: alcools, aldéhydes, cétones

| | |
|------------------------------|--------------|
| Acétaldéhyde | Usage limité |
| Acétone | Excellente |
| Alcool éthylique (éthanol) | Acceptable |
| Ethylène glycol | Acceptable |
| Formaldéhyde (40%) | Inacceptable |
| Glycérine | Excellente |
| Alcool méthylique (méthanol) | Acceptable |

Durabilité: halogènes et gaz

| | |
|----------------------------|--------------|
| Chlore gazeux (sec) | Acceptable |
| Fluor (gazeux) | Acceptable |
| O2 (oxygène gazeux) | Usage limité |
| Dioxyde de soufre (gazeux) | Acceptable |

Durabilité: environnements construits

| | |
|--------------------------------|--------------|
| Atmosphère industrielle | Usage limité |
| Atmosphère rurale | Acceptable |
| Atmosphère marine | Usage limité |
| Radiation UV (lumière solaire) | Excellente |

Durabilité: inflammabilité

| | |
|----------------|---------------|
| Inflammabilité | Ininflammable |
|----------------|---------------|

Durabilité: environnements thermiques

| | |
|---|--------------|
| Tolérance aux températures cryogéniques | Inacceptable |
| Tolérance jusqu'à 150 C (302 F) | Excellente |

| | |
|---------------------------------------|--------------|
| Tolérance jusqu'à 250 C (482 F) | Excellente |
| Tolérance jusqu'à 450 C (842 F) | Excellente |
| Tolérance jusqu'à 850 C (1562 F) | Inacceptable |
| Tolérance au-dessus de 850 C (1562 F) | Inacceptable |

Données géo-économiques pour la composante principale

| | | |
|---|--------|----------|
| Production mondiale annuelle, composante principale | 2,3e9 | tonne/yr |
| Réserves, composante principale | 1,6e11 | tonne |

Production du matériau primaire: énergie, CO2 et eau

| | | | | |
|------------------------------------|--------|---|------|----------------|
| Energie grise, production primaire | * 28,7 | - | 31,7 | MJ/kg |
| Empreinte CO2, production primaire | * 1,93 | - | 2,13 | kg/kg |
| Eau utilisée | * 47,9 | - | 53 | l/kg |
| Eco-indicateur 95 | 110 | | | millipoints/kg |
| Eco-indicateur 99 | 198 | | | millipoints/kg |

Mise en œuvre du matériau: énergie

| | | | | |
|---|----------|---|-------|-------|
| Energie associée au moulage | * 10,9 | - | 12,1 | MJ/kg |
| Energie associée à l'extrusion, au laminage de feuille | * 6,06 | - | 6,7 | MJ/kg |
| Energie associée au laminage d'ébauche, forgeage | * 3,17 | - | 3,51 | MJ/kg |
| Energie associée au tréfilage | * 21,9 | - | 24,2 | MJ/kg |
| Energie asso à la mise en œuvre à partir de poudre métallique | * 35,4 | - | 42,8 | MJ/kg |
| Energie associée à la vaporisation | * 1,09e4 | - | 1,2e4 | MJ/kg |
| Energie associée à l'usinage d'ébauche (/Uté de pds enlevée) | * 0,908 | - | 1 | MJ/kg |
| Energie associée à l'usinage fin (/Uté de pds enlevée) | * 4,8 | - | 5,31 | MJ/kg |
| Energie associée au meulage (/Uté de pds enlevée) | * 9,13 | - | 10,1 | MJ/kg |
| Energie asso. à l'usinage non conv. (/Uté de pds enlevée) | 109 | - | 120 | MJ/kg |

Mise en œuvre du matériau: empreinte CO2

| | | | | |
|---|----------|---|--------|-------|
| CO2 associé au moulage | * 0,819 | - | 0,906 | kg/kg |
| CO2 associé à l'extrusion, au laminage de feuille | * 0,454 | - | 0,502 | kg/kg |
| CO2 associé au laminage d'ébauche, forgeage | * 0,238 | - | 0,263 | kg/kg |
| CO2 associé au tréfilage | * 1,65 | - | 1,82 | kg/kg |
| CO2 associé à la mise en œuvre à partir de poudre métallique | * 2,83 | - | 3,43 | kg/kg |
| CO2 associé à la vaporisation | * 815 | - | 901 | kg/kg |
| CO2 associé à l'usinage d'ébauche (/Uté de pds enlevée) | * 0,0681 | - | 0,0753 | kg/kg |
| CO2 associé à l'usinage fin (/Uté de pds enlevée) | * 0,36 | - | 0,398 | kg/kg |
| CO2 associé au meulage (/Uté de pds enlevée) | * 0,685 | - | 0,757 | kg/kg |
| CO2 associé à l'usinage non conventionnel (/Uté de pds enlevée) | 8,15 | - | 9,01 | kg/kg |

Recyclage du matériau: énergie, CO2 et fraction recyclée

| | | | | |
|--|---------|---|-------|-------|
| Recyclable | ✓ | | | |
| Energie grise, recyclage | * 7,7 | - | 8,52 | MJ/kg |
| Empreinte CO2, recyclage | * 0,606 | - | 0,669 | kg/kg |
| Fraction recyclée dans les fournitures courantes | 40 | - | 44 | % |
| Réutilisable | ✓ | | | |
| Incinerabilité | ✗ | | | |
| Traitement en décharge | ✓ | | | |

| | |
|--------------------------|-------------|
| Biodégradable | × |
| Classement toxicologique | Non toxique |
| Ressource renouvelable? | × |

L'Environnement

La fabrication des aciers ne requiert pas particulièrement beaucoup d'énergie, et ils sont facilement et largement recyclés.

Informations supplémentaires

Recommandations pour la conception

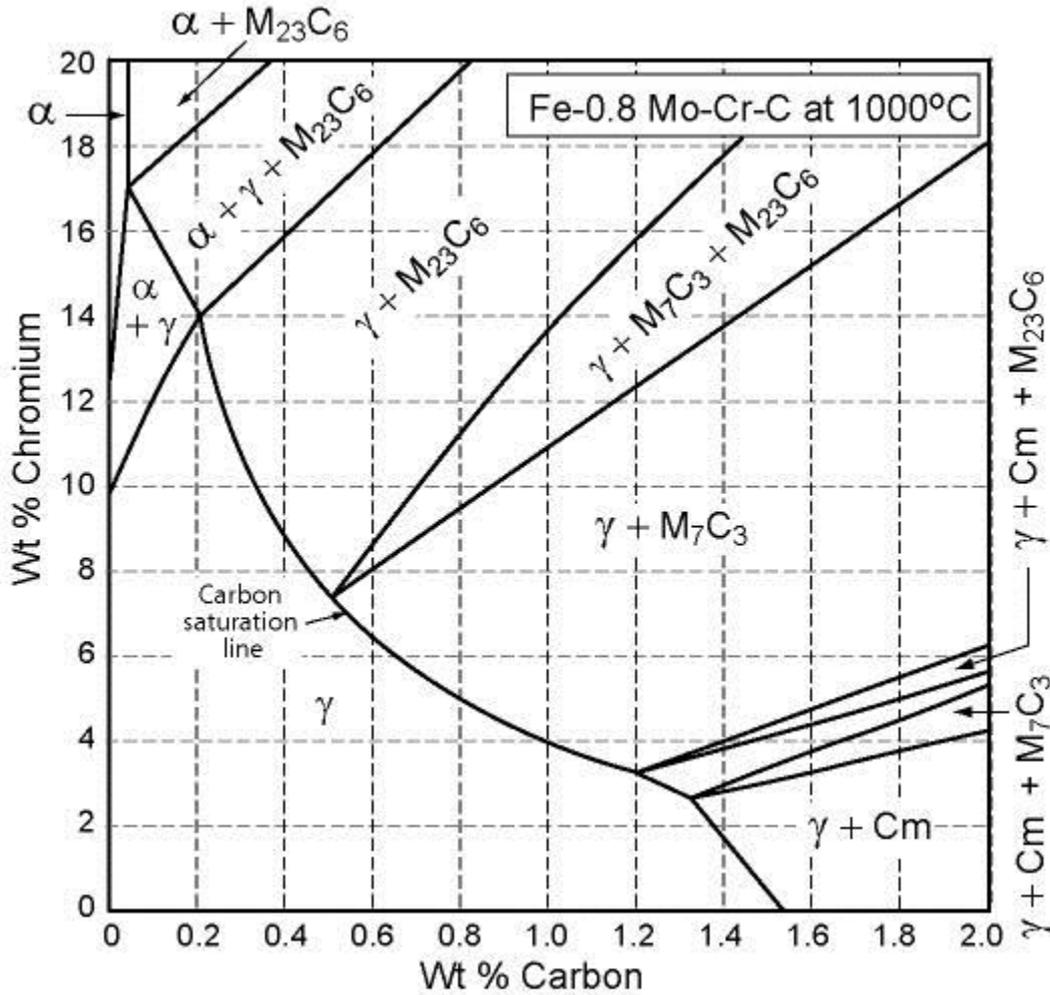
Les aciers faiblement alliés peuvent être traités thermiquement – la plupart des autres aciers au carbone ne peuvent pas l'être – et donc ils sont utilisés pour des applications pour lesquelles la dureté ou la résistance mécanique sont des caractéristiques importantes particulièrement en sections épaisses. Ils ont une plus haute résistance à l'abrasion, une robustesse plus élevée et une meilleure tenue à hautes températures que les aciers au carbone purs. Les alliages d'acier avec des teneurs en carbone comprises entre 0,30 et 0,37% sont utilisés pour des résistances mécaniques modérées et une grande robustesse; entre 0,40 et 0,42 % pour des résistances mécaniques plus élevées et une bonne robustesse; entre 0,45 et 0,50 % pour une grande dureté et une haute résistance mécanique et une robustesse modérée; 0,50 à 0,62 % pour leur dureté (ressorts et outils); 1% pour une haute dureté et une résistance à l'abrasion élevée (roulements à billes, coussinets).

Notes techniques

Le système SAE-AISI pour les aciers faiblement alliés fonctionne de la même manière que pour les aciers au carbone purs. Chaque acier est décrit par un code de quatre chiffres; Les deux premiers chiffres indiquent les principaux éléments d'alliage. Les deux ou trois suivants donnent la teneur en carbone en centièmes de pour cent. Un exemple typique est celui des aciers au nickel-chrome-molybdène avec l'appellation 43xx, mais les éléments de l'alliage peuvent inclure au choix : plus de 2% de silicium, plus de 0,4% de cuivre, plus de 0,1% de molybdène, plus de 0,5% de nickel, plus de 0,5% de chrome.

On peut trouver plus d'informations sur les désignations et l'équivalence des grades dans la section des utilisateurs du site Internet de Granta Design, www.grantadesign.com

Diagramme de phase



Description du diagramme de phase

Les aciers à haute résistance faiblement alliés contiennent de petites quantités (<5%) de chrome (Cr), de molybdène (Mo), de nickel (Ni) et de carbone (C).

Usages typiques

Ressorts, outils, roulements, coussinets, vilebrequins, engrenages, tiges de connexion, récipients sous pression.

Liens

Univers des Procédés

Références

Producteurs