

L'ACIER

I- Définition :

Alliage de fer et de carbone avec une teneur en carbone inférieure à **1,8%**. Les avec un pourcentage plus grand, pouvant aller jusqu'à **6%**, sont appelés **fontes**.

Souvent se trouvent dans l'acier d'autres éléments qui ont pour but de conférer au matériau des propriétés particulières.

II- Elaboration :

On obtient l'acier par conversion de la fonte liquide obtenue dans les hauts fourneaux, additionnée de matériaux scorifiants nécessaires (**chaux** et **calcaire**) pour avoir une scorie de la composition recherchée, en fonction du procédé utilisé.

En une première phase d'affinage oxydant, la fonte est décarburée jusqu'aux limites de concentration compatibles avec l'acier. L'abaissement de la teneur en carbone est obtenu par oxydation en utilisant des agents oxydants minéraux ou directement par l'emploi d'oxygène pur ou d'air.

Dans cette phase d'oxydation, on élimine aussi d'autres éléments ayant de plus grandes affinités avec l'oxygène que le carbone.

Les produits d'oxydation ainsi obtenus font partie des scories. On oxyde ainsi des éléments comme le **silicium**, l'**aluminium**, le **manganèse**, d'autres éléments, comme le **cobalt**, le **nickel** et le **molybdène** ne peuvent pas être éliminés, alors que le **souffre**, le **phosphore** et le **carbone** lui-même, ne peuvent être retirés de l'acier qu'en partie seulement pendant cette phase d'affinage par **oxydation**.

Le soufre et le phosphore étant des impuretés nuisibles pour l'acier produit, il est indispensable pendant le processus d'éliminer le plus possible ces éléments. La **déphosphoration** est favorisée par un taux basique élevé du fondant utilisé, par des conditions nettes d'oxydation et par de basses températures ; la **désulfuration** est également favorisée par une **basicité** élevée du fondant, ainsi que par des conditions de faible oxydation et de hautes températures.

Ensuite on passe à la phase de **désoxydation** dans le but d'éliminer l'excès d'oxygène dissous dans le système, en ajoutant des éléments ayant une très grande affinité avec l'oxygène, comme dans le cas précédant.

Dans cette phase, on ajoute aussi des éléments correctifs comme le vanadium, le chrome et le titane, nécessaires pour obtenir un acier ayant des caractéristiques bien déterminées.

Les installations utilisées pour la production de l'acier sont les fours **Martin-Siemens**, les **convertisseurs** et les **fours électriques**.

En particulier, les fours Martin-Siemens permettent une grande souplesse dans l'emploi des matières premières de la charge ; la capacité de ces fours peut atteindre, dans certains cas, **500t**. La durée du cycle peut atteindre **12h**, ce permet d'effectuer des interventions correctives, aussi bien dans la phase d'affinage que dans celle d'arrêt de la **décarburation**.

Les convertisseurs offrent l'avantage d'un coût de production bien plus bas que les autres procédés utilisés. La capacité des convertisseurs arrive jusqu'à **300 t**, et la durée d'**aciération** est de **30-60mn**.

Les inconvénients des procédés à convertisseur sont la qualité inférieure des produits obtenus et un éventail rétréci dans le choix des matériaux de charge. En particulier, le convertisseur Bessemer, qui travaille avec un garnissage acide, est caractérisé par une coulée très rapide, car il n'emploie pas de fondants et ne scorifie pas ; toutefois ce convertisseur n'est plus employé sur une grande échelle, car il ne peut travailler qu'avec des fontes ayant une faible teneur en soufre et en phosphore.

Le convertisseur **Thomas**, encore beaucoup utilisé, procède au contraire avec un revêtement basique ; il est capable de traiter des fontes à forte teneur en phosphore.

La nécessité de mettre en œuvre des courants d'air prolongés limite aussi dans ce procédé la variété des aciers pouvant être obtenus.

Les limites du convertisseur Thomas ont amené à la mise au point d'un nouveau procédé à convertisseur caractérisé par une insufflation d'oxygène pur à haute vitesse, qui produit une zone de réaction à haute température avec des propriétés **cinétiques** élevées d'absorption d'oxygène dans le bain.

Par rapport au convertisseur Thomas, le nouveau convertisseur permet d'obtenir des aciers d'une qualité comparable à celles des fours Martin-Siemens.

Pour les types d'aciers de très bonne qualité, on utilise le procédé du four électrique à arc direct. Dans ce cas, la possibilité de travailler des conditions réductrices, en commençant la phase de désoxydation finale dans le four électrique, rend ces fours particulièrement adaptés à la production d'aciers à haute teneur en éléments oxydables ; comme par exemple : les aciers inoxydables.

III- Caractéristiques :

Parmi les nombreuses propriétés qui expliquent l'énorme consommation actuelle en acier, on peut rappeler : la grande résistance mécanique, aussi bien à la traction qu'à la compression, qui reste importante, pour certains types spéciaux, même à haute température ; la facilité avec laquelle on peut donner à l'acier les formes les plus diverses grâce aux **machines-outils** ; la possibilité de souder différentes pièces avec une grande précision.

D'autres caractéristiques sont l'**élasticité** limitée (**21 000 k/N/cm²**), le faible quotient de dilatation linéaire (12×10^{-6}), la **malléabilité**, la **ductilité** et la **plasticité**, alliés à la capacité des aciers de subir des déformations permanentes par l'action d'efforts de traction et de compression.

En outre, une de leurs propriétés spécifiques est de pouvoir être trempés, ce qui leur donne la capacité d'acquérir une particulière résistance mécanique, la **dureté** et la **finesse du grain cristallin**, par l'effet d'un rapide refroidissement après avoir été portés à une température très élevée.

En effet, avec une telle opération, on parvient à rendre stables, à la température ambiante, des structures du métal qui autrement ne pourraient exister qu'à une température élevée et qui donnent justement à l'acier les propriétés ci-dessus mentionnées.

- **Aciers au carbone :**

Ce sont des aciers employés pour des usages courants (**aciers courants**). Les propriétés varient essentiellement en fonction de leur teneur en carbone, même si on constate toujours la présence d'autres éléments comme le manganèse (**0,2-1%**) et le silicium (**0,1-0,5**), outre le phosphore et le soufre, dont le pourcentage ne doit pas dépasser (**0,03-0,05%**), car ils rendent l'acier particulièrement fragile. Ces types d'acier sont généralement classés en **extra-doux**, **doux**, **mi-durs**, **durs** et **extra-durs**, pour des quantités de carbone respectivement comprises dans les intervalles **<0,15%** ; **0,15-0,25%** ; **0,25-0,50%** ; **0,50-0,75%** et **0,75-0,90%**.

Les aciers au carbone constituent le produit le plus important des procédés sidérurgiques ; ils sont surtout employés, sous forme de laminés, profilés, tôlés, tubés, dans les constructions métalliques et navales.

- **Aciers spéciaux :**

Les caractéristiques des aciers **binaires**, c'est-à-dire des alliages ne comportant que deux éléments, fer et carbone, peuvent être notablement modifiées pour parvenir à des propriétés spécifiques par l'adjonction d'autres éléments : on parle alors d'aciers alliés (ou d'**aciers spéciaux**). On aura les aciers **ternaires, quaternaires** et **complexes** qui se subdivisent en aciers faiblement alliés, quand dans l'alliage chaque élément ne dépasse pas **5%**, et aciers fortement alliés, quand au moins un des éléments présents dans l'alliage a une teneur dépassant **5%**.

Les propriétés des différents types d'aciers spéciaux sont très nombreuses, car elles dépendent du nombre et de la teneur des éléments liants, et des traitements thermiques. Par exemple : la présence de manganèse a pour effet de faciliter la trempe et d'augmenter la dureté et la résistance à l'usure et à la cassure.

Les aciers au manganèse (**11-15%**) sont donc employés dans la construction des pièces qui doivent résister aux chocs (par exemple les bennes pour excavateur de terre) ou qui doivent résister aux efforts de percement (par exemple : tôles pour coffres-forts).

Les aciers rapides contiennent du **tungstène (10-18%)**, dont les carbures donnent à l'acier de la dureté et une résistance élevée à la cassure, même à haute température ; ils sont donc employés dans la construction d'outils pour le travail des métaux à des vitesses élevées. On parle d'aciers **extra-rapides** si, en plus du tungstène (**18-19%**), ils contiennent du **chrome (4-7%)** et du **vanadium**.

Des effets semblables à ceux du tungstène et du chrome sont produits par le **molybdène**. Une autre famille d'aciers alliés, qui connaît d'importantes applications, est celle qui contient du silicium, composant qui accroît dans l'alliage le champ de présence de l'**austénite**, diminue la tendance à la déformation et surtout accroît les caractéristiques magnétiques (diminutions des pertes par **hystérésis** magnétique).

Les aciers au silicium sont donc employés dans les constructions électriques et électromécaniques (**transformateurs, moteurs, alternateurs**, etc.).

D'autres éléments utilisés dans les aciers spéciaux sont l'aluminium (acier de **nituration**), le cuivre (il augmente la résistance à la **corrosion**), le vanadium et le cobalt, le **titane**, le **plomb** (qui rend plus aisé le travail sur les machines-outils).

- **Autres aciers :**

Des aciers particuliers sont ceux qu'on nomme **aciers maraging**, à faible teneur en carbone, et contenant du **nickel**, du titane, de l'aluminium, du molybdène et du chrome ; un traitement thermique complexe leur confère une très haute limite d'élasticité et une très forte ténacité.

Les aciers patinés contiennent des éléments (vanadium en particulier) qui, sous l'action des intempéries, permettent la formation d'une **patine** résistante constituée par les oxydes des éléments de l'alliage, ce qui rend inutile l'application d'un **vernis**.

IV- Classement des aciers :

Les aciers peuvent être classés selon différents critères en relation avec leur structure, leur composition chimique, les applications auxquelles ils sont destinés.

Ces classements font appel à des **normes** internationales.

Les aciers avec une teneur en carbone inférieure à **0,9%** (qui correspond à la transformation à **721°C** de l'austénite en **perlite** selon le diagramme fer-carbone), sont appelés **hypoeutectiques**, alors qu'au-dessus de ce seuil on trouve les aciers **hypereutectiques**.

Les alliages fer-carbone ayant une teneur de ce dernier élément supérieure à **1,18%**, constituent les fontes.

Les normes unifiées de classement sont inscrites dans une table qui classe les aciers en deux groupes selon leur désignation soit sur des caractéristiques physiques, soit sur des caractéristiques chimiques.

Cette table permet de représenter avec un nombre limité de chiffres et de lettres le type et les caractéristiques d'un acier déterminé.

Ainsi par exemple : **Fe 42 N** désigne un acier avec une résistance minimale garantie à la traction de **42 kg/mm²** et des pourcentages de soufre et de phosphore inférieurs à **0,040%**.

Souvent, pour désigner les aciers, on se réfère aux normes américaines **SAE** (Society of Automotive Engineers) et **AISI** (American Iron and Steel Institute).