

Chapitre 3 : La Fonderie

III.1. GENERALITES

La **fonderie** est l'un des procédés de formage des métaux qui consiste à **couler** un **métal** ou un **alliage liquide** dans un **moule** pour reproduire, après refroidissement, une pièce donnée (forme intérieure et extérieure) en limitant autant que possible les travaux ultérieurs de finition.

Cette industrie met en oeuvre des techniques extrêmement variées. L'une des principales est la fusion simple, art très ancien qui situe la fonderie entre la métallurgie (élaboration des métaux) et les industries de construction mécanique (mise en oeuvre finale).

C'est donc une industrie de transformation qui offre ses produits (utilisables directement ou non) à toutes les autres activités. [6]

On peut affirmer qu'il n'est pas un outillage industriel ou agricole, une machine, un équipement individuel ou collectif, rural ou urbain, voir un foyer domestique, qui ne puisse contenir des pièces moulées sous forme d'organes généralement essentiels.

Les techniques employées dépendent de l'alliage fondu, des dimensions, des caractéristiques et des quantités de pièces à produire. C'est le plus souvent une industrie de sous-traitance très dépendante des secteurs acquéreurs : automobile, sidérurgie, matériel de manutention, équipement industriel, matériel électrique, aéronautique, armement, etc.

III.2. PRODUITS ET TYPES DE FONDERIES

3.2.1. Les produits de fonderie [6]

Les produits élaborés par la fonderie se divisent en deux catégories :

1- Les produits finis : Ce sont essentiellement les fontes d'hydraulique (tuyaux divers) et les fontes sur album (fontes domestiques et de bâtiment : appareils de chauffage, appareils sanitaires). Ces produits sont utilisables directement par l'utilisateur.

2- Les demi-produits : Ce sont les pièces moulées brutes en alliages ferreux ou non ferreux coulées à façon, sur modèles, à l'usage des diverses industries de construction : mécanique générale, électricité, automobile, aéronautique, navale....

Cette distinction entre « *produits finis* » et « *demi-produits* » est extrêmement importante. Dans le premier cas le fondeur est directement en rapport avec l'utilisateur dont il doit satisfaire les besoins en définissant lui-même sur l'album (ou *catalogue*) les fabrications mises à la disposition des clients (d'où la désignation : fonderie sur album). La diversité des produits ainsi proposés conduit à une concentration des moyens de production.

Dans le second cas l'initiative appartient au constructeur-client qui dessine et commande les pièces mécaniques dont il a besoin ; celles-ci , moulées sur modèles, doivent satisfaire aux conditions fonctionnelles des ensembles mécaniques auxquels elles sont destinées.

3.2.2. Les types de fonderie (spécialisation) [6]

Il existe depuis fort longtemps deux modes de spécialisation: la spécialisation dite de « branche » et celle dite « d'affectation ». Pratiquement, on distingue les fonderies :

❖ **En fonction des métaux moulés :** « branche »

- Les fonderies de fontes, de fontes à graphites nodulaire (*fontes malléable*) ;
- Les fonderies d'acier moulé (acierie de moulage) ;
- Les fonderies de cuivre, bronzes et laitons (alliages cuivreux) ;
- Les fonderies des alliages légers et ultra-léger (aluminium et magnésium) ;
- Les fonderies d'alliages moulé sous pression (alliage d'aluminium et alliage de zinc).

La norme Française, par exemple, nous révèle les différentes fonderies suivantes :

- Fonderie des métaux ferreux : fonte (NAF 2451Z), et acier (NAF 2452Z).
- Fonderie des métaux non ferreux : cuivre, zinc et alliages (NAF 2454Z).
- Fonderie alliages légers : aluminium, zamac, et autres alliages légers (NAF 2453Z).
- Fonderie d'art.
- Fonderie de cloches.
- Fonderie typographique. Mais l'activité qui justifie cette appellation de fonderie, la production de caractères en plomb, y est devenue interdite.

❖ **En fonction de fabrications déterminées :** « affectation »

On reconnaît ici :

- Les fonderies de tuyaux et d'hydraulique ;
- Les fonderies sur album ;
- Les fonderies de cylindres de laminoirs.

Compte tenu de ces spécialisations le Syndicat général des fondeurs de France reconnaît 10 sections professionnelles :

1. Fontes d'hydraulique et de bâtiment.
2. Fonderies sur album.
3. fonderies sur modèles.
4. fonderies de cylindres de laminoirs.
5. Fonderies de fontes à graphites nodulaire.
6. Fonderies d'acier moulé.
7. Fonderies de cuivre, plomb, poterie d'étain, de bronzes et d'alliages cuivreux.
8. Fonderies d'aluminium, d'alliages légers et ultra-léger.
9. Fonderies d'alliages sous pression.
10. Fonderies d'appareils de cuisine et de chauffage domestique.

III.3. SECTEURS DE FONDERIE

a) Fusion des métaux

- Préparation des charges.
- Fusion : en cubilot, fours (induction, arc, gaz, rotation).
- Maintien de fusion : four de maintien. On utilise des fours à creuset en graphite électrique et les fours à induction sont utilisés pour des fabrications importantes ou continues.
- Traitement du métal fondu par des flux appropriés ou des alliages mères, des gaz ou mécaniquement : décasser, dégazer, épurer, modifier, éliminer, ajouter, affiner (le grain), réduire, oxyder.
- Alimentation en métal : par poche, louche (manuelle, semi-manuelle ou automatique).
- Recyclage.

b) Sablerie

- Préparation : séchage, mélange, contrôle.
- Alimentation : installation de transport du sable par tapis, élévateurs, trémies, aspiration.
- Recyclage : récupération du sable brûlé, tri des particules métalliques, refroidissement, régénération, mélange.

c) Noyautage

Fabrication des **noyaux** qui seront insérés dans le moule et qui correspondent aux parties creuses de la pièce finie. Les principales étapes sont :

- *Moulage.*
- *Ébavurage, contrôle.*
- *Poteyage.*

d) Moulage

- Moulage en sable.
- Moulage métallique ou moulage permanent.
- Procédés spéciaux de moulage.

e) Remmoulage

- Pose des noyaux dans la partie inférieure du moule, soufflage des poussières.
- Pose de la partie supérieure.

f) Coulée

- En moule perdu, par gravité. Par exemple : **moules en sable** (cas le plus fréquent), en plâtre, en terre glaise, etc.
- En moule métallique (**coquilles**): par gravité, sous-pression, à basse-pression, par **centrifugation**.

g) Démoulage

- **Décochage** : séparation du sable de moulage qui adhère à la pièce coulée.
- **Débouillage** : opération qui permet d'extraire le sable contenu à l'intérieur d'une pièce, après coulée et solidification.
- **Dessablage** : opération qui consiste à enlever le sable de moulage ou le sable à noyaux qui adhère aux pièces après de décochage.

h) Parachèvement

Le **parachèvement** est l'opération de finition d'une pièce (sciage ou découpe du système d'alimentation, meulage, ébavurage...), quel que soit son mode de fabrication, avant sa mise en fonction définitive ou avant de passer à une autre étape de fabrication. Les opérations de parachèvement peuvent être automatisées. Les pièces subissent un **contrôle qualité** unitaire pour les pièces dite de « sécurité » (**traçabilité**) ou par sondage.

III.4. SECTEURS ANNEXES

- **Modelage** : étude, élaboration et entretien des **modèles**.
- **Entretien** : maintenance des installations de la fonderie.
- **Études** : études des installations et des chantiers de production, élaboration de projets, sous-traitance des réalisations d'installations, gammes de fabrication, investissements.
- **Administration** : tous les services qui gèrent le personnel, la fabrication (réception de la matière première, vente du produit fini brut de fonderie).
- **Laboratoire** : chargé de l'analyse des matières premières réceptionnées, analyse systématique par **spectrométrie** des échantillons de métal à la sortie des fours et avant la coulée, contrôle par **thermocouple** de la température des bains en fusion, contrôle d'échantillons de pièces finies (dimensionnel, **dureté**, **CND**), **essais mécaniques** sur **éprouvettes** séparées (caractérisation) ou taillées dans une pièce prélevée sur la fabrication (dissection), **micrographie** sur pièce disséquée.
- **Logistique** : réception de la matière première, expédition des pièces finies.

III.5. TERMINOLOGIE

a) Métiers

- Le mouleur est celui qui fabrique un moule en sable, à partir d'un modèle.
- Le noyauteur est celui qui prépare les noyaux qui seront incorporés au moule pour réaliser les parties en creux ou en contre-dépouille de la pièce.
- Le modeleur est celui qui fabrique le modèle en bois ou en résine.
- Le mouliste est celui qui fabrique un outillage permanent (moulage coquille et moulage sous pression).
- Le fondeur est celui qui s'occupe des fours de fusion, qui prépare le métal avant la coulée ; et aussi, par extension, celui qui fournit des fonderies à ses clients.
- Le décocheur est celui qui casse les moules pour sortir la pièce brute de coulée.
- L'ébarbeur est celui qui finit la pièce en la séparant de son système de remplissage et d'alimentation et en meulant les bavures éventuelles.
- Le grenailleur ou le sableur, dans *l'atelier de parachèvement*, est celui qui s'occupe de grenailer ou de sabler les pièces (bombardement de particules solides tels que billes d'acier ou corindon pour décaper le sable adhérent à la pièce brute de coulée).

b) Techniques

- Bréler un noyau : fixer un noyau dans le châssis supérieur.
- Coulée : transvasement de métal liquide.
- Crampage : opération consistant à bloquer entre elles les différentes parties moule afin d'éviter qu'elles ne se séparent pendant la coulée.
- Débourrer : extraire d'une pièce, après coulée et solidification, le sable qui constituait les noyaux.
- Décocher : débarrasser la pièce coulée du sable qui l'entoure ou qu'elle contient.
- Décrasser : enlever à l'aide d'une écraemoire, le laitier et les crasses flottant à la surface d'un bain de métal.
- Démasselotter : séparer la pièce coulée de ses masselottes, de ses jets et évents.
- Démouler : dans le cas du moulage sable, consiste à ôter le modèle du moule.
- Dessabler : débarrasser la pièce moulée du sable qui peut y adhérer après décochage.
- Ébarber : débarrasser une pièce coulée de tous les excédents de métal formé par les bavures et les traces des jets de coulée, évents, masselottes, etc.
- Ébavurer : enlever les bavures d'une pièce.
- Éjecter : sortir la pièce en moule permanent (gravité, basse pression et sous pression) à l'aide d'éjecteurs métalliques reliés à une batterie d'éjection.
- Emballer un modèle : réaliser le moule autour de ce modèle.
- Faire soleil : mouler et remouler un moule de la même manière, en tournant le châssis supérieur dans le sens des aiguilles d'une montre, pour compenser le jeu de fermeture au niveau des goujons de châssis.
- Motte : moule en sable, séparé de son châssis avant la coulée.
- Mouler : faire dans un matériau convenable, une empreinte destinée à recevoir l'alliage liquide.

- Noyauter : réaliser les noyaux qui seront incorporés au moule.
- Poteyage en moulage gravité coquille et basse pression : revêtir le moule (en acier) d'un dépôt réfractaire (qui sera renouvelé une fois par équipe environ) de 50 μm à 400 μm (selon les zones) servant à protéger le moule et moduler les échanges thermiques.
- Poteyage en moulage sous pression : pulvériser à chaque cycle sur le moule un mélange d'eau (98 %) et de produit démoulant (2 %). Cette opération sert à refroidir le moule, à protéger le moule et enfin à démouler correctement la pièce.
- Remmouler (prononcer ren-mouler et non re-mouler) : toujours au sable, consiste à assembler avec précision, juste avant la coulée, toutes les parties du moule qui ont été préparées séparément : dessous, dessus, chapes, noyaux, bassins de coulée, etc.
- Sabler : nettoyer une pièce coulée au moyen d'un jet d'abrasif sec projeté à grande vitesse.
- Sable à vert : sable de moulage spécialement préparé pour couler des pièces ou des moules non séchés.
- Torcher un moule : projeter du sable très humide sur le joint du moule pour éviter les fuites de métal à la coulée.