

Chapitre III

Procédés de fabrication par enlèvement de matière

SOMMAIRE

Introduction

1. Le tournage
 - 1.2 Opérations de tournage
2. Outils de tournage
3. Le fraisage
 - 2.1 Opérations de fraisage
 - 2.2 Différents types de fraiseuses
 - 2.3 Outils de fraisage
3. Le rabotage
4. La rectification
 - 4.1 La rectification plane
 - 4.2 La rectification cylindrique
5. Le perçage
6. Le Sciage
7. Le limage

Introduction

L'usinage par enlèvement de matière est un procédé qui consiste à enlever ou couper le matériau d'une pièce avec un outil donnant lieu à cet excédent de matière, qui est séparé de la pièce avec le même outil. La quantité de matière enlevée est dite copeaux et l'instrument avec lequel est enlevée la matière est appelé outil de coupe. L'opérateur utilise des machines dites machines-outils pour réaliser l'usinage d'une pièce. Les procédés d'usinage par enlèvement de matière traditionnels remontent à plusieurs siècles, étant une évolution des procédés manuels. Ce sont, entre autres : tournage, fraisage, perçage, sciage etc.

L'usinage par enlèvement de matière présente de nombreux avantages, notamment :

- Atteint de très faibles tolérances (précision dimensionnelle élevée).
- Des coins très aiguisés peuvent être obtenus sur la pièce résultante.
- Préserve les propriétés mécaniques du matériau (contrairement au formage par exemple).
- Fonctionnement très polyvalent.
- Il n'est pas plus cher que d'autres procédés tels que le formage.

1. Tournage

Le tournage est procédé d'usinage par enlèvement de matière traditionnel qui utilise un tour (outil de coupe à un seul bord) pour faire tourner la pièce afin d'éliminer les excès et ainsi générer une forme cylindrique. Le mouvement de coupe (principal) est produit en faisant tourner la pièce et le mouvement vers l'avant en déplaçant le tour de façon lente parallèlement à l'axe de rotation de la pièce.

Les machines outils les plus courantes utilisées pour le tournage sont:

- Les tours parallèles à charioter et à fileter: Ces machines sont utilisées pour les travaux unitaires ou de petites et moyennes séries sur des pièces très simples. Ces tours sont peu flexibles. Seules les surfaces dont les génératrices sont parallèles ou perpendiculaires à l'axe de la broche sont réalisables en travail d'enveloppe.
- Les tours à copier: Ils permettent l'usinage de pièces par reproduction, à partir d'un gabarit, grâce à un système de copiage hydraulique qui pilote le déplacement du chariot transversal

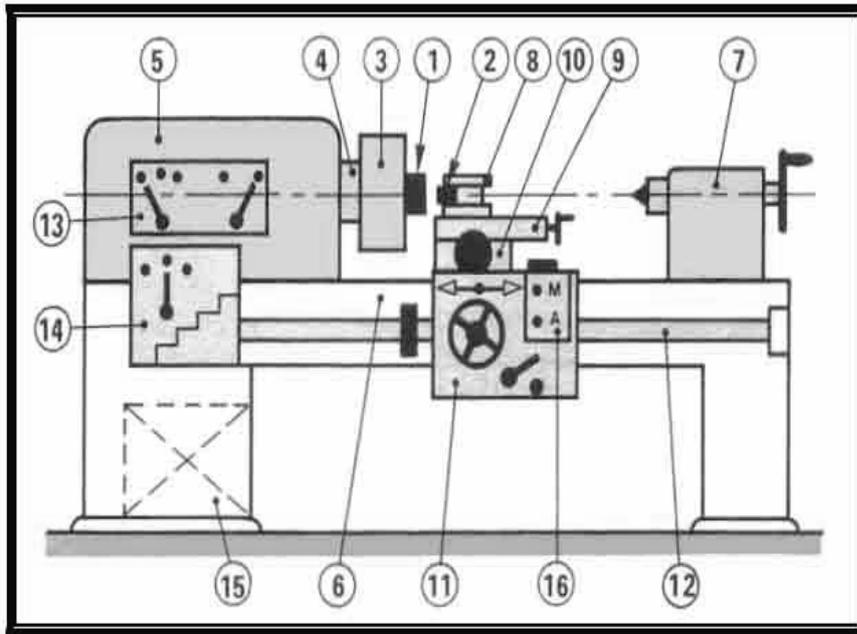
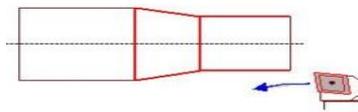


Figure 2. Tour parallèle
Schéma. (1) Pièce ; (2) Outil ; (3) Mandrin ; (4) Broche ; (5) Poupée fixe ; (6) Banc ; (7) Poupée mobile ; (8) Tourelle porte-outils ; (9) Chariot supérieur ; (10) Chariot transversal ; (11) Traînard ; (12) Barre de chariotage ; (13) Boite des vitesses ; (14) Boite des avances ; (15) Moteur ; (16) Contacteur.

Schéma Tour parallèle

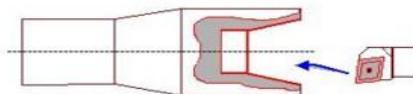
1. 2 Operations de Tournage

- **Chariotage:** Opération qui consiste à usiner une surface cylindrique ou conique extérieure.



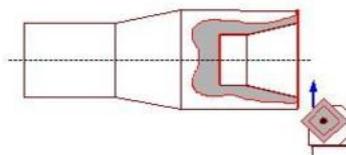
Chariotage

- **Alésage:** Opération qui consiste à usiner une surface cylindrique ou conique intérieure.



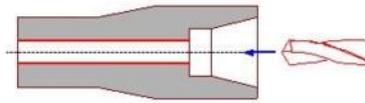
Alésage

- **Dressage:** Opération qui consiste à usiner une surface plane perpendiculaire à l'axe de la broche extérieure ou intérieure.



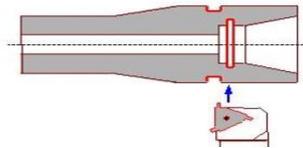
Dressage

- **Perçage:** Opération qui consiste à usiner un trou à l'aide d'un forêt .



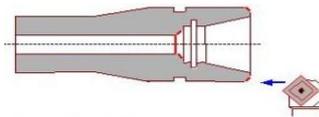
Perçage

- **Rainurage:** Opération qui consiste à usiner une rainure intérieure ou extérieure pour le logement d'un circlips ou d'un joint torique par exemple.



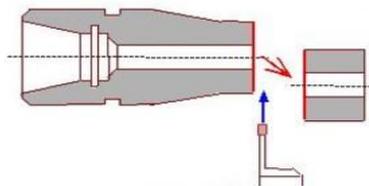
Rainurage

- **Chanfreinage :** Opération qui consiste à usiner un cône de petite dimension de façon à supprimer un angle vif.



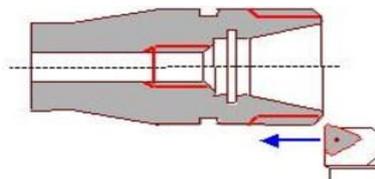
Chanfreinage

- **Tronçonnage:** Opération qui consiste à usiner une rainure jusqu'à l'axe de la pièce afin d'en détacher un tronçon.



Tronçonnage

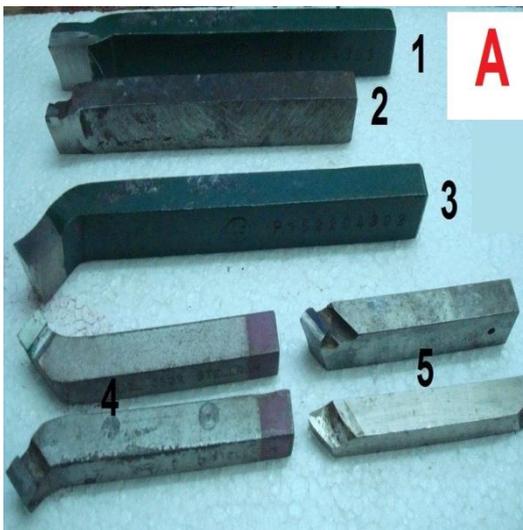
- **Filetage:** Opération qui consiste à réaliser un filetage extérieur ou intérieur



Filetage

1.3 Les outils de tournage

Les outils les plus répandus sont constitués d'une plaquette amovible montée sur un corps d'outil. Les formes de la plaquette définissent les angles et le rayon de bec. Pour une meilleure résistance de la plaquette, le rayon de bec et les angles seront maximum. Pour la réalisation des diverses opérations de tournage on doit disposer des outils suivants: les outils à charioter, les outils à dresser, les outils à charioter-dresser les outils à aléser, etc.



Série d'outils pour usinage externe



Porte-plaquette et plaquettes

2. Le Fraisage

Le fraisage est un procédé d'usinage traditionnel qui combine deux mouvements : la rotation d'un outil utilisé pour couper et l'avancée d'une pièce à usiner. L'outil servant à fraiser se nomme, la fraise qui possède diverses arêtes de coupe, chacune ôtant une certaine quantité de métal sous la forme de copeaux. La fraiseuse est particulièrement adaptée à l'usinage de pièces prismatiques et permet également, si la machine est équipée de Commande numérique, de réaliser tout type de formes mêmes complexes. Les fraiseuses actuelles sont fréquemment automatisées (fraiseuses à commande numérique et centres d'usinage).

Lorsqu'une pièce doit être fraisée, il faut ensuite opter pour la machine la plus adéquate : fraiseuse verticale, horizontale, universelle, à commande numérique, à portique ou centre d'usinage.

Les avantages du fraisage résident dans son rendement important, son excellent fini de surface, sa grande précision et son extrême souplesse quant à ses formes. Le fraisage est utilisé, le plus fréquemment, pour l'obtention de surfaces planes, de gorges et d'épaulements.

2.1 Les différents types de fraiseuses

Les fraiseuses sont des machines-outils par enlèvement de copeaux, caractérisées par l'utilisation d'outils tournants, appelés forets de précision. Ils sont conçus pour usiner des surfaces planes, cylindriques, coniques et / ou hélicoïdales.

Le mouvement de travail de l'outil est toujours en rotation autour de son propre axe, tandis que la pièce a un mouvement de translation ou de rotation combiné. La plupart des fraiseuses ont une seule broche, mais il existe aussi des types multibroches.

Les fraiseuses à une seule broche peuvent également être équipées d'arbres de fraisage spéciaux, permettant ainsi le travail simultané de plusieurs forets utilisés sur différentes surfaces.

Nous pouvons classer les fraiseuses de la manière suivante : fraiseuses horizontales, fraiseuses verticales, fraiseuses spéciales, fraiseuses automatiques et fraiseuse universelles

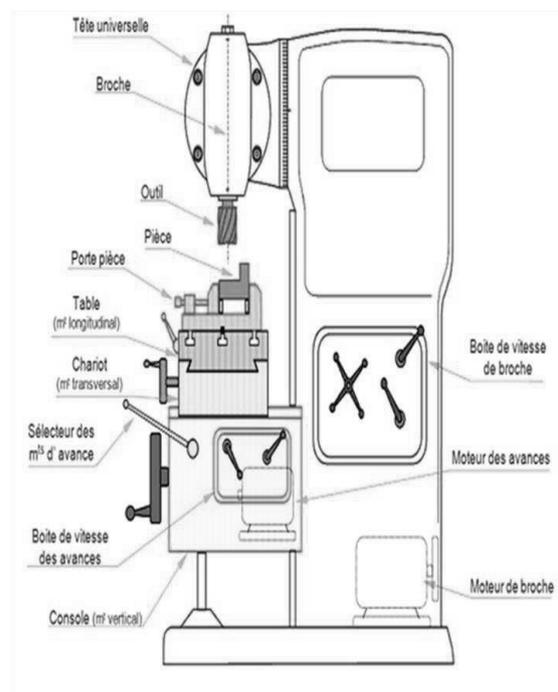


Figure. Fraiseuse à commande numérique et fraiseuse verticale.

2.2 Les principales opérations de fraisage

Les principales opérations de fraisage (planes et profilés) sont :

- Le Surfaçage
 - L'épaulement
 - Le Rainurage
 - L'usinage des poches
- **Le surfaçage** : est l'opération qui consiste à usiner une surface plane.
 - **L'épaulement** : est une opération qui consiste à usiner deux surfaces planes perpendiculaires associées
 - **Le rainurage** : est une opération de fraisage qui consiste à usiner trois surfaces orthogonales entre elles. Cette opération peut se faire avec une fraise 2T ou 3T (ARS ou carbure) suivant la définition de la rainure. Les rainures peuvent être droites, de forme (ex : rainures à té, rainures en vé) et/ou pour clavettes.
 - **L'usinage de poches** : Une poche est délimitée par des surfaces verticales ou avec dépouilles (cylindriques et planes) quelconques.

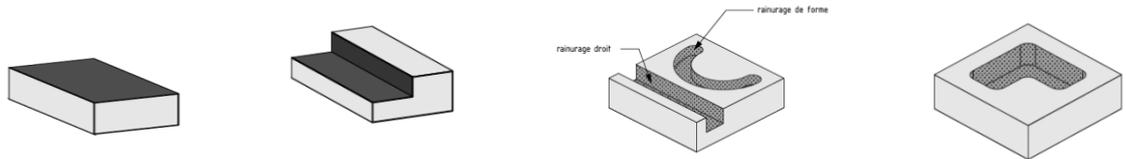


Figure Le surfaçage Epaulement Rainurage Le fraisage des poches

2.3 Outils de Fraisage

Types : les fraises peuvent être classées en : ARS ; à plaquettes en carbure amovibles et à plaquettes en carbure brasées

Composition : la même composition, les mêmes définitions des composants et les mêmes cas d'utilisation des outils de tournage restent valables en fraisage.

Caractérisation : la taille : suivant le nombre d'arêtes tranchantes par dent, il existe des fraises une taille, deux tailles ou trois tailles

La forme: suivant le profil des génératrices par rapport à l'axe de l'outil, il existe des fraises cylindriques, coniques et des fraises de forme

La denture : suivant le sens d'inclinaison des arêtes tranchantes par rapport à l'axe de la fraise, il existe les dentures hélicoïdales à droites ou à gauche et les dentures à double hélice alternées. Si l'arête tranchante est parallèle à l'axe de la fraise, la denture est droite.

Nombre de dents: Une fraise est également caractérisée par son nombre de dents. Dimensions: } Pour une fraise deux tailles : diamètre et hauteur taillée. } Pour une fraise trois tailles : diamètre de l'outil, épaisseur, diamètre de l'alésage. } Pour une fraise conique pour queue d'aronde : l'angle, le diamètre de l'outil et l'épaisseur.

Mode de fixation : à trou lisse ou taraudé, à queue cylindrique ou conique



Figure Outils de fraisage (fraise à queue cylindrique ou conique et à plaquette amovible)

3. Le rabotage

Le rabotage est une opération d'usinage consistant à l'enlèvement de matière sur la totalité de la surface d'une pièce par l'action régulière et progressive d'un outil. Il s'effectue sur des machines outils appelées raboteuses ou étaux-limeurs, qui sont conçus pour permettre l'emploi d'un outil d'enveloppe. Il peut servir à augmenter la planéité de la surface ou à diminuer l'épaisseur de la pièce.

3.1 Machines outils utilisées :

- **Etau limeur** est une machine-outil employée pour l'usinage et la génération de surfaces planes sur des pièces métalliques. L'outil non tournant est fixé sur un coulisseau entraîné en allers-retours par un système bielle manivelle. La pièce à

usiner est déplacée automatiquement après chaque course pour l'usinage suivant ce qui donne un état de surface composé de lignes droites parallèles

- **Raboteuse métal** est une machine conçue pour l'usinage de pièces lourdes et des grandes dimensions, essentiellement basé sur la génération de surfaces planes. Contrairement à l'étau limeur, la raboteuse a un mouvement de coupe donné à la table porte-pièce et un mouvement d'avance donné à l'outil.



Copyright © Vrossmann

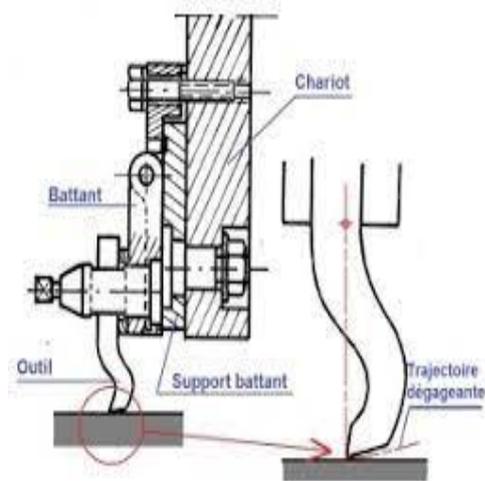


Figure Etau limeur

Raboteuse métal

4. La rectification

Contrairement à l'usinage traditionnel (enlèvement de copeaux par outils coupants), la rectification permet des usinages de précision dimensionnelle élevée grâce au principe de l'usinage par abrasion. Elle consiste à enlever une partie de la matière de pièces métalliques ou autres au moyen d'outils appelés meules. Elle peut également être utilisée pour donner un profil particulier à la pièce lorsque la meule a été au préalable usinée au profil complémentaire. Ce procédé, se distingue selon trois types d'application : La rectification plane, cylindrique et de forme destinée à la réalisation de pièces mécaniques de haute qualité

4.1 La réification plane

Elle consiste en un *meulage* horizontal de la pièce de façon à éliminer à plusieurs reprises des couches de matériau allant de 10 à 40 micromètres (0,01 à 0,04 mm). Ici, la pièce effectue un mouvement de va-et-vient longitudinal (qui peut être combiné avec un balayage transversal

pour rectifier une largeur supérieure à la largeur de la meule). De même, la rectification double face consiste à rectifier les deux faces de la pièce en même temps

4.2 La rectification cylindrique

Dans le cas de la rectification cylindrique, la pièce tourne sur elle-même et la meule tourne et se déplace en effectuant sa course :- soit parallèlement à l'axe de la pièce, ce qui génère sur la pièce une micro strie hélicoïdale ;

-soit perpendiculairement à l'axe de la pièce (rectification en plongée), ce qui génère sur la pièce une série de micro stries circulaires parallèles.

Dans le premier cas, un joint d'étanchéité (O-ring ou autre) s'appuyant sur la pièce pourra présenter en service une légère fuite d'huile vers l'extérieur ou l'intérieur selon le sens de l'hélice et le sens de rotation de la pièce ; dans le second cas, le joint sera étanche quel que soit le sens de rotation de la pièce

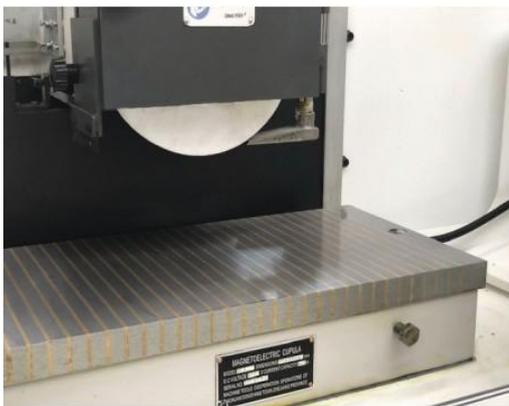


Figure Rectifieuse plane



Rectifieuse cylindrique

5. Le perçage:

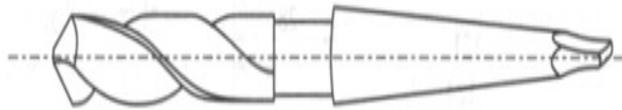
Le perçage est un procédé par enlèvement de matière qui consiste à exécuter des surfaces cylindriques intérieures à l'aide d'outils rotatifs. L'outil de coupe, appelé foret, est animé d'un mouvement de rotation continu et d'un mouvement de déplacement longitudinal.

Le terme de perçage regroupe toutes les méthodes ayant pour objet d'exécuter des trous cylindriques dans une pièce avec des outils de coupe par enlèvement de copeaux. En effet , ce

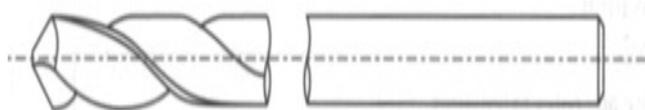
procédé inclut également diverses opérations d'usinage consécutives, telles que brochage, alésage, réalésage et certaines formes de finition comme le calibrage et le galetage.

5.1 Outils de perçage (Forets)

Un foret est défini par : son diamètre, sa forme, sa matière (acier rapide) et sa série (courte ou longue). On utilise des forets à queue conique pour les diamètres supérieurs à 13 mm et des forets à queue cylindrique pour les diamètres inférieurs ou égaux à 13 mm. Les forets sont fabriqués en acier rapide et la qualité de l'acier est inscrite sur le foret avec les symboles: ARO (Acier Rapide Ordinaire), ARS (Acier Rapide Supérieur), et en anglais, HSS. Les qualités supérieures des forets sont à réserver pour les productions intensives. L'affûtage se pratique par meulage des deux faces de la tête, manuellement ou sur une affûteuse. L'affûteur devra choisir les valeurs angulaires pour l'angle de dépouille et l'angle de pointe en fonction des matériaux percés, des conditions d'utilisation, de la qualité de l'outil.



Forêts queue conique



Forêts queue cylindrique

5.2 Différents types de perceuses

- **La perceuse sensitive**

On qualifie de perceuse sensitive la perceuse sur colonne à réglages multiples, dont notamment la capacité de descente du bras, et la capacité aussi bien d'aléser que de percer les différents matériaux : bois, verre, acier et matériaux composites.

- **La perceuse à colonne**

C'est une machine-outil d'atelier fixée sur un bâti, un établi ou au sol. Elle permet des perçages verticaux précis et importants (diamètres pouvant aller jusqu'à 30 millimètres dans l'acier ordinaire).

- **La perceuse radiale**

C'est une machine-outil semblable à une perceuse à colonne mais dont la broche est montée sur un chariot coulissant le long d'un bras pouvant pivoter avec la colonne comme axe. Elle peut être munie d'une tête ou d'une table inclinable permettant de percer selon des axes non verticaux.

6. Le Sciage

C'est un procédé qui permet d'effectuer le débit de profilés (tubes ronds, carrés, plats, etc.), sous l'action d'une lame, entraînant la séparation de la pièce en deux parties. Les scies modernes automatiques permettent plusieurs options dont les plus courantes sont le réglage de la vitesse de la lame, la lubrification, le réglage d'un angle de coupe. En effet, la vitesse de déroulement de la lame (sur les scies à ruban) sera plus faible si vous sciez de l'acier inoxydable, ou dur, que si vous débitez un acier de construction S235. La lubrification est fortement conseillée pour éviter l'échauffement et l'usure prématurée des dents. Certaines scies possèdent une descente automatique dont la vitesse peut être réglée.

6.1 Différents outils pour sciage

- **Scie à main**

C'est un outil qui permet de scier manuellement les pièces. Une monture composée d'un manche et d'une lame et d'un système qui permet la tension de la lame.

- **Scie à ruban**

C'est une machine automatique ou semi-automatique. L'opérateur descend la lame manuellement dans le cas d'une scie semi-automatique.

- **Scie alternatives**

C'est aussi une scie automatique ou semi-automatique, dont la lame exercera un mouvement alternatif, par opposition aux scies à rubans qui fournissent un déroulement continu.

7. Le limage:

Le limage a pour objectif d'assurer la finition d'une pièce. C'est un usinage réalisé manuellement avec un outil à tranchants multiples qu'on appelle la lime.

7.1 Différents outils pour limage :

Une lime se caractérise par sa forme, sa taille et son angle de taille. On peut distinguer les limes suivants :

- lime plate douce double.
- lime plate $\frac{1}{2}$ douce double.
- lime plate bâtarde double.
- lime carrée $\frac{1}{2}$ douce double.
- lime triangulaire $\frac{1}{2}$ douce double.