



Techniques de fabrication



conventionnelles et avancées

Master 1 : Construction Mécanique

Par Dr. Slamani Mohamed

INTRODUCTION ET APERÇU DE LA FABRICATION

QU'EST-CE QUE LA FABRICATION ?

Le mot « fabrication » est dérivé de deux mots latins, « manus » (main) et « factus » (faire) ; leur combinaison signifie fait à la main. Le mot anglais « manufacture » existe depuis plusieurs siècles et, à l'origine, il décrivait précisément les méthodes manuelles utilisées à l'époque de sa création. De nos jours, la plupart des procédés de fabrication sont réalisés à l'aide de machines automatisées et contrôlées par ordinateur.

INTRODUCTION ET PRÉSENTATION DE LA FABRICATION

- DÉFINITION DE LA FABRICATION :

Dans le contexte moderne, la fabrication peut être définie de deux manières, l'une technologique et l'autre économique. Sur le plan technologique, la fabrication consiste à appliquer des processus physiques et chimiques pour altérer la géométrie, les propriétés et/ou l'apparence d'une matière première donnée afin de fabriquer des pièces ou des produits ; la fabrication inclut également l'assemblage de plusieurs pièces pour créer des produits. Les processus de fabrication impliquent l'utilisation d'une combinaison de machines, d'outils, de puissance et de laboratoire. La fabrication est presque toujours effectuée sous forme de séquence d'opérations. Chaque opération rapproche le matériau de l'état final souhaité.

INTRODUCTION ET PRÉSENTATION DE LA FABRICATION

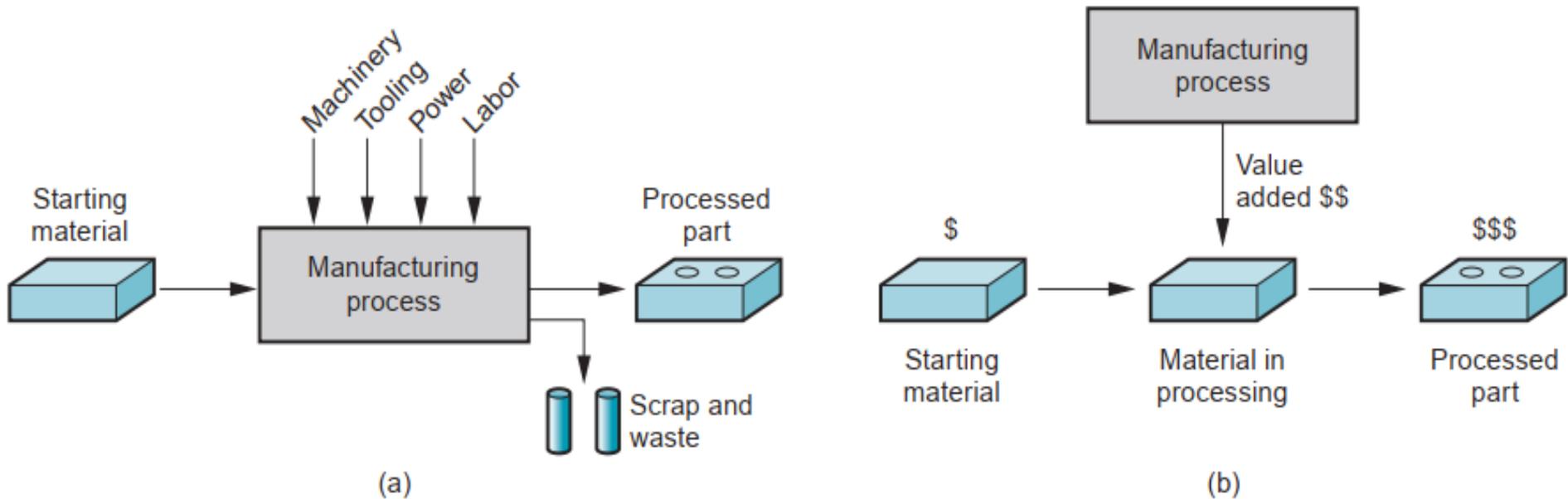


FIGURE 1, Deux façons de définir la fabrication : (a) en tant que processus technique, et (b) en tant que processus économique.

INTRODUCTION ET PRÉSENTATION DE LA FABRICATION

D'un point de vue économique, la fabrication est la transformation de matériaux en objets de valeur supérieure par le biais d'une ou plusieurs opérations de traitement et/ou d'assemblage. Le point clé est que la fabrication ajoute de la valeur au matériau en modifiant sa forme ou ses propriétés, ou en le combinant avec d'autres matériaux ayant été modifiés de manière similaire. Le matériau est rendu plus précieux grâce aux opérations de fabrication effectuées sur lui. Lorsque le minerai de fer est transformé en acier, de la valeur est ajoutée. Lorsque le sable est transformé en verre, de la valeur est ajoutée. Lorsque le pétrole est raffiné en plastique, de la valeur est ajoutée. Et lorsque le plastique est moulé dans la géométrie complexe d'une chaise de patio, il devient encore plus précieux.

INDUSTRIES DE LA FABRICATION ET PRODUITS

La fabrication est une activité commerciale cruciale effectuée par des entreprises qui vendent des produits à leurs clients. Le type de fabrication réalisé par une entreprise dépend du genre de produit qu'elle fabrique. Explorons cette relation en examinant les types d'industries manufacturières et en identifiant les produits qu'elles fabriquent.

INDUSTRIES DE LA FABRICATION ET PRODUITS

Industries manufacturières:

L'industrie se compose d'entreprises et d'organisations qui produisent ou fournissent des biens et des services. Les industries peuvent être classées en industries primaires, secondaires ou tertiaires. Les industries primaires exploitent et exploitent les ressources naturelles, telles que l'agriculture et l'exploitation minière. Les industries secondaires prennent les produits des industries primaires et les transforment en biens de consommation et biens d'équipement. La fabrication est l'activité principale de cette catégorie, mais la construction et les services publics sont également inclus. Les industries tertiaires constituent le secteur des services de l'économie.

INDUSTRIES DE LA FABRICATION ET PRODUITS

Une liste d'industries spécifiques dans ces catégories est présentée dans le Tableau 1.

Primary	Secondary		Tertiary (Service)	
Agriculture	Aerospace	Food processing	Banking	Insurance
Forestry	Apparel	Glass, ceramics	Communications	Legal
Fishing	Automotive	Heavy machinery	Education	Real estate
Livestock	Basic metals	Paper	Entertainment	Repair and maintenance
Quarries	Beverages	Petroleum refining	Financial services	Restaurant
Mining	Building materials	Pharmaceuticals	Government	Retail trade
Petroleum	Chemicals	Plastics (shaping)	Health and medical	Tourism
	Computers	Power utilities	Hotel	Transportation
	Construction	Publishing	Information	Wholesale trade
	Consumer appliances	Textiles		
	Electronics	Tire and rubber		
	Equipment	Wood and furniture		
	Fabricated metals			

INDUSTRIES DE LA FABRICATION ET PRODUITS

Produits manufacturés

Les produits finaux fabriqués par les industries manufacturières peuvent être divisés en deux grandes catégories : les biens de consommation et les biens d'équipement. Les biens de consommation sont des produits achetés directement par les consommateurs, tels que les voitures, les ordinateurs personnels, les téléviseurs, les pneus et les raquettes de tennis. Les biens d'équipement sont achetés par les entreprises pour produire des biens et/ou fournir des services. Parmi les exemples de biens d'équipement, on trouve les avions, les ordinateurs, les équipements de communication, les appareils médicaux, les camions et autobus, les locomotives, les machines-outils et les équipements de construction. La plupart de ces biens d'équipement sont achetés par les industries de services. Comme mentionné dans l'introduction, la fabrication représente environ 15 % du PIB et les services environ 75 % du PIB aux États-Unis. Cependant, les biens d'équipement manufacturés achetés par le secteur des services sont les moteurs de ce secteur. Sans ces biens d'équipement, les industries de services ne pourraient pas fonctionner.

MATÉRIAUX EN FABRICATION

La plupart des matériaux d'ingénierie peuvent être classés dans l'une des trois catégories de base : (1) les métaux, (2) les céramiques et (3) les polymères. Leurs compositions chimiques diffèrent, leurs propriétés mécaniques et physiques sont différentes, et ces différences affectent les procédés de fabrication pouvant être utilisés pour produire des produits à partir d'eux. En plus des trois catégories de base, il existe (4) les composites, des mélanges non homogènes des trois types de base plutôt qu'une catégorie unique.

La classification des quatre groupes est illustrée dans la Figure 2.

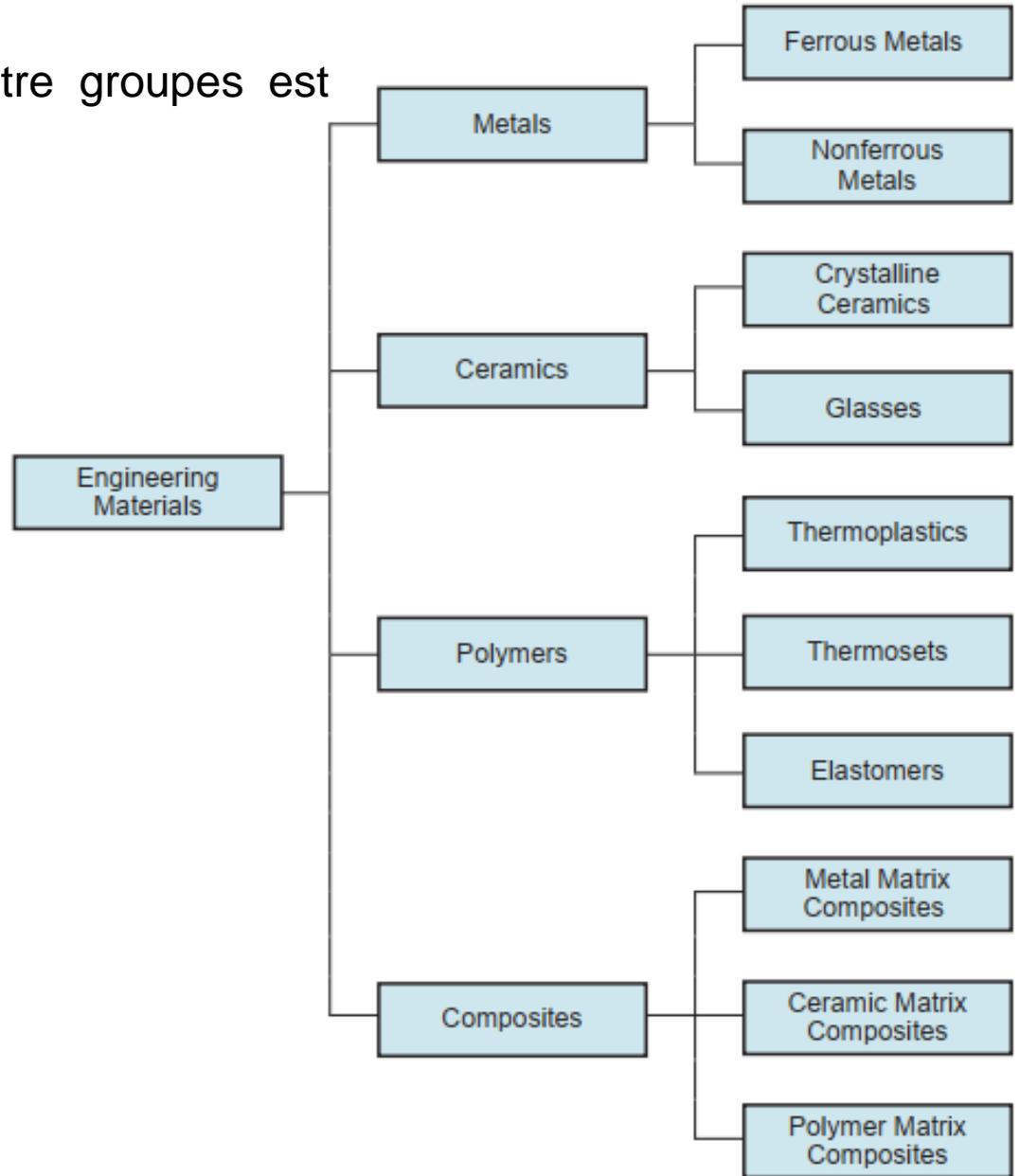


FIGURE 2. Classification des quatre matériaux d'ingénierie.

PROCESSUS DE FABRICATION

Un processus de fabrication est une procédure conçue qui entraîne des changements physiques et/ou chimiques à un matériau de travail de départ dans le but d'augmenter la valeur de ce matériau. Un processus de fabrication est généralement effectué en tant qu'opération unitaire, ce qui signifie qu'il s'agit d'une seule étape dans la séquence d'étapes nécessaires pour transformer le matériau de départ en un produit final. Les opérations de fabrication peuvent être divisées en deux types de base : (1) les opérations de traitement et (2) les opérations d'assemblage. Une opération de traitement transforme un matériau de travail d'un état d'achèvement à un état plus avancé qui est plus proche du produit final souhaité. Elle ajoute de la valeur en modifiant la géométrie, les propriétés ou l'apparence du matériau de départ. En général, les opérations de traitement sont effectuées sur des pièces de travail discrètes, mais certaines opérations de traitement s'appliquent également à des articles assemblés (par exemple, peindre une carrosserie de voiture soudée par points). Une opération d'assemblage assemble deux ou plusieurs composants pour créer une nouvelle entité, appelée assemblage, sous-ensemble ou tout autre terme qui fait référence au processus d'assemblage (par exemple, un assemblage soudé est appelé un ensemble soudé).

PROCESSUS DE FABRICATION

Une classification des processus de fabrication est présentée dans la Figure 3.

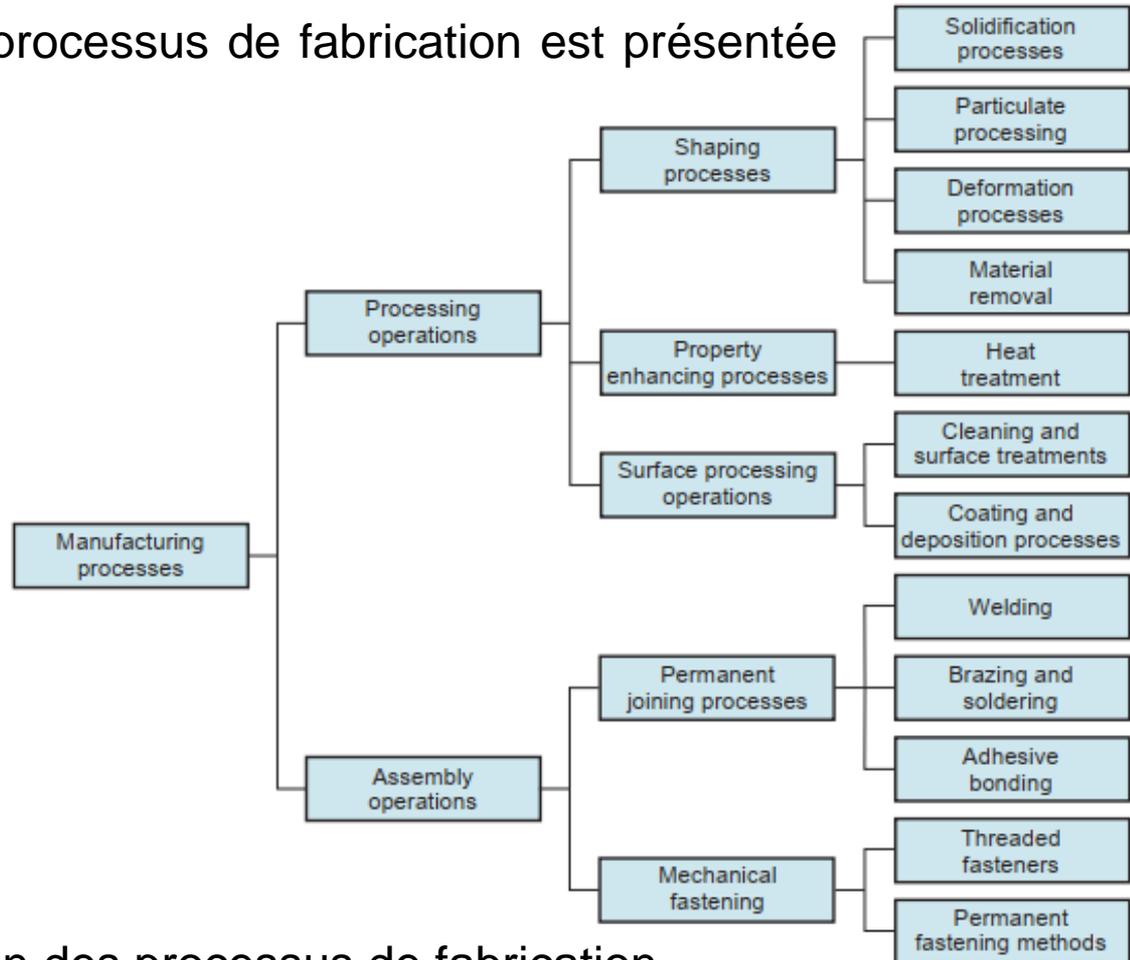


FIGURE 3. Classification des processus de fabrication.

OPÉRATIONS DE TRAITEMENT

Une opération de traitement utilise de l'énergie pour modifier la forme, les propriétés physiques ou l'apparence d'une pièce à usiner afin d'ajouter de la valeur au matériau. Les formes d'énergie utilisées comprennent le mécanique, le thermique, l'électrique et le chimique. L'énergie est appliquée de manière contrôlée à l'aide de machines et d'outils. L'énergie humaine peut également être requise, mais les travailleurs interviennent généralement pour superviser les machines, contrôler les opérations, et charger et décharger les pièces avant et après chaque cycle d'opération. Un modèle général d'une opération de traitement est illustré dans la Figure 1.1(a). Le matériau est introduit dans le processus, l'énergie est appliquée par les machines et les outils pour transformer le matériau, et la pièce usinée terminée sort du processus. La plupart des opérations de production génèrent des déchets ou des rebuts, soit en tant qu'aspect naturel du processus (par exemple, l'enlèvement de matériau, comme dans l'usinage) soit sous forme de pièces défectueuses occasionnelles. Il est important dans le domaine de la fabrication de réduire les déchets sous l'une ou l'autre de ces formes.

OPÉRATIONS DE TRAITEMENT

PROCESSUS DE FORMAGE

La plupart des opérations de formage appliquent la chaleur, la force mécanique ou une combinaison de ces éléments pour provoquer un changement dans la géométrie du matériau à usiner. Il existe différentes façons de classer les processus de formage. La classification utilisée dans cette étude se base sur l'état du matériau de départ, ce qui nous donne quatre catégories : (1) les processus de solidification, dans lesquels le matériau de départ est un liquide ou un semi-liquide chauffé qui refroidit et se solidifie pour former la géométrie de la pièce ; (2) les procédés de traitement des particules, dans lesquels le matériau de départ est une poudre et les poudres sont formées et chauffées pour obtenir la géométrie souhaitée ; (3) les processus de déformation, dans lesquels le matériau de départ est un solide ductile (généralement du métal) qui est déformé pour façonner la pièce ; et (4) les processus d'enlèvement de matière, dans lesquels le matériau de départ est un solide (ductile ou cassant), à partir duquel la matière est enlevée afin que la pièce résultante ait la géométrie désirée.

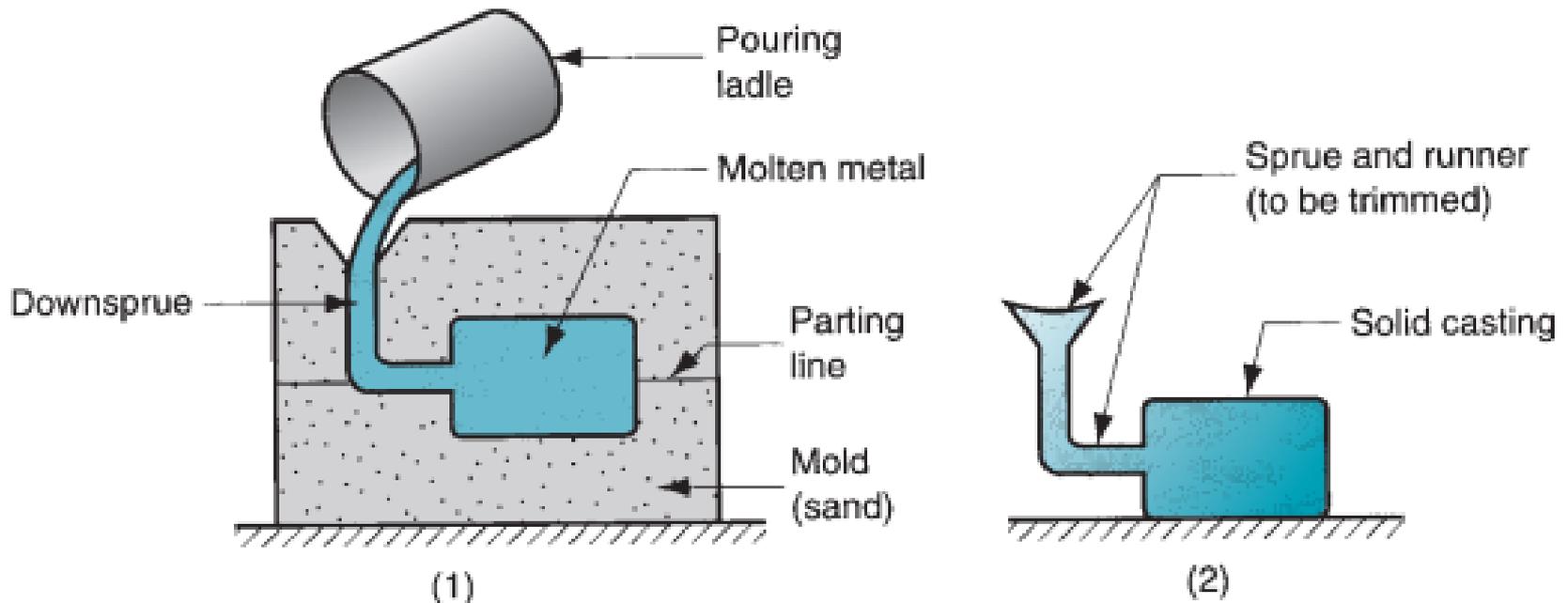


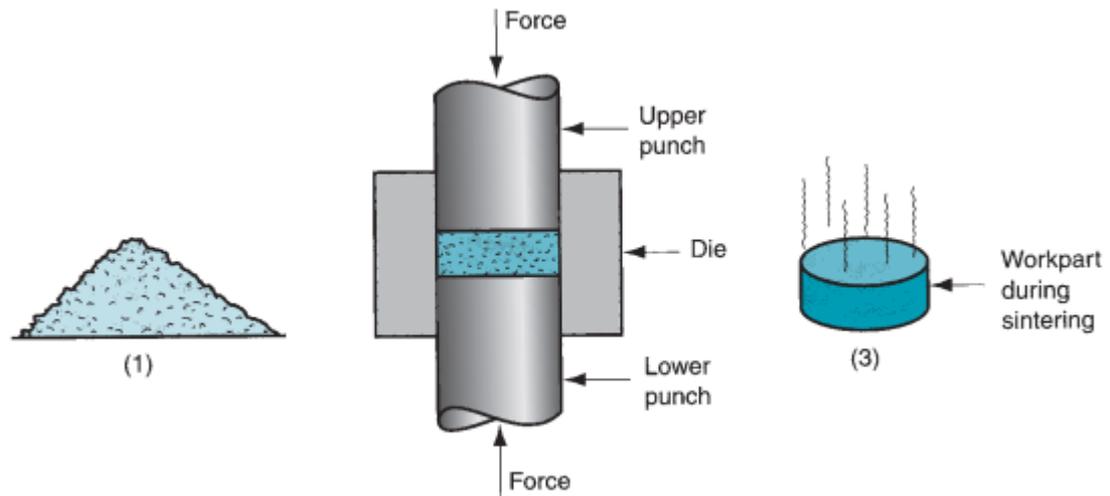
FIGURE 4 Les processus de coulée et de moulage commencent par un matériau de travail chauffé à l'état fluide ou semi-fluide. Le processus se compose de : (1) verser le fluide dans une cavité de moule et (2) permettre au fluide de se solidifier, après quoi la pièce solide est retirée du moule.

Coulée : Le terme "coulée" est utilisé pour les métaux, et le terme courant pour les plastiques est "moulage". Cette catégorie de processus de mise en forme est illustrée dans la Figure 4.

Traitement des Particules

Dans le traitement des particules, les matériaux de départ sont des poudres de métaux ou de céramiques. Bien que ces deux matériaux soient assez différents, les procédés pour les façonner dans le traitement des particules sont assez similaires. La technique courante implique le pressage et le frittage, illustrés dans la Figure 5, où les poudres sont d'abord comprimées dans une cavité de matrice sous haute pression, puis chauffées pour lier les particules individuelles ensemble.

FIGURE 5, Traitement des Particules : (1) Le matériau de départ est une poudre ; le processus habituel consiste en (2) le pressage et (3) le frittage.



Le traitement des particules consiste à prendre un matériau sous forme de poudre et à le façonner et le chauffer pour lui donner la géométrie souhaitée.

Processus de Déformation

Dans les processus de déformation, la pièce à travailler est façonnée par l'application de forces qui dépassent la limite élastique du matériau. Pour que le matériau puisse être formé de cette manière, il doit être suffisamment ductile pour éviter la rupture pendant la déformation. Pour augmenter la ductilité (et pour d'autres raisons), le matériau est souvent chauffé avant la mise en forme à une température en dessous du point de fusion. Les processus de déformation sont le plus étroitement associés à la métallurgie et comprennent des opérations telles que le forgeage et l'extrusion, illustrées à la Figure 6.

Processus de Déformation

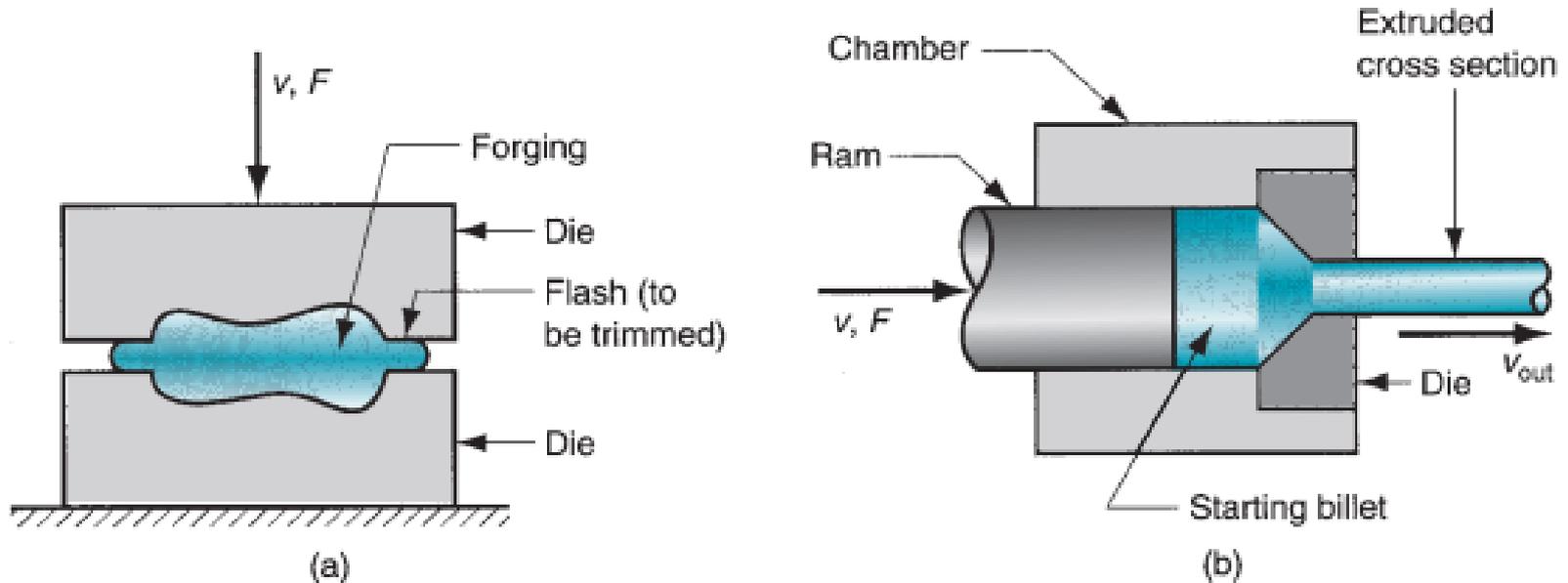


FIGURE 6. Quelques processus de déformation courants : (a) Forgeage : deux moitiés d'une matrice serrent la pièce à travailler, l'obligeant à adopter la forme de la cavité de la matrice. (b) Extrusion : un lingot est contraint de passer à travers un orifice de matrice, prenant ainsi la forme de section transversale de l'orifice.

Processus d'enlèvement de matière

Les processus d'enlèvement de matière sont des opérations qui éliminent l'excès de matière de la pièce de départ afin que la forme résultante corresponde à la géométrie souhaitée. Les processus les plus importants de cette catégorie sont les opérations d'usinage telles que le tournage, le perçage et le fraisage, illustrées à la figure 7. Ces opérations de coupe sont le plus souvent appliquées aux métaux solides, effectuées à l'aide d'outils de coupe plus durs et plus résistants que le métal à travailler. La rectification est un autre processus courant dans cette catégorie. D'autres procédés d'enlèvement de matière sont appelés procédés non traditionnels car ils utilisent des lasers, des faisceaux d'électrons, une érosion chimique, des décharges électriques et de l'énergie électrochimique pour enlever de la matière plutôt que des outils de coupe ou de meulage.

Processus d'enlèvement de matière

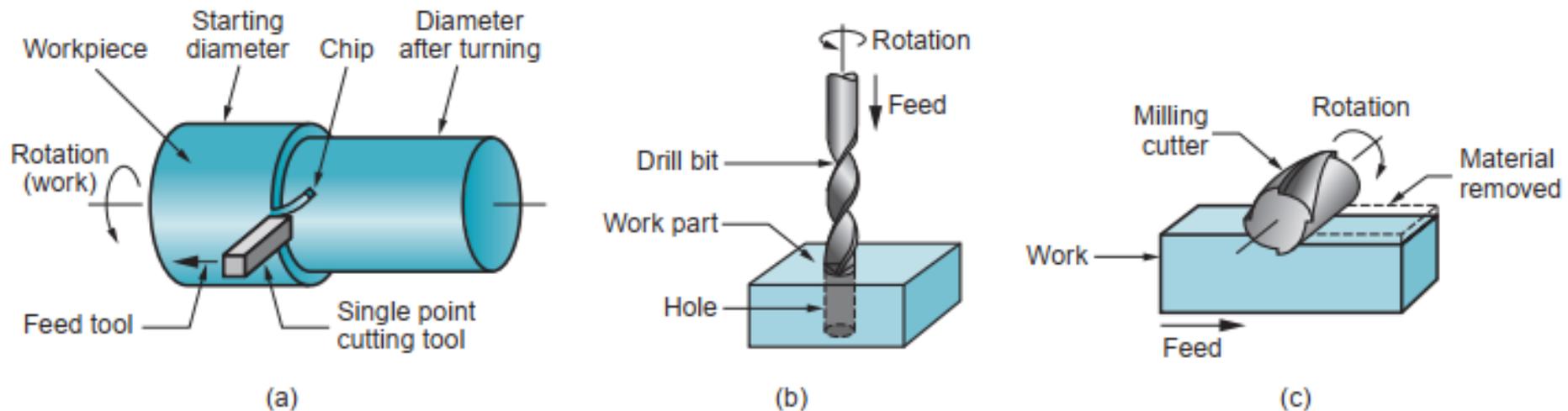


FIGURE 7. Opérations d'usinage courantes : (a) tournage, dans lequel un outil de coupe à un seul point enlève le métal d'une pièce en rotation pour réduire son diamètre ; (b) le perçage, dans lequel un foret rotatif est introduit dans l'ouvrage pour créer un trou rond ; et (c) le fraisage, dans lequel une pièce à travailler passe devant une fraise rotative à bords multiples.

Processus d'enlèvement de matière

Il est souhaitable de minimiser les déchets et les rebuts lors de la conversion d'une pièce de départ en sa géométrie ultérieure. Certains procédés de mise en forme sont plus efficaces que d'autres en termes de conservation de la matière. Les processus d'enlèvement de matière (par exemple, l'usinage) ont tendance à gaspiller de la matière, simplement en raison de leur fonctionnement. La matière retirée de la forme de départ est un déchet, au moins en termes de fonctionnement unitaire. D'autres procédés, tels que certaines opérations de coulée et de moulage, convertissent souvent près de 100 % de la matière première en produit final. Les processus de fabrication qui transforment la quasi-totalité du matériau de départ en produit et ne nécessitent aucun usinage ultérieur pour obtenir la géométrie finale de la pièce sont appelés processus de forme nette. D'autres processus nécessitent un usinage minimal pour produire la forme finale et sont appelés processus de forme quasi nette.

Processus d'amélioration de la propriété

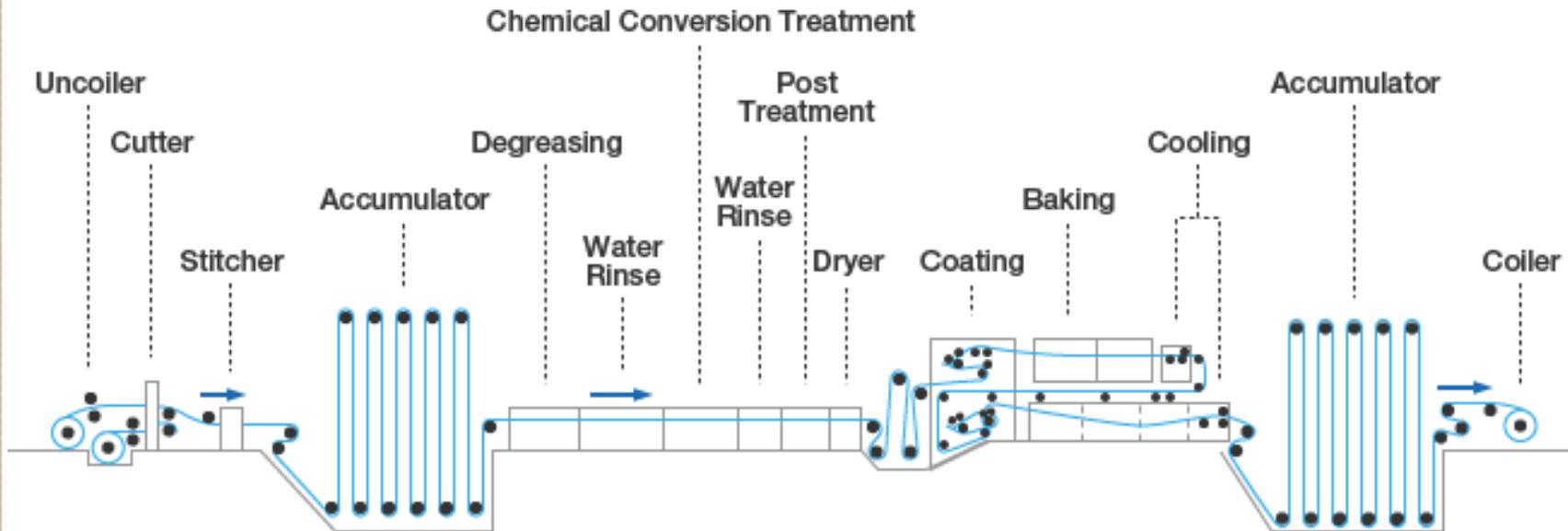
Le deuxième grand type de traitement des pièces est effectué pour améliorer les propriétés mécaniques ou physiques du matériau de travail. Ces procédés n'altèrent pas la forme de la pièce, sauf involontairement dans certains cas. Les processus d'amélioration des propriétés les plus importants impliquent des traitements thermiques, qui comprennent divers processus de recuit et de renforcement des métaux et du verre. Le frittage de poudres métalliques et de céramiques est également un traitement thermique qui renforce une pièce en poudre métallique pressée.

Traitement des surfaces

Les opérations de traitement de surface comprennent :

1. nettoyage,
2. les traitements de surface,
3. les procédés de revêtement et de dépôt de couches minces.

Le nettoyage comprend des processus chimiques et mécaniques pour éliminer la saleté, l'huile et autres contaminants de la surface.



Traitement des surfaces

Les traitements de surface comprennent des travaux mécaniques tels que le grenailage et le sablage, ainsi que des processus physiques tels que la diffusion et l'implantation ionique. Les processus de revêtement et de dépôt de couches minces appliquent une couche de matériau sur la surface extérieure de la pièce. Les procédés de revêtement courants comprennent la galvanoplastie, l'anodisation de l'aluminium, le revêtement organique (appelé peinture) et l'émaillage de la porcelaine. Les processus de dépôt de couches minces comprennent le dépôt physique en phase vapeur et le dépôt chimique en phase vapeur pour former des revêtements extrêmement minces de diverses substances.

OPÉRATIONS DE MONTAGE (Assemblage)

Le deuxième type d'opération de fabrication de base est l'assemblage, dans lequel deux ou plusieurs pièces distinctes sont assemblées pour former une nouvelle entité. Les composants de la nouvelle entité sont connectés de manière permanente ou semi-permanente. Les processus d'assemblage permanents comprennent le soudage, le brasage, le brasage et le collage. Ils forment un joint entre les composants qui ne peut pas être facilement déconnecté. Certaines méthodes d'assemblage mécanique sont disponibles pour fixer deux (ou plusieurs) pièces ensemble dans un joint qui peut être facilement démonté. L'utilisation de vis, boulons et autres fixations filetées sont des méthodes traditionnelles importantes dans cette catégorie. D'autres techniques d'assemblage mécanique forment une connexion plus permanente ; ceux-ci incluent les rivets, les ajustements à pression et les ajustements à expansion.

OPÉRATIONS DE MONTAGE (Assemblage)

Des méthodes spéciales d'assemblage et de fixation sont utilisées dans l'assemblage de produits électroniques. Certaines des méthodes sont identiques ou sont des adaptations des procédés précédents, par exemple le brasage. L'assemblage électronique concerne principalement l'assemblage de composants tels que des boîtiers de circuits intégrés sur des cartes de circuits imprimés pour produire les circuits complexes utilisés dans de nombreux produits d'aujourd'hui.