

Chapitre IV

Procédés et Techniques d'Assemblage

Sommaire

Introduction

1. Différents types d'assemblage

1.1 Assemblage permanent

1.2 Assemblage non permanent

1.3 Assemblage direct

1.4 Assemblage indirect

2 Procédés de Soudage

2.1 Soudage au gaz ou au chalumeau

2.1.1 Soudage oxyacétylénique

2.1.2 Brasage

2.1.3 Soudobarsage

2.2 Soudage à l'arc électrique

2.2.1 Soudage à l'arc électrique avec électrode enrobée

2.2.2 Soudage à l'arc électrique avec électrode réfractaire- TIG

3 Rivetage

4 Boulonnage

4.1 Clavetage

4.2 Frettage

Introduction

Pour réaliser ou fabriquer un produit, il faut assembler tous les éléments qui le composent. Ces éléments peuvent être de matériaux et de formes différentes nécessitant parfois des procédés d'assemblage différents. Dans le domaine industriel, il existe plusieurs techniques d'assemblage qui permettent de fixer les éléments d'un produit les uns aux autres. Un assemblage mécanique est la liaison de différentes pièces d'un ensemble ou produit. C'est également un ensemble de procédés et solutions techniques permettant d'obtenir ces liaisons. On distingue avant tout un assemblage par ses degrés de liaison, c'est-à-dire les mouvements relatifs indépendants interdits ou autorisés entre les pièces assemblées.

1. Différents types d'assemblages

Dans le domaine industriel, il existe plusieurs techniques, un assemblage peut être permanent ou démontable, direct ou indirect.

1.1 Assemblage non démontable (permanent)

Assemblage permanent, à titre d'exemple : les soudures, emmanchements forcés, certaines colles et adhésifs, sertissage, etc. Dans ce type d'assemblage, pour supprimer la liaison entre les différents éléments d'assemblage, il est nécessaire de déformer ou de détruire au moins une des pièces formant l'assemblage.

1.2 Assemblage démontable (non permanent)

La liaison assurant ce type d'assemblage est réalisée de manière à être démontée sans détérioration importante des pièces qui peuvent être généralement réutilisées pour recréer un assemblage. L'élément assurant la liaison peut ne pas être réutilisable.

Citant à titre d'exemple : Vissage (vis-écrou) ; Boulonnage ; Goujons ; Clavette ; Arc-boutement, Serre-joints ; Goupille ; Coincement de formes coniques ; Certains frettages, etc.

1.3 Assemblage direct

L'assemblage ne nécessite aucune pièce intermédiaire, la forme des pièces en contact suffit pour la réalisation de celui-ci, parmi ces techniques on trouve : le soudage, le frettage, le clinchage, le sertissage, l'emboîtement élastique, etc.

1.4 Assemblage indirect

Une ou plusieurs pièces intermédiaires sont utilisées, à titre d'exemple : Visserie : vis, écrou, boulon, goujon, filetage, taraudage ; Rivet, clavette ; Collage ; Embrèvement (avec tenon, mortaise et cheville) ; Bague de tolérance ; Anneau élastique ; Clou ; Agrafe, etc.

2. Procédés de soudage

Le soudage constitue un moyen d'assemblage privilégié pour toute construction faisant intervenir des matériaux métalliques. C'est un procédé qui relève principalement de la métallurgie. Le soudage assure une continuité métallique de la pièce lui conférant ainsi des caractéristiques au niveau de l'assemblage équivalentes à celles du métal assemblé (caractéristiques mécaniques, thermiques, chimiques, électriques, d'étanchéité, de durabilité). Il répond à des sollicitations élevées. Il est durable car insensible aux variations de température, aux conditions climatiques...pour finir il garantit l'étanchéité de la pièce à souder.

Le soudage trouve des applications dans des secteurs d'activité très diversifiés comme la production, la construction, la réparation et la maintenance.

Ses principaux domaines d'application dans le domaine de l'acier sont la mécanique au sens large et la construction, pour lesquels il constitue de loin le moyen d'assemblage prioritaire.

En construction métallique, lors de la préfabrication des éléments en atelier, on assemble systématiquement par soudage. Sur les chantiers on aura plutôt recours au boulonnage des éléments préfabriqués.

Parmi les différents procédés de soudage on peut encore différencier, selon le métal d'apport qui permet l'assemblage des deux pièces métalliques :

- Soudage hétérogène : métal différent avec point de fusion plus bas,
- Soudage autogène: pas d'apport de métal ou apport d'un métal identique,

Les différents procédés de soudage manuel se divisent en deux familles :

- **Le soudage au gaz ou au chalumeau**, qui comprend le soudage oxyacétylénique, le brasage et le soudo brasage
- **Le soudage à l'arc électrique**, qui également comprend :
 - Le soudage à l'arc électrique avec électrode enrobée fusible
 - Le soudage à l'arc électrique type TIG, Tungsten Inert Gas, avec électrode tungstène réfractaire sous protection gazeuse

- Le soudage semi automatique, avec fil électrode fusible : Dont nous citons deux procédés, avec fil électrode plein, sous protection gazeuse : MIG : Metal Inert Gas, assemblage de pièce de métal autogène -MAG: Metal Activ Gas, assemblage de métaux alliés (chrome, manganèse, soufre, nickel, bérylium, aluminium)

2.1 Soudage au gaz ou au chalumeau

Le soudage au gaz ou à la flamme, consiste à assembler des pièces de métal à l'aide d'un métal d'apport amené à fusion par la chaleur de la flamme d'un chalumeau.

2.1.1 Soudage oxyacétylénique

Les deux pièces de métal sont chauffées jusqu'à fusion par une flamme obtenue par un mélange de deux gaz, Oxygène et Acétylène. Le mélange gazeux est à l'origine de la flamme la plus chaude, 3 200 °C à la pointe du dard. A cette température tous les métaux sont en fusion. Les deux gaz sont utilisés en basse pression, un détendeur permet l'apport au poste du mélange gazeux à bonne pression. Le métal d'apport qui constituera la soudure est identique au métal de base, la soudure est dite autogène. La température de chauffe se situe entre 2 850°C et 3 200°C. Le métal d'apport viendra combler l'espace entre les deux pièces à souder. Des points de soudure (c'est le pointage) permettront de stabiliser les deux pièces, puis l'espace sera comblé au fur et à mesure par le dépôt du métal d'apport en fusion.

Celui-ci se dépose sous forme d'une goutte. Puis le soudeur imprime un mouvement de rotation avec la flamme du chalumeau. Ce qui donnera cet aspect caractéristique, avec effet de vague, du cordon de soudure au chalumeau.

2.1.2 Brasage

Dans le soudage dit au chalumeau deux techniques doivent être décrites. Elles ne sont pas à proprement parler des techniques de soudage, mais elles sont fréquemment utilisées par les soudeurs : le brasage et le soudobrasage

Le brasage permet l'assemblage de deux pièces métalliques à l'aide d'un métal de nature différente. Ce métal a une température inférieure à celle des pièces à assembler et lui seul participe à la constitution du joint d'assemblage, en se fusionnant au contact du métal de base plus chaud.

L'assemblage des pièces se fait par recouvrement, comme pour un collage. Ce procédé permet de créer un joint d'étanchéité par pénétration du métal d'apport par capillarité entre les deux tuyaux de métal.

2.1.3 Soudobrasage (Brassage fort)

Il s'agit d'un assemblage ayant une haute résistance mécanique. La température de chauffe est supérieure à 950°C. Il est surtout utilisé pour les métaux ferreux, mais aussi le cuivre, nickel, chrome... On utilise un chalumeau butane propane ou un chalumeau oxygaz.

Ce procédé permet de déposer le métal d'apport à l'angle formé par deux pièces disposées à la perpendiculaire l'une de l'autre. Et de les solidariser. Les métaux des pièces soudées peuvent être de nature différente (par exemple acier et cuivre) Ceci permet donc une utilisation dans les rénovations, la modification de l'existant étant possible sans utiliser le même type de métal que l'existant. Le cordon de soudure sera constitué du métal d'apport, enrobé, qui sera un alliage (cuivre, acier, nickel, soufre, plomb, étain, cadmium...)

Il existe de nombreux alliages, le choix se fera en fonction des propriétés de chacun (l'argent et le phosphore augmentent la résistance mécanique)

2.2 Le soudage à l'arc électrique

On peut distinguer deux types de soudage : soudage avec électrodes fusibles (soudage avec électrodes enrobées, MIG et MAG) et soudage avec électrode réfractaires (soudage TIG)

2.2.1 Soudage manuel à l'arc électrique avec électrode enrobée

Le soudage manuel à l'arc avec électrodes enrobées constitue le type de soudage le plus répandu. La soudure à l'arc électrique est une soudure de type autogène, pour l'assemblage de pièces en acier. Les assemblages ainsi obtenus sont très résistants puisque l'acier est mis en fusion qui est fournie par un arc électrique jaillissant entre les pièces à souder et une électrode fusible fournissant le métal d'apport. Il y a mise en fusion des pièces à souder et du métal d'apport.

Pour obtenir cette fusion il faut une température très élevée supérieure à 3000°C. Celle-ci est obtenue par court-circuit entre deux électrodes (la pièce à souder et l'électrode constituée de métal d'apport) en créant un «arc électrique» qui est une sorte d'étincelle continue de très forte puissance qui dégage à la fois de la lumière et une chaleur intenses.

Les applications de ce procédé sont particulièrement nombreuses. La mobilité des appareils et la grande diversité des types d'électrodes permettent d'effectuer des travaux sur un certain nombre de métaux et de leurs alliages comme les aciers non alliés ou faiblement alliés, les aciers inoxydables, les fontes et dans certaines conditions, l'aluminium, le cuivre et le nickel. Tous les types d'assemblage (bord à bord, d'angle...) et toutes les positions de soudage (à plat, en corniche...) sont possibles.

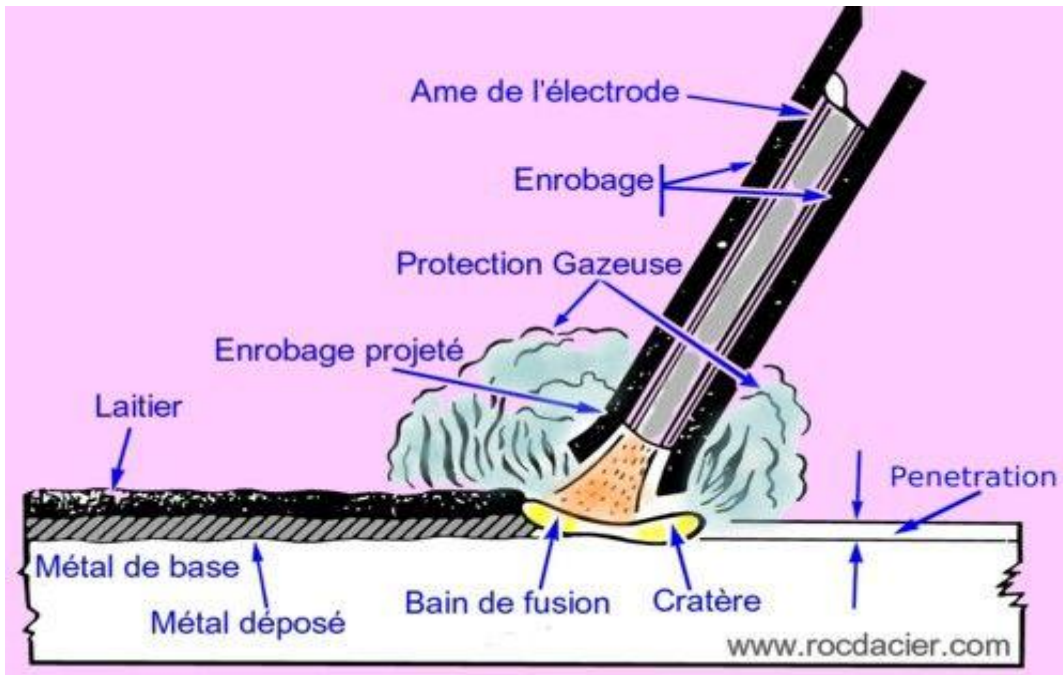


Figure 2.1. Soudage à l'arc électrique avec électrode enrobée

2.2.2 Soudage avec électrode réfractaire type TIG (Tungsten Inert Gas)

C'est un procédé qui s'apparente au soudage à l'arc, mais en lui apportant des améliorations conséquentes en matière de facilité de mise en œuvre et de qualité de soudure.

Dans cette technique l'arc électrique et la soudure sont protégés par le gaz. Ce qui permet de se passer de l'enrobage de la baguette. Ceci amène une diminution substantielle des émissions de fumées.

Une électrode en tungstène réfractaire, non fusible (c'est à dire qui ne fond pas) permet le passage de l'arc électrique (le tungstène est très bon conducteur) .La chaleur nécessaire à créer la soudure est apportée par un arc électrique. Cet arc électrique est transmis au métal de base par une électrode en tungstène et le bain de soudure est protégé par un flux de gaz inerte. L'arc électrique généré est stable, précis, capable de souder des métaux très réactifs comme l'Aluminium ou le Titane.

Par exemple le soudage de l'inox, avec le procédé TIG, permet d'éviter la formation d'oxydes de chrome. Formation qui entraînerait localement une baisse de la concentration en chrome et diminuerait sa résistance à la corrosion.

La soudure se fait sous protection de gaz inerte (ne présentant pas de danger, pas de risque explosif) Différents types de gaz sont utilisés:

Argon pour l'acier

Argon- Hélium (mélange binaire) pour l'aluminium

Argon- Hélium- Oxygène

Pour le soudage sur métaux non alliés, comme l'aluminium, l'électrode est en tungstène pur.

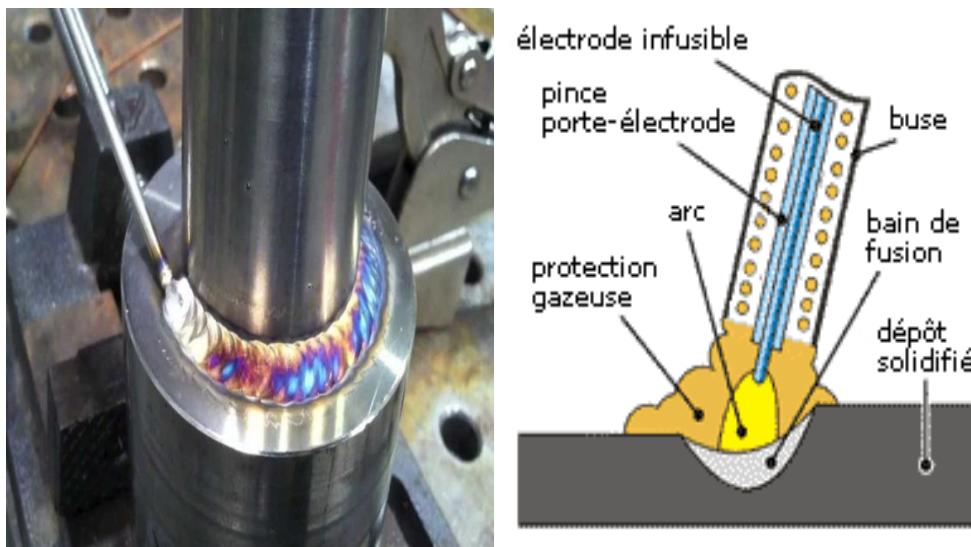


Figure 2.2. Soudage à l'arc électrique avec électrode réfractaire - TIG

3. Rivetage

C'est un procédé d'assemblage non démontable, permettant d'assembler des pièces métalliques d'épaisseurs relativement faibles. Le rivet, placé à chaud, se contracte pendant le refroidissement, et presse ainsi les deux pièces l'une contre l'autre. Le corps du rivet est donc

soumis à une tension de pose, comme un boulon. Certains rivets sont placés à froid avec un équipement spécial. Le procédé s'emploie encore, par exemple :

- pour assembler des matériaux difficilement soudables,
- pour assembler des tôles fines ou des poutrelles, que la soudure risquerait de déformer. On peut utiliser des rivures à simple ou double recouvrement

Les rivets sont des organes d'assemblage, utilisés pour lier plusieurs pièces. Ce sont des tiges d'acier, d'aluminium, de laiton, de cuivre, etc., dont l'une des extrémités a été préparée en forme de tête (tête normalisée), la seconde tête, dite rivure, étant forgée après pose.

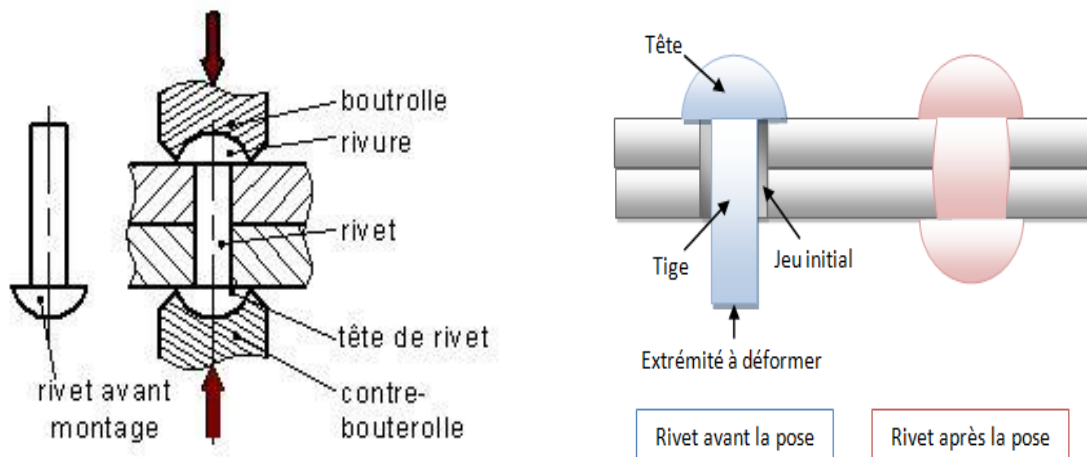


Figure.3. Le Rivetage

4. Boulonnage

Le boulonnage est une méthode d'assemblage mécanique démontable. Les boulons servent à créer une liaison de continuité entre éléments ou à assurer la transmission intégrale des efforts d'une partie à l'autre d'une construction.

En boulonnerie le terme vis correspond à un filetage complet alors que le terme correct est corps de boulon lorsque la partie filetée est partielle.

Une vis de fixation, appelée communément vis, est un organe mécanique, comportant une tige filetée et une tête; il est destiné à réaliser la fixation d'une ou de plusieurs pièces par pression. La fixation par vis crée une liaison plane sur plan démontable, par placage précontraint des deux pièces à assembler. Tant que les efforts de traction appliqués sur la liaison n'excèdent pas l'effort exercé au repos par les vis, l'assemblage bénéficie de la raideur des pièces assemblées.

▪ Vis-écrou

Le système vis-écrou, est un mécanisme d'entraînement en translation. Il se compose d'une tige filetée entraînée en rotation autour d'un axe fixe par rapport à la pièce (la vis), d'une pièce comportant un filetage intérieur, la noix (ou écrou), guidée en translation par rapport au bâti. Lorsque la vis tourne, la noix est entraînée en translation. C'est donc un mécanisme de transformation de mouvement utilisant le principe de la vis et de l'écrou, c'est-à-dire la liaison hélicoïdale. En général il permet la transformation d'un mouvement de rotation en un mouvement de translation.

▪ Goujons

Dans certains cas, il est difficile d'employer un boulon à cause de la longueur qu'on serait obligé de donner à sa tige et du logement qu'il faudrait prévoir pour sa tête. La difficulté est résolue en faisant jouer à l'une des deux pièces le rôle d'une tête, c'est-à-dire en rapportant sur cette pièce la tige du boulon « goujon ». Un goujon est un organe mécanique en forme de tige, en partie fileté, permettant de réaliser une liaison « complète, rigide, démontable » entre une pièce équipée du goujon et une ou plusieurs autres traversées par le goujon et verrouillée par un écrou.

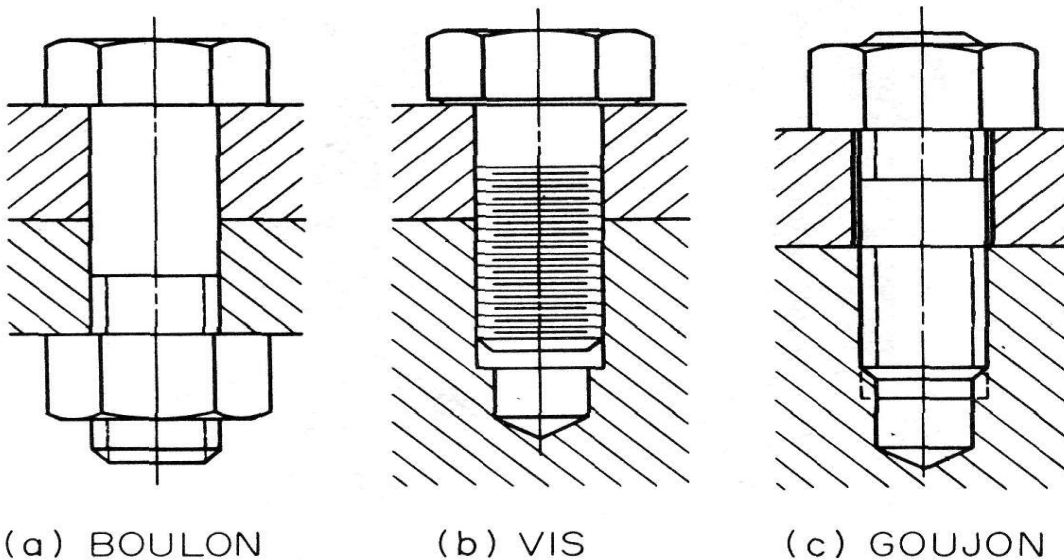


Figure 4. Principe de boulonnage

4.3 Le clavetage

Une clavette est une pièce qui a pour fonction de lier en rotation deux pièces. Les clavetages forcés peuvent être considérés comme des liaisons par obstacle. Mais la stabilité de l'organe d'assemblage formant obstacle (clavette) est obtenue par coincement, donc par adhérence. Le clavetage est dit transversal ou longitudinal, suivant la position de la clavette.

La liaison « complète » obtenue n'est pas apte à transmettre des efforts importants dans toutes les directions.

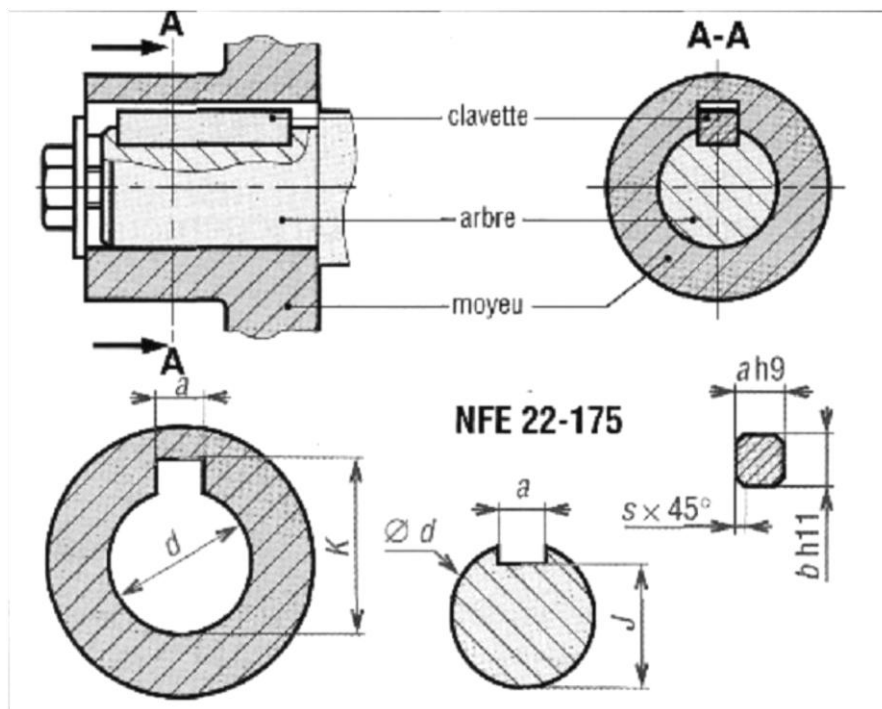


Figure 4.1. Clavetage

4.4 Le frettage

C'est l'assemblage de deux pièces grâce à un ajustement serré. La pièce extérieure est appelée « frette », la pièce intérieure est dite « frettée ». L'assemblage est réalisé avec des tolérances d'usinage qui interdisent son montage à la main ou même à la presse. La solution la plus simple, quand elle est possible sans détérioration du matériau, est de chauffer la frette pour la dilater avant de l'enfiler sur l'élément qu'il faut fretter. On peut à l'inverse refroidir l'élément intérieur à l'azote liquide ou à la glace carbonique pour le contracter et l'engager dans la frette, mais ces solutions sont plus onéreuses.

Dans certains cas, par exemple pour des outils de frittage ou de forgeage, on est obligé de pratiquer en même temps la dilatation de la frette et la contraction de l'élément fretté. Le frettage se pratique le plus souvent sur des pièces de révolution pour lesquelles il est plus facile de maîtriser les tolérances d'usinage et les contraintes engendrées dans les matériaux.

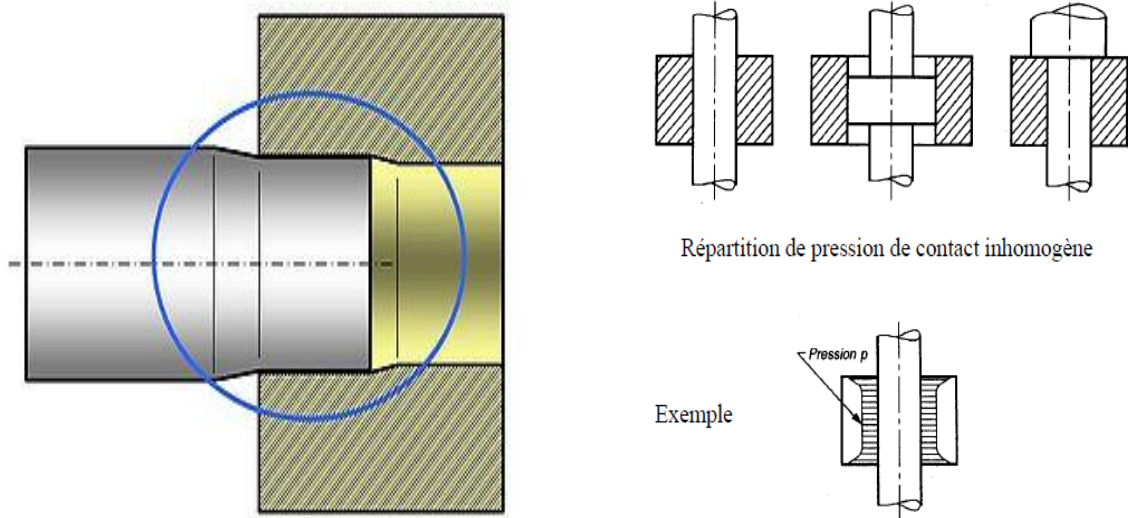


Figure 4.2. Frettage mécanique