

Chapitre 5:

Assemblages non démontables

Chapitre 5: Assemblages non démontables

Une liaison permanente (non démontable) permet d'assembler des pièces en éliminant tout problème lié à la mise en position. Associé à cet avantage, un inconvénient très important, c'est l'impossibilité de démontage. En effet, et pour la neutralisation de cette liaison, il est nécessaire de détériorer l'une des pièces assemblées ou l'élément d'assemblage. Par conséquent, l'utilisation de cette solution constructive est classée parmi les derniers choix.

1. Assemblage par frettage

Le frettage (emmanchement forcé) consiste à faire adhérer un moyeu sur un arbre par la pression provenant d'une interférence.

Le diamètre effective de l'alésage doit est inférieur à celui de l'arbre. En effet, il est réservé aux assemblages par pénétration cylindrique sans complément genre de clavette ou goupille.

1.1. Procédé de frettage

Les surfaces de liaison sont cylindres (arbre-moyeu) de même diamètre nominal. Le blocage est obtenu par le choix d'un ajustement de telle qu'il existe toujours un serrage dans l'assemblage capable de transmettre un couple. Les aciers par lesquels sont réalisés les arbres et les moyeux doivent avoir une limite élastique supérieur à 400 MPa .

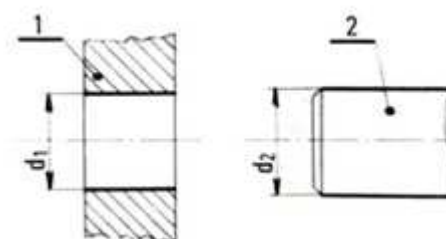
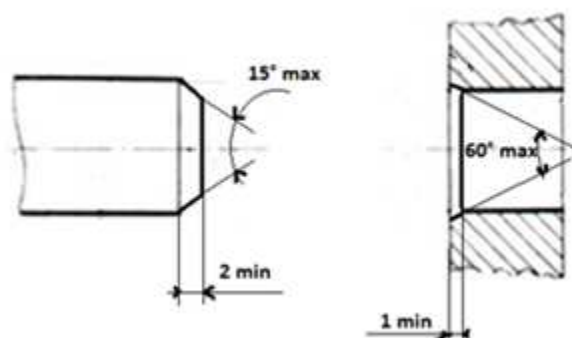


Figure 5.1: Montage par emmanchement forcé.

Le diamètre extérieur D du moyeu ne doit en aucune section être inférieur à $1,5 d$; diamètre intérieur du moyeu.

Avant montage, les surfaces de contact doivent avoir une rugosité; $0,2 < Ra < 0,8 \mu\text{m}$. Ainsi, l'arbre et moyeu doivent subir une préparation spéciale. La figure 5.2 représente les dimensions normalisées des chanfreins.

Figure 5.2: Préparation de l'arbre et du moyeu.



Selon la valeur maximale de serrage, il existe deux procédés de montage:

- 1) A la presse: la difficulté de mise en place n'impose pas que l'ménagement des extrémités de l'arbre et l'alésage (Fig 5.2) mais parfois la lubrification des pièces avant le montage. Ce procédé présente une méthodologie simple avec l'inconvénient d'un risque de grippage et une variation de serrage après montage. Par conséquent, les calculs de détermination des efforts axiaux et des couples ne s'appliquent pas pour ce cas.
- 2) Par dilatation de l'alésage ou (et) contraction de l'arbre: En chauffant le moyeu, on peut dilater son alésage. Ainsi, le refroidissement de l'arbre peut contracter son diamètre. L'un de ces opérations ou les deux associées permet de produire un jeu avant le montage, ce qui facilite l'assemblage. Le serrage apparaît lorsque l'ensemble est revenu à la même température.

1.2. Calcul des températures d'échauffement et (ou) de refroidissement

Pour obtenir, avant le montage, un jeu j (mm), il faut chauffer le moyeu à une température θ_c (°C) ou refroidir l'arbre à une température θ_r telles que:

$$\theta_c = \theta_0 + \frac{s+j}{\alpha.d} \quad \text{et} \quad \theta_r = \theta_0 - \frac{s+j}{\alpha.d} \quad (5.1)$$

Où θ_0 : température ambiante (°C), α : coefficient de dilatation linéaire (mm/mm.°C),
 s : serrage désiré (mm), d : diamètre nominale (mm).

1.3. Calcul de la pression de contact

D'après les lois fondamentales de l'RDM, la pression de contact qui s'établit entre l'arbre et le moyeu est donnée par l'expression suivante:

$$p = \frac{E.s}{2d} \quad (5.2)$$

Où E est le module d'Young (MPa).

Pour que le moyeu puisse résister, cette pression ne doit pas dépasser la pression limite de matage du matériau constituant.

1.4. Calcul du moment transmissible

Si l'assemblage s'effectue sur une portée L (longueur du moyeu en mm) et μ est le coefficient de frottement, l'assemblage peut supporter un effort axial A tel que:

$$A = \mu \cdot p \cdot S \quad (5.3)$$

Où S est la surface de contact, donnée par: $\pi \cdot d \cdot L$

Il vient donc que cet effort soit exprimé par:

$$A = \pi \cdot \mu \cdot p \cdot d \cdot L \quad (5.4)$$

Ainsi, cet assemblage peut transmettre un couple limite:

$$M = \frac{\pi}{2} \mu \cdot p \cdot d^2 \cdot L \quad (5.5)$$

Il peut également envisager la transmission simultanée de l'effort axial A et le couple M sans que la pression de contact soit modifiée.

Exemple 1:

Un arbre-moyeu de diamètre 50 mm est assemblé avec un serrage de 20 μm . Le matériau du moyeu a un coefficient de dilatation linéaire $\alpha = 10^{-5}$ mm/mm.°C et un module d'Young $E = 207$ GPa. Si on réalise l'assemblage avec un jeu de 10 μm , calculer la température d'échauffement du moyeu (température ambiante 25 °C) et la pression de contact. Sachant que la longueur du moyeu est de 35 mm, calculer le moment transmissible ($\mu = 0,15$).

On a:

$$\theta_c = \theta_0 + \frac{s+j}{\alpha \cdot d} = 25 + \frac{0,02+0,01}{10^{-5} \cdot 50} = 85 \text{ °C}$$

La pression de contact sera:

$$p = \frac{E \cdot s}{2d} = \frac{207 \times 10^3 \times 20 \times 10^{-3}}{2 \times 50} = 41,4 \text{ MPa}$$

Le moment est donné par:

$$M = \frac{\pi}{2} \mu \cdot p \cdot d^2 \cdot L = \frac{\pi}{2} \times 0,15 \times 41,4 \times 50^2 \times 35 = 853,5 \text{ Nm}$$

2. Assemblage par rivetage

Le rivet se présente avant assemblage comme une tige possédant une tête, ayant une longueur suffisante pour pouvoir former la deuxième. Pour réaliser un assemblage par rivetage, le rivet utilisé doit avoir une longueur supérieure à la somme des épaisseurs pièces assemblées. Ainsi, le diamètre du trou, réalisé sur ces pièces, est supérieur au diamètre du rivet, pour faciliter le montage.

La liaison entre deux pièces minces (toles) est réalisée par la déformation de l'extrémité du rivet en formant la deuxième tête. Cette opération, appelée « rivure », résulte un double épaulement qui fixe les pièces à assemblées l'une contre l'autre (Fig 5.3).

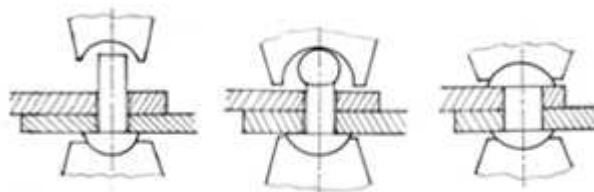


Figure 5.3: Procédé de rivetage.

Les rivets d'acier ayant un diamètre de 10mm et plus sont posés à chaud. Tandis que les rivets d'acier de diamètre inférieur à 10mm, ainsi que les rivets de métaux légers et de cuivre sont montés à froid.

2.1. Classification des rivets

Selon la forme géométrique, on trouve plusieurs types de rivet. La figure 5.4 représente les modèles les plus rencontrés en pratique.

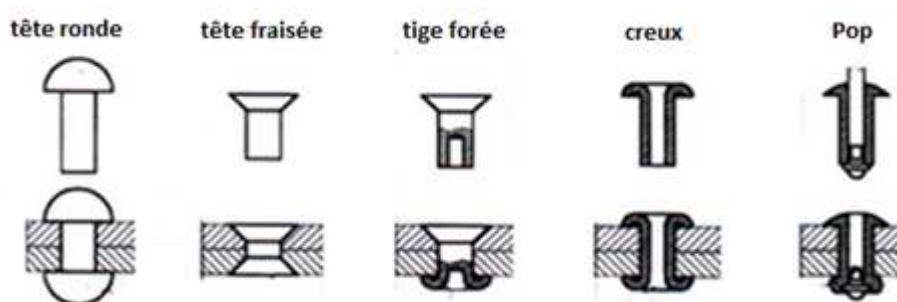


Figure 5.4: Types de rivets.

2.2. Calcul des rivets

Le diamètre d'un rivet dépend de l'épaisseur s de la tôle la plus épaisse à assemblée. Il est donné par l'expression suivante:

$$d = \frac{45.s}{15+s} \quad (5.6)$$

Si F est l'effort de cisaillement subit par l'assemblage et R_{pg} est la résistance à la rupture par glissement du matériau du rivet, le nombre de rivets nécessaire pour l'assemblage est déterminé par la relation:

$$n = 8 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{F}{R_{pg}} \left(\frac{15}{s} + 1 \right)^2 \quad (5.7)$$

Ce nombre de rivets doit être réparti sur la surface d'assemblage d'une manière équitable.

Exemple 2:

Calculer le diamètre des rivets utilisés pour l'assemblage de deux tôles d'épaisseur égal à 10 mm. Sachant que l'effort de cisaillement est de 15000 N et la résistance à la rupture de rivet est de 80 MPa, déterminer le nombre des rivets.

On a:

$$d = \frac{45.s}{15+s} = \frac{45.10}{15+10} = 18 \text{ mm}$$

Le nombre de rivet sera:

$$n = 8 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{F}{R_{pg}} \left(\frac{15}{s} + 1 \right)^2 = 8 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{40000}{80} \left(\frac{15}{10} + 1 \right)^2 \cong 3$$

3. Assemblage par soudage

Les pièces soudées ou brasées sont identifiables avant tout grâce au cordon de soudure joignant les différentes parties. Ce procédé est largement utilisé en construction des machines, on s'en sert pour fabriquer, soit des bâtis, soit des pièces de forme impropre à un usinage économique, que l'on ne peut ou ne veut pas obtenir par les procédés de fonderie.

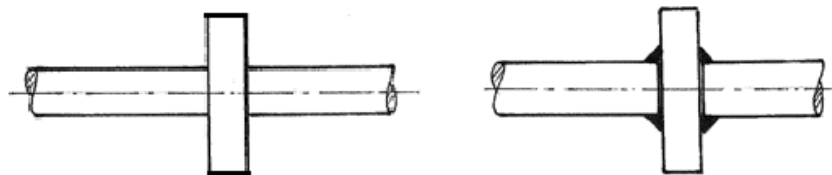


Figure 5.5: Joints de soudure.

Ainsi, pour fabriquer la pièce de la figure 5.5, un usinage au tour nécessiterait l'enlèvement d'une quantité de matière supérieure à celle de la pièce, ce qui n'est pas économique. Mais il est également possible de la réaliser par soudage. Cependant, à ces propriétés avantageuses, il faut en ajouter d'autres qui le sont un peu moins. Le refroidissement du cordon de soudure s'accompagne d'un retrait, et celui-ci peut provoquer des déformations modifiant les positions ou les cotes des pièces (Fig 5.6). Si ces déformations sont empêchées, il en résulte des contraintes résiduelles qui peuvent être dangereuses.

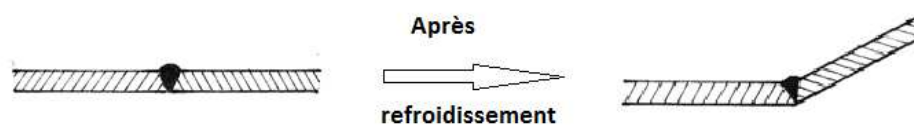


Figure 5.6: Déformation de retrait.

3.1. Soudabilité

Certains matériaux ont tendance à se fragiliser quand on les soude. La capacité d'un matériau à admettre une soudure sans devenir fragile est appelée soudabilité.

En règle générale, un acier est d'autant moins soudable qu'il contient plus de carbone. Jusqu'à 0,35% de carbone, l'acier est soudable sans problème. Au-delà, la soudabilité est limitée, ce qui signifie qu'il faut s'entourer de précautions, par exemple, chauffer les pièces avant soudage, les revenir après. Certains aciers ont été développés spécialement pour obtenir une soudabilité améliorée.

Les fontes se soudent difficilement. Il ne faut les souder que pour d'éventuelles réparations, et cette opération demande des précautions spéciales.

L'aluminium et ses alliages se soudent assez bien, mais avec des postes à souder fonctionnant en courant alternatif.

Le soudage des métaux spéciaux (titane, zirconium, tellure) demande des procédés appropriés.

3.2. Procédés de soudage

Le soudage autogène représente l'assemblage de deux matériaux de même type avec ou sans métal d'apport. Quant au brasage, ou soudage hétérogène, représente l'assemblage de deux métaux différents (Fig 5.7).

Un recuit de détente est souvent réalisé sur les aciers pour éliminer les effets de trempe superficielle dus au soudage, suivi d'un refroidissement lent.

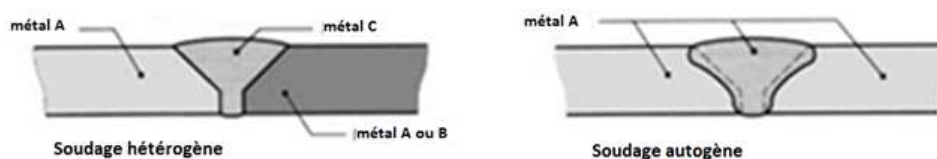


Figure 5.7: Procédé de soudage.

Selon la nécessité et le matériaux soudés, on distingue plusieurs types de soudages. La distinction de types se fait généralement à l'aide du matériel utilisé. Dans ce sens, on peut citer les types de soudage suivants:

a. Soudage au chalumeau

Il s'effectue avec une flamme et un métal d'apport . Bien souvent, le métal d'apport est débité dans le métal servant à réaliser les pièces. En effet, ceci permet de souder exactement avec le métal choisi.

b. Soudage à l'arc électrique

La différence de potentiel entre l'électrode et les pièces à souder entraîne la fusion de l'électrode entre les deux pièces. Le cordon de soudure doit avoir une épaisseur et une hauteur régulièrement constantes pour présenter de bonnes caractéristiques d'assemblage.

c. Soudage par résistance

Dans ce type de soudage, appelé aussi soudage par effet de Joule, deux électrodes réalisent le soudage de deux pièces grâce à un fort courant électrique qui entraîne la fusion locale des tôles.

d. Soudage MIG, MAG (Metal Inert, Activ Gaz)

Ces types de soudage, très répandus, se font sur des postes semi-automatiques. Les soudures sont réalisées sous atmosphère inerte (MIG : argon ou hélium avec peu de CO₂) ou sous atmosphère active (MAG : le taux de CO₂ est plus important). Le gaz, actif ou inerte, conditionne la profondeur de pénétration de la soudure. Ainsi la soudure pénètre plus profondément pour le MAG que pour le MIG.

e. Soudage TIG (Tungsten Inert Gaz)

Cette méthode de soudage est réservée aux métaux difficilement soudables par d'autres méthodes (titane, acier inoxydable, aluminium, nickel, cuivre). Elle nécessite beaucoup de précautions (sensible à l'oxydation due à l'air), et son coût de revient est élevé.

3.3. Calcul des joints de soudure

Dans le cas d'une soudure en bout, le cordon a sa racine d'un côté des pièces et son épaisseur a est égale à celle des tôles (Fig 5.8).

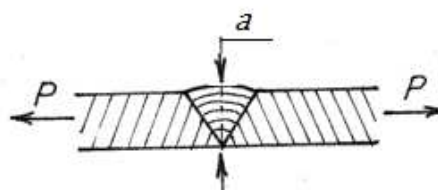


Figure 5.8: Soudure en bout.

Dans le cas d'une soudure d'angle (Fig 5.9), on définit l'épaisseur du joint a comme étant la plus petite distance de sa racine à la surface libre. Cependant, si le joint est convexe, l'épaisseur est limitée à la corde du joint. La longueur l du joint est toujours limité, au moins de $2a$, pour tenir compte des cratères d'extrémité.

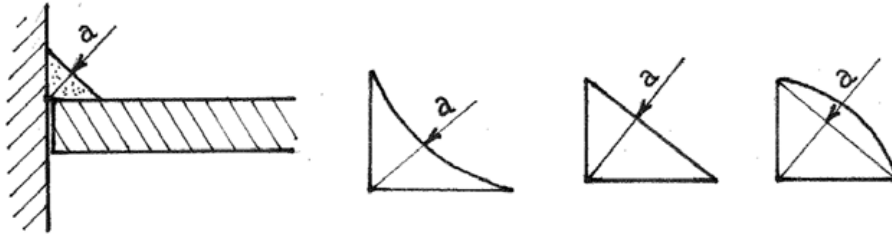


Figure 5.9: Soudure en angle.

En tenant compte du fait que le cordon de soudure, réalisé dans les règles de l'art, est plus résistant que le métal de base, la contrainte de référence est la limite de rupture R_r du métal de base. La contrainte enveloppe est indépendante de la direction de la force appliquée F . Dans tous les cas, on a :

$$\sigma_{env} = \sqrt{3} \frac{F}{a.l} \leq R_r \quad (5.8)$$

Remarquons ici qu'on utilise par le coefficient de sécurité car R_r est inférieure à la résistance de rupture du cordon de soudure. Notons aussi qu'à partir de cette relation simplifiée, on peut calculer que ce soit la force limite supportée par le joint ou les dimensions nécessaire de joint.