



JUILLET 2015

< METALLURGIE ET MECANIQUE DE LA PETANQUE >

Partie 2 : Les procédés de fabrication : mise en forme et assemblage.

Bonjour à toutes et à tous,

L'équipe de **METALLOCORNER** poursuit avec cette 14^{ème} Newsletter un sujet qui lui tient à cœur : l'approche mécanique et métallurgique des boules de pétanque de compétition. La newsletter N°13 nous avait permis de réfléchir sur le produit en lui-même (caractéristiques mécaniques et exigences divers). Cette fois-ci, nous allons commencer à observer la gamme de fabrication en s'intéressant dans un premier temps à l'obtention du produit sphérique. Nous aborderons ensuite dans la N°15, pour clôturer cette trilogie, les opérations de « parachèvements ».

Pour rappel, la boule de pétanque nécessitera pour sa fabrication : un semi-produit (barre ou tôle) qui sera mis en forme (à chaud ou à froid) puis soudé, usiné, poli (Cf. Figure 1). Le produit sera ensuite traité thermiquement pour lui conférer la dureté et le protéger contre la corrosion par un traitement de surface.



Figure 1 : Gamme de fabrication.

a) Mise en forme.

En fonction de la qualité de la boule de pétanque (loisir ou compétition), les coquilles seront :

- Soit issues de tôles de 10 cm de large (feuillard) qui seront ensuite découpées puis embouties (boules de loisir),
- Soit issues de barres laminées (Cf. figure 2) qui seront cisailées en lopins (Cf. Figure 3) puis forgées à chaud (Cf. Figure 4 : opération d'estampage matriçage) en 3 à 4 passes avec une phase intermédiaire qui permettra d'obtenir une galette juste avant l'opération « d'ogivage » (boules de compétition).



JUILLET 2015



Figures 2 et 3: Barres de diamètre 40mm utilisées et lopins issus de l'opération de cisailage.



Figure 4 : Illustrations du procédé d'estampage – matriçage.

En fonction du mode de mise en forme sélectionnée, il est clair que les caractéristiques mécaniques seront isotropes dans le cas des boules de compétition puisque le fibrage est répartie de façon homogène au niveau du semi-produit comme le montre la figure 5. Ce qui n'est pas le cas des boules « loisir » réalisées à partir d'un feuillard.

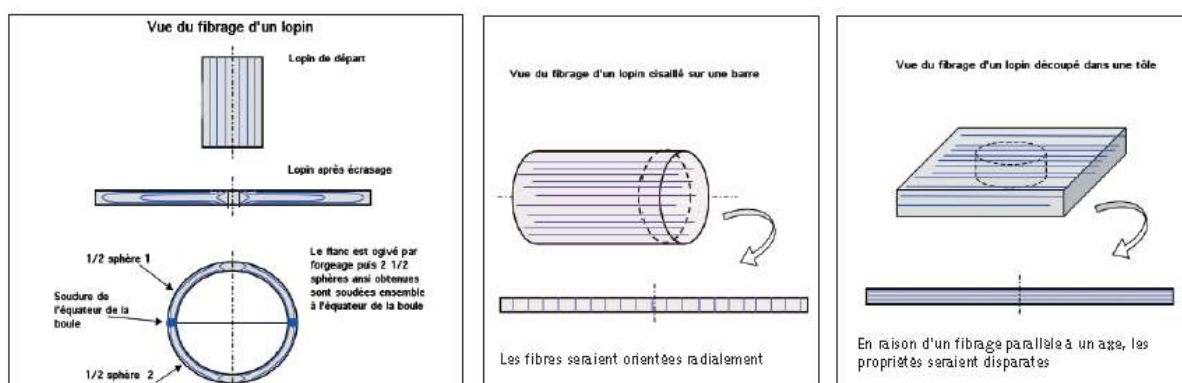


Figure 5 : Présentation du fibrage sur une boule issue de forgeage et comparaison du fibrage avec une boule loisir (découpée / emboutie). [La forge N°44]



JUILLET 2015

Les poinçons dans le cas de certaines boules de compétition peuvent être très complexes pour réaliser le relief de la surface interne de la boule par fraisage.

Dans la suite de l'article, nous poursuivrons la gamme de fabrication pour des boules de compétition : Après forgeage, l'épaisseur de la boule est de l'ordre de 8 mm et on peut réaliser un chanfrein pour améliorer la pénétration du métal lors de l'assemblage par soudage à l'arc (Opération non nécessaire par exemple dans le cas d'un soudage friction).

Il est également possible d'élaborer par des procédés de fonderie (moulage sable) des demi-sphères en acier ; mais le plus souvent on utilise cette technique pour les boules lyonnaises ou provençales en cupro-aluminium.

b) Assemblage des coquilles.

A ce stade, les deux hémisphères vont être assemblées par soudage, on utilise très souvent des systèmes automatisés à l'arc type M.A.G. (Métal Active Gaz) ou M.I.G. (Métal Inerte Gaz) sur des boules en acier inoxydable à 13% de chrome (Cf. Figure 6).



Figure 6 : Illustration de deux hémisphères assemblées.

Pour cette opération réalisée par des moyens de production classés dans la rubrique des procédés dit spéciaux, il faudra réaliser une étude poussée pour assurer un assemblage de qualité en prenant en compte :

- Les paramètres électriques (intensité, tension, nature du courant (pulsé ou pas), vitesse d'avance et stick-out),
- Les paramètres associés au gaz de protection (nature du gaz (CO_2), débit, diamètre de la buse),
Les paramètres liés au métal d'apport (nature, diamètre, teneur en hydrogène réduite),
- Les paramètres géométriques du chanfrein.



JUILLET 2015

En fonction de la valeur calculée pour le carbone équivalent (C_{eq}) qui dépend de la composition de l'acier sélectionné, il sera plus ou moins conseillé de préchauffer les coquilles avant soudage. $[C_{eq} = C + (Mn/6) + ((Cr + Mo + V) / 5) + ((Ni + Cu) / 5)]$

Pour des carbones équivalents relativement bas ($C_{eq} < 0,3$) et à condition que l'apport en énergie soit limité ($< 60kJ/cm$) et que le produit soit à une température supérieure à $15^{\circ}C$, il est possible d'effectuer l'opération de soudage à l'arc sans préchauffage.

Une fois l'opération réalisée, il sera important de veiller que les opérations de mise en forme (forgeage et soudage) n'aient pas générées des défauts (fissuration, paille, retassure, défaut de pénétration...) que l'on retrouve très souvent après usinage ou traitement thermique.

Cette opération peut également être réalisée par la technique du soudage sans métal d'apport comme le soudage friction (principaux paramètres sous contrôles : vitesse de rotation, pression d'accostage et pression de forgeage) ou le soudage L.A.S.E.R. CO_2 (paramètres sous contrôles : énergie de soudage (puissance et vitesse), diamètre du point focal, positionnement du point focal, gaz d'assistance (He pour les fortes pénétrations ($> 2mm$) ou azote), l'alignement du faisceau sur le plan de joint).

Pour l'ensemble des techniques d'assemblage, la structure métallurgique est fortement hétérogène au niveau du coron de soudure et dans les zones adjacentes que l'on nomme zone affectée thermiquement (Z.A.T.) :

- Structure brute de solidification au niveau du cordon de soudure,
- Possible décarburation,
- Formation de phases dures (pour les aciers faiblement alliés) telles la martensite ou la bainite principalement dans le cas où le carbone est ségrégré. L'augmentation locale de la trempabilité (type veine de carbone ou structure en bandes) favorise la formation de ce type de phase hors équilibre.

L'ensemble des structures décrites après forgeage et après soudage (ségrégation du carbone, phase dures, présence de carbure) n'est pas propice en vue d'un usinage optimisé, il va falloir, par le biais d'un traitement thermique, modifier la structure pour améliorer l'usinabilité. Nous aborderons ces sujets dans la prochaine newsletter (la dernière sur le sujet), en attendant un grand merci à l'entreprise OBUT pour les illustrations.