

Quelle est la différence entre les goupilles flexibles spiralées en acier allié et en acier au carbone ?

par Jeff Greenwood, ingénieur de ventes de produit
SPIROL International Corporation, U.S.A.

Les goupilles flexibles spiralées offrent une résistance et une flexibilité supérieures à celles de nombreux autres types de fixations. Les goupilles spiralées absorbent également les chocs et les vibrations de manière efficace et fonctionnent donc comme des composants actifs dans les applications dynamiques et de fatigue. Le choix du matériau est essentiel pour que la goupille spiralée présente les propriétés de ressort nécessaires à une performance optimale.

L'acier au carbone et l'acier allié sont les matériaux les plus rentables et les plus polyvalents disponibles pour une utilisation dans les goupilles spiralées. Ces matériaux sont facilement disponibles, faciles à traiter, et ont des caractéristiques de performance très uniformes et prévisibles. Bien que ces matériaux aient une protection limitée contre la corrosion, ils sont adéquats pour la plupart des applications. Les deux matériaux fournissent des propriétés mécaniques similaires et devraient être considérés comme équivalents pour les ingénieurs du point de vue de la conception.

Description	Acier à haute teneur en carbone	Acier allié
Classe	UNS G10700 / G10740 C67S (1,1231) / C75S (1,1248)	UNS G61500 51CrV4 (1,8159)
Spécification	ASTM A684 / A684M SAE J403 EN 10132-4	ASTM A506-05 EN 10132-4
Dureté, Vickers	HV 420 – 545	HV 420 – 545



Goupilles à flexibles spiralées traitées thermiquement.

L'acier au carbone est moins cher que l'acier allié, c'est pourquoi il est généralement le matériau préféré pour les goupilles flexibles. Cependant, les goupilles spiralées de grand diamètre ($> \text{Ø}0,500'' / \text{Ø}12\text{mm}$) ne doivent pas être produites en acier au carbone car elles ne peuvent pas être trempées assez rapidement pour obtenir les propriétés mécaniques souhaitées pour les applications statiques ou dynamiques. Par conséquent, l'acier allié est le matériau utilisé pour les goupilles spiralées de grand diamètre car les exigences de trempage sont plus souples et donc réalisables.

APERÇU DU TRAITEMENT THERMIQUE

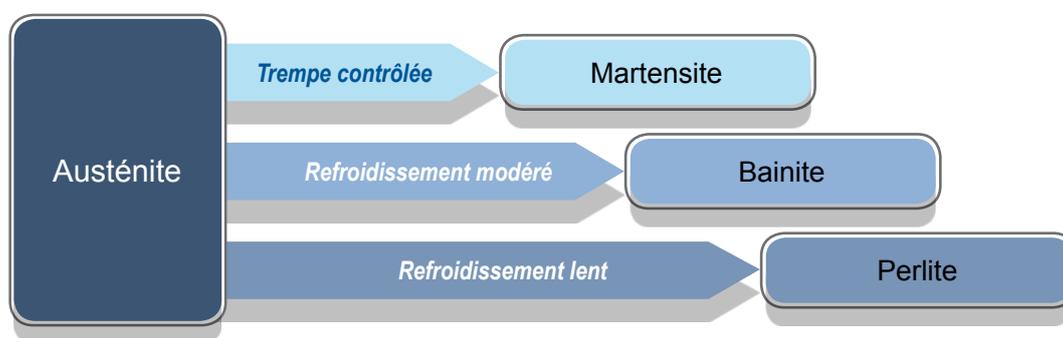
Toutes les goupilles flexibles en acier au carbone et en acier allié sont traitées thermiquement pour optimiser leur résistance, leur flexibilité et leur dureté. Le processus de traitement thermique des goupilles flexibles fabriquées à partir de ces matériaux comprend la trempe de base, la trempe et le revenu. Le traitement thermique permet aux fabricants de manipuler la microstructure d'un produit, ce qui est important car la microstructure détermine ses caractéristiques.

La première étape est le durcissement de base, au cours duquel les goupilles spiralées sont chauffées à des températures légèrement inférieures à 1100°C (2000°F), dépassant la température eutectoïde à laquelle la microstructure est de l'austénite. À ce stade, la microstructure du matériau peut être contrôlée par la trempe, qui est le processus de refroidissement du matériau à des températures ambiantes. La vitesse (temps jusqu'à la température ambiante) à laquelle un matériau est trempé détermine la microstructure résultante. Les alliages fer-carbone trempés à partir de la température eutectoïde peuvent donner lieu à trois produits microstructuraux primaires de transformation : perlite, bainite et martensite. La martensite présente les meilleures propriétés mécaniques des trois. Dans la fonctionnalité des goupilles à ressort, cela équivaut à la résistance au cisaillement, à la résistance à la fatigue, à la flexibilité, à la dureté, etc.

En théorie, l'objectif du traitement thermique des goupilles flexibles est d'obtenir une microstructure martensitique à 100 %. Bien que cela ne soit pas réalisable en pratique, un processus de traitement thermique efficace optimisera la composition martensitique du matériau. La martensite se forme lorsque le matériau est trempé suffisamment rapidement pour empêcher la diffusion du carbone. Si le processus de trempage est trop lent, les atomes de carbone s'échappent de la géométrie atomique souhaitée et des microstructures moins souhaitables se forment (perlite, bainite).

La dernière étape du traitement thermique est le revenu. Elle est effectuée après que les goupilles ont été trempées jusqu'à la température ambiante. Le revenu se fait à des températures inférieures à 540°C (en dessous de la température eutectoïde critique). Le revenu améliore la ductilité et la résistance de la martensite car les goupilles sont fragiles immédiatement après avoir été trempées. Le processus de revenu doit être inférieur à la température à laquelle le métal se transforme en austénite. Ces basses températures soulagent les contraintes internes, diminuent la fragilité et maintiennent une dureté élevée. Les ressorts (c'est-à-dire les goupilles flexibles spiralées) trempés à des températures plus élevées entraînent une perte de dureté et de résistance plus importante, mais ils présentent une meilleure élasticité. Par conséquent, la recette du traitement thermique fait partie intégrante du processus de fabrication des goupilles à ressort spiralées.

Le traitement thermique est l'un des processus les plus critiques dans la production des goupilles flexibles, car il a un impact direct sur les performances et la durée de vie de l'assemblage utilisant la goupille. Des variations apparemment mineures de temps (minutes) et de température ($\pm 10^{\circ}\text{F}$ ($\pm -12^{\circ}\text{C}$)) peuvent avoir un impact considérable sur la qualité d'une goupille. C'est pourquoi il est essentiel que les fabricants de fixations mettent en place des mesures de contrôle efficaces.



ACIER A TENEUR EN CARBONE OU ACIER ALLIE

Les goupilles spiralées en acier à teneur en carbone doivent être trempées à température ambiante en quelques secondes afin d'obtenir une composition martensitique élevée. À l'inverse, l'acier allié permet un temps de trempage beaucoup plus long (~1 minute) afin d'obtenir une composition martensitique élevée. Le temps de trempage est affecté de manière négative lorsque la goupille flexible devient plus grande et a plus de masse. Plus précisément, l'extérieur des goupilles atteindra une composition martensitique élevée, mais pas l'intérieur des goupilles. Les goupilles à ressort spiralées d'un diamètre de $\varnothing 0,500'' / \varnothing 12\text{mm}$ (ou moins) peuvent être trempées assez rapidement pour utiliser de l'acier à teneur en carbone. Cependant, les goupilles spiralées de plus grand diamètre nécessitent l'utilisation d'un acier allié afin que la composition entière de la goupille ait la possibilité d'atteindre une composition martensitique optimale.

IMPACT SUR LE TERRAIN - TRAITEMENT THERMIQUE INEFFICACE

Applications statiques

Si une goupille spiralée n'atteint pas la microstructure métallurgique souhaitée, la goupille présente un risque de défaillance sur le terrain après avoir été exposée à des charges appliquées. Cela peut se présenter sous la forme d'une rupture par flexion ou cisaillement.

Applications dynamiques

Si une goupille spiralée n'atteint pas la microstructure métallurgique souhaitée, la durée de vie en fatigue de la goupille sera sacrifiée. Cela limite le nombre de cycles que la goupille peut supporter sur le terrain, réduisant ainsi la durée de vie fonctionnelle de l'assemblage.

CONCLUSION

Les concepteurs doivent considérer les goupilles flexibles spiralées en acier à teneur en carbone et en acier allié comme étant à peu près équivalentes lorsqu'ils consultent le catalogue d'un fabricant de goupilles flexibles. Cependant, il faut se méfier des goupilles spiralées de grand diamètre ($>\varnothing 0,500'' / \varnothing 12\text{mm}$) fabriquées en acier à teneur en carbone, car elles présentent des risques mécaniques. Le traitement thermique est l'une des étapes les plus critiques de la fabrication des goupilles à ressort. Il est donc recommandé aux fabricants de fixations d'effectuer le traitement thermique en interne pour un contrôle total. Bien que cet article propose des directives générales de conception, il est recommandé de consulter des ingénieurs d'application spécialisés dans la conception et la fabrication de goupilles à ressort spiralées afin de s'assurer que le matériau approprié est sélectionné pour chaque assemblage spécifique.