

L'impact du jeu sur les propriétés de cisaillement des goupilles élastiques spiralées

par Christie Jones, directrice de développement du marché
SPIROL International Corporation

Les goupilles élastiques spiralées sont utilisées dans des milliers d'applications sur un large éventail de marchés. **SPIROL** évalue de nombreuses applications et a identifié des erreurs courantes de conception/fabrication qui réduisent la résistance des joints à goupille. Ces caractéristiques incluent, sans s'y limiter, les lamages, les fraisages et les écarts entre les composants d'accouplement. Ces conditions introduisent un jeu et causent une flexion qui réduit la résistance au cisaillement d'une goupille.

Les goupilles élastiques spiralées possèdent des valeurs de résistance au double cisaillement minimales conformément aux spécifications applicables de l'industrie. À cause de la nature dynamique des goupilles spiralées, les valeurs de cisaillement sont dérivées de tests plutôt que de calculs traditionnels. Les tests sont menés selon des critères spécifiques énoncés dans des spécifications comme ASME B18.8.2, ASME B18.8.3M et ISO 8749. Les jauges doivent être faites en acier trempé avec un jeu maximal de 0,005" (0,13 mm) dans les plans de cisaillement. Ceci représente les conditions idéales et garantit que la goupille est en cisaillement. Étant donné que les conditions de jeu dans les assemblages dépendent des paramètres de test, la goupille subira une flexion – pas un cisaillement – et la résistance commencera à se dégrader. Il est essentiel de comprendre comment l'écart par rapport aux conditions idéales de cisaillement affecte les performances du joint à goupille car il peut impacter l'intégrité et la longévité de l'assemblage.

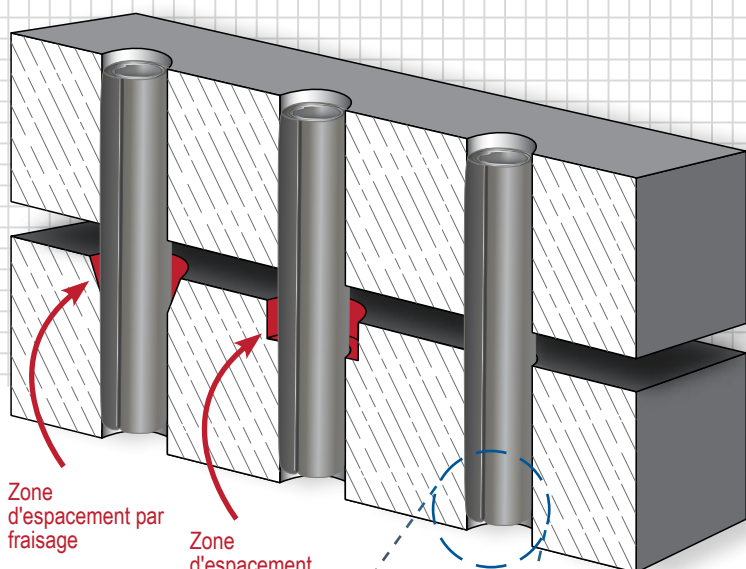
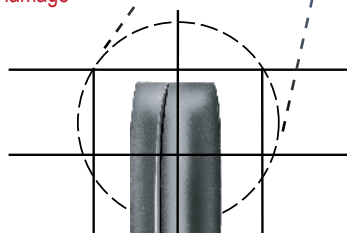


Figure 1



Les goupilles élastiques spiralées sont conçues pour s'installer sans guidage supplémentaire par fraisage ou lamage. Le chanfrein concentrique et estampé combiné avec des extrémités nettes et d'équerre permettent une installation sans problème.

Un lamage ou un fraisage est souvent ajouté entre les composants avec l'intention de guider la goupille d'un trou à l'autre. Bien que cette intention soit compréhensible, l'écart qui en résulte est souvent inacceptable. Les goupilles spiralées SPIROL sont conçues avec des chanfreins importants prévus pour faciliter l'alignement pendant l'installation – des lamages et des fraisages ne sont donc pas nécessaires (Figure 1). Ces caractéristiques, bien que souvent négligées, introduisent un jeu et une flexion qui réduisent les performances de la goupille quand elle est chargée en cisaillement. La résistance réduite contribue également à une fatigue pouvant entraîner une défaillance prématurée. Tandis que les causes de défaillance peuvent être simples à identifier, il est important de quantifier les effets d'une défaillance prématurée afin de chercher à comprendre leur impact.

Une goupille spiralée série légère SPIROL a été testée avec des augmentations incrémentales du jeu dans le plan de cisaillement afin de mieux comprendre l'ampleur du changement de performances. Les goupilles série légère ont été sélectionnées car elles étaient facilement installées et retirées. La goupille sélectionnée est une CLDP .250 x 2.500 LBK standard, ou série légère, une goupille spiralée en acier haut carbone avec une finition à l'huile anti-corrosion « sèche au toucher ». Cette goupille possède une longueur suffisante pour permettre des tests avec divers jeux.

Un bloc de cisaillement carré standard ASME

**GOUPILLE
SPIRALÉE SÉRIE
LÉGÈRE**



B18.8.2 (Figure 2) a été utilisé avec un Instron Modèle 3384 pour tous les tests. Deux rondelles de taille différente avec une épaisseur moyenne de 0,072" (1,83 mm) et 0,120" (3,05 mm) ont été utilisées pour augmenter l'espacement et le piston du bloc de cisaillement a été centré entre les supports. Comme énoncé précédemment, la distance maximale entre les plans de cisaillement doit être de 0,005" (0,13 mm) afin d'éviter toute flexion de la goupille.

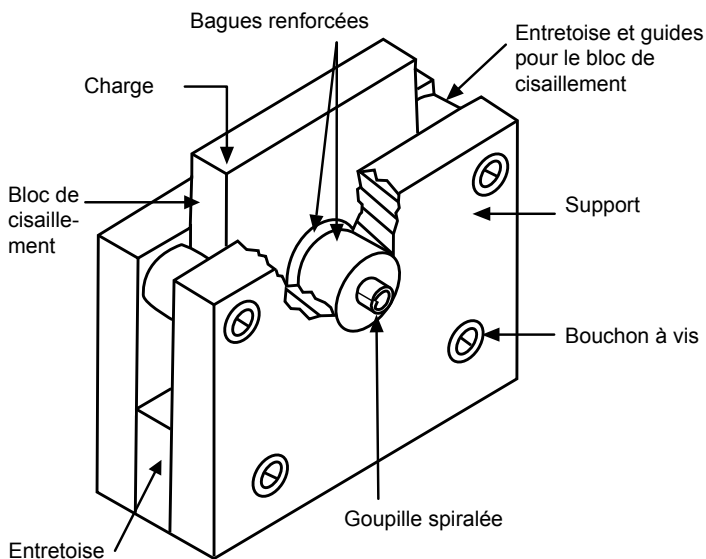


Figure 2 : Support de test de cisaillement de goupille classique selon ASME B18.8.2

Il existe une différence importante visible entre les goupilles subissant une flexion et celles victimes de cisaillement. Comme indiqué dans la Figure 3A, les goupilles subissant un cisaillement montrent une fracture dans un plan. Quand les spirales sont déformées, elles apparaissent plates avec un affaissement dans une direction. La Figure 3B montre une goupille testée avec un écart de 0,120" (3,05 mm). Dans cette image, une flexion se produit clairement, comme l'indique la courbe débouchant sur la surface de fracture.

De plus, la surface de fracture ne reste pas sur un plan mais montre une rupture différente sur chaque spirale. Il est impératif d'étudier à la fois les surfaces de fracture des goupilles défaillantes et les composants hôtes réels dans lesquels les goupilles seront installées. Il n'est pas rare que les composants hôtes aient des caractéristiques non spécifiées sur le schéma qui introduisent un jeu. La cause principale peut être déterminée avec précision uniquement en étudiant tous les composants de l'application.

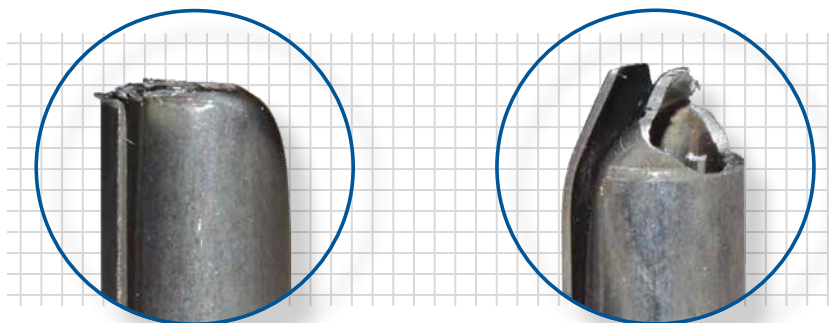


Figure 3A : La surface de fracture d'une goupille spiralée en cisaillement montre une défaillance sur un plan unique

Figure 3B : La goupille spiralée en flexion possède une courbure sur la couche externe et une surface de fracture sur plusieurs plans

Trente exemples de chaque condition ont été testés et la synthèse des résultats est indiquée dans le Tableau 1. Les données s'alignent avec la théorie alléguant que le jeu réduit la force maximale à la fracture. Une observation intéressante est le plus petit changement de force se produisant entre 0,072" (1,83 mm) et 0,120" (3,05 mm). La force requise pour fracturer la goupille a chuté de 18 %, soit environ 800 lbs. (3,6 kN) en augmentant le jeu de 0,005" (0,13 mm) à 0,072" (1,83 mm), mais l'augmentation supplémentaire du jeu à 0,120" (3,05 mm) a entraîné une nouvelle réduction d'environ 150 lbs. (0,7 kN), soit un changement total de 22 %.

	Espace de 0,005" (cisaillement)	Espace de 0,072"	Espace de 0,120"
Moyenne	4 257,64	3 475,44	3 312,54
Min	4 029,39	3 340,20	3 211,69
Max	4 548,73	3 583,60	3 395,75
Ec. type	125,77	56,21	45,94

Tableau 1 : Synthèse des données de force (en lbs.) à la rupture à partir de 30 échantillons de test de CLDP .250 x 2.500 LBK

Ce phénomène s'explique en utilisant des principes généraux sur les matériaux. Lors de l'évaluation du comportement contrainte-déformation, la résistance à la flexion ou à la courbure est généralement utilisée pour décrire des céramiques fragiles, mais est également définie comme la contrainte à la fracture due aux forces de courbure. Ceci est une propriété testée par un test de courbure à trois – ou quatre – points, réalisé dans une courbure transversale avec des charges uniques ou doubles et des supports sous-jacents positionnés à une distance prédéterminée (L). Les modèles de test de courbure sont une représentation simplifiée d'une goupille avec un bloc de cisaillement.

Centres Techniques

Amériques

SPIROL International Corporation
30 Rock Avenue
Danielson, Connecticut 06239 Etats-Unis
Tel. +1 (1) 860 774 8571
Fax. +1 (1) 860 774 2048

SPIROL division cales
321 Remington Road
Stow, Ohio 44224 Etats-Unis
Tel. +1 (1) 330 920 3655
Fax. +1 (1) 330 920 3659

SPIROL Ouest
1950 Compton Avenue, Suite 112
Corona, California 92881 Etats-Unis
Tel. +1 (1) 951 273 5900
Fax. +1 (1) 951 273 5907

SPIROL Canada
3103 St. Etienne Boulevard
Windsor, Ontario N8W 5B1 Canada
Tel. +1 (1) 519 974 3334
Fax. +1 (1) 519 974 6550

SPIROL Mexique
Carretera a Laredo KM 16.5 Interior E
Col. Moises Saenz
Apodaca, N.L. 66613 Mexique
Tel. +52 (01) 81 8385 4390
Fax. +52 (01) 81 8385 4391

SPIROL Brésil
Rua Mafalda Barnabé Soliane, 134
Comercial Vitória Martini, Distrito Industrial
CEP 13347-610, Indaiatuba, SP, Brésil
Tel. +55 (0) 19 3936 2701
Fax. +55 (0) 19 3936 7121

Europe

SPIROL SAS
Cité de l'Automobile ZAC Croix Blandin
18 Rue Léna Bernstein
51100 Reims, France
Tel. +33 (0) 3 26 36 31 42
Fax. +33 (0) 3 26 09 19 76

SPIROL Royaume-Uni
17 Princeswood Road
Corby, Northants
NN17 4ET Royaume-Uni
Tel. +44 (0) 1536 444800
Fax. +44 (0) 1536 203415

SPIROL Allemagne
Ottostr. 4
80333 Munich, Allemagne
Tel. +49 (0) 89 4 111 905 71
Fax. +49 (0) 89 4 111 905 72

SPIROL Espagne
08940 Cornellà de Llobregat
Barcelona, Espagne
Tel. +34 93 193 05 32
Fax. +34 93 193 25 43

SPIROL République Tchèque
Sokola Tůmy 743/16
Ostrava-Mariánské Hory 70900,
République Tchèque
Tel/Fax. +420 417 537 979

SPIROL Pologne
ul. M. Skłodowskiej-Curie 7E / 2
56-400, Oleśnica, Pologne
Tel. +48 71 399 44 55

Asie Pacifique

SPIROL Asie
1st Floor, Building 22, Plot D9, District D
No. 122 HeDan Road
Wai Gao Qiao Free Trade Zone
Shanghai, Chine 200131
Tel. +86 (0) 21 5046 1451
Fax. +86 (0) 21 5046 1540

SPIROL Corée
160-5 Seokchon-Dong
Songpa-gu, Seoul, 138-844, Corée
Tel. +86 (0) 21 5046-1451
Fax. +86 (0) 21 5046-1540

email : info-fr@spirol.com

SPIROL.fr

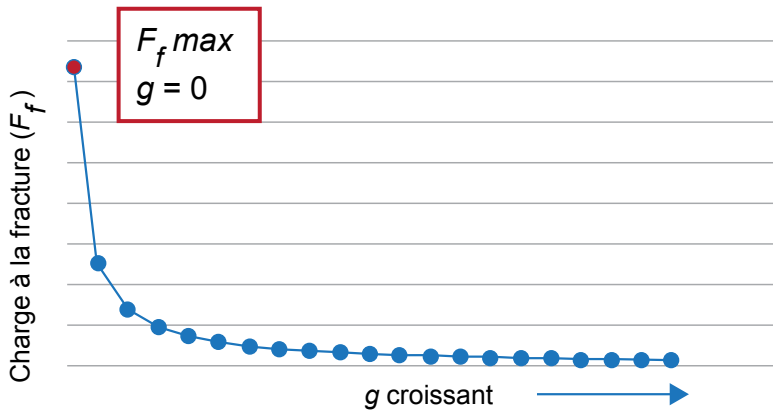


Figure 4 : Il existe un rapport inverse négatif entre l'écart et la charge à la fracture

L'équation de contrainte de flexion ou de courbure est $\sigma_{fs} = \frac{F_f L}{\pi R^3}$ ¹

σ = Contrainte	$\frac{F}{A} = \frac{Mc}{I}$
M = Moment de courbure maximal	$\frac{FL}{4}$
c = Distance entre l'échantillon du centre et la surface extérieure	R
I = Moment d'inertie de la section transversale	$\frac{\pi R^4}{4}$

où F_f est la charge à la fracture, R est le rayon de la goupille et L est la distance entre les supports. Un espace est ajouté symétriquement afin d'augmenter la distance entre les points de support, L change à $L+2g$, g étant la distance de jeu ajoutée sur un côté. En utilisant les valeurs connues, la Figure 4 montre l'impact de g sur la force. La transition entre le cisaillement et la courbure se produit rapidement quand le jeu dépasse la valeur maximale recommandée de 0,005" (0,13 mm). Proportionnellement, les données indiquent que le plus

grand changement de résistance se produit avec une déviation minimale par rapport aux conditions de cisaillement idéales. Quand le jeu augmente entre les composants assemblés, la force continue d'être impactée négativement mais l'ampleur du changement n'est pas importante. Dans ce cas, avec une CLDP .250 x 2.250 LBK, une réduction de 18 % de la force a été observée en augmentant le jeu de 0,005" (0,13 mm) à 0,072" (1,83 mm).

Conclusion

Globalement, penser que les lamages et fraisages amélioreront l'insertion de la goupille et auront un impact minimal sur la résistance du joint à goupille est une erreur de conception courante. Le chanfrein annulaire sur la goupille spiralée dirige la goupille dans le trou suivant, même s'il existe un écart d'alignement de quelques degrés entre les trous, éliminant tout besoin de lamage ou de fraisage. Les données montrent une chute significative de la résistance de la goupille quand un petit écart est ajouté entre les plans de cisaillement. En utilisant la résistance à la courbure et les principes de courbure en trois – ou quatre – points, il est clair que l'augmentation du jeu a un effet négatif sur la charge nécessaire pour fracturer les pièces. Lors de la conception de nouvelles applications ou lors d'une réévaluation d'applications existantes, il est important de minimiser l'espace entre les composants afin d'optimiser les propriétés de cisaillement de la goupille et de maximiser la durée de vie de l'assemblage.

Engagez les ingénieurs d'application de SPIROL dès le début de la conception de votre prochain projet !

¹Callister, William D., "Stress-Strain Behavior" dans Materials science and Engineering: An Introduction, 7th ed. New York: Wiley, 2007 pp 447-448