

Les goupilles pleines sont des fixations courantes utilisées pour aligner, relier et assembler plusieurs composants. Les goupilles pleines sont les plus utiles quand la force de serrage d'un boulon n'est pas nécessaire. Elles sont également utilisées pour des fonctions spécifiques telles que la localisation de composants, les charnières, des conceptions inviolables, etc.

Deux procédés communs de fabrication utilisés pour produire des goupilles pleines sont la formation à froid et l'usinage. Tant la formation à froid que l'usinage produisent des pièces de haute qualité à l'aspect uniforme. Curieusement, le diamètre extérieur (DE) de nombreuses douilles de centrage ne sont pas usinés. Le passage de goupilles à formation à froid par une deuxième opération de rectification afin de produire des goupilles à DE meulé est une pratique courante.

Lors de la conception d'une goupille pleine pour un montage il est important de comprendre les différences entre la formation à froid et l'usinage, car le procédé de fabrication influence directement les caractéristiques (tolérances, géométrie et matériau) de la conception pouvant être attribuées à la goupille pleine. L'objectif de ce document est d'informer les concepteurs sur les différences entre la formation à froid et l'usinage de sorte qu'ils comprennent comment concevoir une goupille pleine qui va optimiser les performances du montage tout en réduisant le coût total de fabrication.



Aperçu du procédé d'usinage

L'usinage consiste à découper un matériau brut (tige) dans la géométrie souhaitée au moyen d'outils de découpage. Cette opération est généralement réalisée sur un tour. L'usinage produit des déchets métalliques sous forme de copeaux.

Aperçu du procédé de formation à froid

La formation à froid consiste à donner à un matériau brut la géométrie désirée en refoulant le matériau (fil) dans une ou plusieurs matrices. Le procédé le plus courant pour la fabrication de fixations à froid utilise une matrice et deux frappes, car cela suffit pour former des chanfreins et des têtes. Les matrices offrent des cavités utilisées pour donner la géométrie désirée, tandis que la frappe décrit le procédé physique du refolement du métal par une course de la machine. Des matrices et frappes supplémentaires sont nécessaires au fur et à mesure que la complexité de la géométrie augmente. Il y a des limites quant à la quantité de matériau pouvant être déplacée par frappe.

La frappe à froid comprend parfois un processus de tréfilage qui durcit le matériau, augmentant ainsi sa résistance à l'écoulement et à la traction. Les goupilles usinées produites avec le même matériau de base auront des valeurs d'élasticité et de traction inférieures parce que la structure granulaire du matériau a été coupée.

COMPARAISON DES PROCÉDÉS DE FABRICATION		
	Formation à froid	Usinage
Qualité des pièces	✓	✓
Limite élastique et résistance à la traction	✓	
Tolérances de serrage	✓	✓
Éléments de rétention	✓	✓
Déchets métalliques lors de la fabrication		✗
Géométrie de pièce complexe		✓
Goupille longue/à grand diamètre	✓	
Coûts d'outillage minimum		✓
Temps de réglage court		✓
Temps de cycle court	✓	
Coût minimal général d'une goupille pleine	✓	
Coûts minimum de la préparation du trou	✓	

Tableau 1

Caractéristiques de conception et capacités de fabrication d'une goupille pleine

La première étape lors de la conception d'une articulation est de déterminer les exigences de fonctionnement des composants hôtes et des fixations. Les exigences de rendement devraient être atteintes sans trop de caractéristiques conceptuelles. Une articulation idéale remplit les exigences de rendement et de qualité au coût le plus faible possible. Les informations ci-dessous aideront les concepteurs à comprendre les différences entre les capacités de la formation à froid et l'usinage, étant donné que les caractéristiques de la conception d'une goupille pleine et des trous du composant hôte en dépendent.

Aperçu de la goupille emmanchée

En général, les douilles emmanchées et les goupilles lisses sont maintenues dans le montage en étant pressées dans des trous dont le diamètre est inférieur à celui de la goupille. Dans la plupart des applications, l'interférence doit être limitée afin de maintenir les forces d'insertion dans des limites pratiques. L'emmanchement acceptable pour la plupart des métaux (acier, laiton et aluminium) est un déplacement de matériau de 0,0125 mm à 0,025 mm (0,0005" – 0,001"). Comme le seuil de tolérance inclut la somme des tolérances de la goupille et du diamètre du trou, les goupilles doivent être usinées avec précision et les trous doivent être alésés et/ou rectifiés. Ceci augmente le temps de cycle et le coût de fabrication associés à la préparation du trou.

Il faut également noter que les charnières avec jeu ne nécessitent pas de trous emmanchés et donc n'ont pas besoin de tolérance de diamètre de goupille plus serré que $\pm 0,025$ mm ($\pm 0,001$ ").

Tolérance

De manière générale, le diamètre extérieur (DE) est la dimension la plus critique d'une goupille pleine. Tant la formation à froid que l'usinage peuvent atteindre les caractéristiques de tolérance requises pour la majeure partie des applications des goupilles pleines. En fait, la formation à froid produit des goupilles pleines avec des tolérances totales pour le DE de 0,05 mm (0,002") (plus fin qu'un cheveu). L'usinage peut atteindre des tolérances de DE plus serrées que la formation à froid, mais cette méthode nécessite généralement des tiges DE de centrage de DE spéciales. Dans la mesure du possible, c'est une chose à éviter étant donné que la tige DE de centrage peut coûter trois fois plus cher qu'une tige normale.

Pour les tolérances en termes de longueur des goupilles pleines, l'usinage et la formation à froid peuvent atteindre les mêmes niveaux de tolérance, soit environ $\pm 0,25$ mm ($\pm 0,010$ "). Cela varie en fonction de la longueur de la goupille.

Un chanfrein sert à faciliter le montage. Un angle de chanfrein situé entre 25° et 40° convient pour la plupart des applications des goupilles pleines et permet un engagement maximum de la goupille. Du point de vue de la fabrication, l'angle de coupe optimal (usinage) est de 45°, tandis que l'angle formé optimal (formation à froid) est de 30° ou moins.

CAPACITÉS DE TOLÉRANCE DE d'une goupille pleine				
Procédé de fabrication	Matériau brut	Coût du matériau brut	Système métrique	Système impérial
Formation à froid	Fil	€	$\pm 0,025$ mm	$\pm 0,001$ "
Usinage	Tige standard	€	$\pm 0,0125$ mm	$\pm 0,0005$ "
	Tige à DE meulé	€ € €	$\pm 0,0025$ mm	$\pm 0,0001$ "

Tableau 2

VUE LATÉRALE - GOUPILLE FORMÉE À FROID VS GOUPILLE USINÉE



Matériau

Les matériaux les plus utilisés pour la fabrication de goupilles pleines sont le carbone et les aciers inoxydables. Les matériaux bruts sont disponibles sous différentes formes selon que les goupilles seront usinées (tige) ou formées à froid (fil). Des nuances de matériaux disponibles dans le commerce pour la tige et le fil être différentes. Les tiges sont disponibles dans des nuances de matériau mieux adaptées à l'usinage, tandis que les fils sont disponibles dans des nuances de matériau convenant à la formation à froid. Bien que les nuances de matériaux soient différentes, le point important ici est qu'il y a des matériaux équivalents disponibles pour la formation à froid et l'usinage des goupilles pleines. Ainsi, les pratiques d'ingénierie recommandées imposent que les caractéristiques du matériau pour le tréfilage soient relativement générales, si possible (acier en carbone avec une dureté classée RC 27-33).

Tableau 3 montre des exemples de plusieurs matériaux courants pour la formation à froid et l'usinage comme référence.

EXEMPLES DE MATÉRIAUX COMMUNS			
Matériau	Avantage	Formation à froid	Usinage
Acier inoxydable austénitique (au nickel)	Excellente résistance à la corrosion	305, 302 HQ	303
Acier inoxydable martensitique (au chrome)	Résistance à la corrosion, Résistance élevée au cisaillement, Dureté élevée	410	420
Acier à faible teneur en carbone	Polyvalent, Bon marché	1022	12L14
Acier allié	Résistance élevée au cisaillement, Dureté élevée	6150, 4037	4150
Aluminium	Résistance à la corrosion, Léger, Sans plomb	5056	2024, 6061

Tableau 3

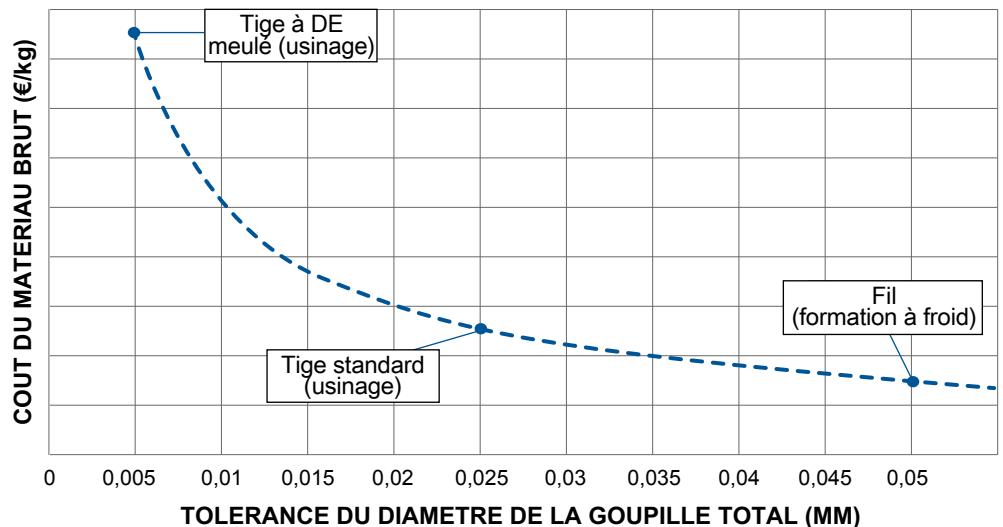
Remarque : Cette liste reprend certains des matériaux disponibles les plus courants (d'autres sont disponibles)

Comparaison en termes de coût - La formation à froid par rapport à l'usinage

Les goupilles pleines usinées coûtent en général dix fois plus cher que les goupilles pleines formées à froid. Pourquoi les goupilles pleines formées à froid sont-elles tellement plus rentables ?

- La formation à froid produit des goupilles pleines à une cadence d'environ 300 pièces par minute (ppm), tandis que l'usinage en fabrique environ 4 ppm.
- L'usinage produit des déchets métalliques. Ainsi, l'usinage d'une goupille pleine nécessite plus de matériau brut que la fabrication de la même pièce par formation à froid. Les seuls déchets générés pendant la formation à froid sont ceux produits lors du réglage.
- La tige à DE meulé peut coûter trois fois le prix d'une tige standard utilisée pour l'usinage.

TOLÉRANCE DE DIAMÈTRE DE GOUPILLE VS COÛTS DU MATERIAU BRUT



Graphique 1

VUE DE DESSUS - GOUPILLE FORMÉE À FROID VS GOUPILLE USINÉE



Goupille formée à froid

Goupille usinée

Bien que l'usinage soit plus cher que la formation à froid, les coûts de réglage sont sensiblement inférieurs pour l'usinage. Les entreprises qui uniformisent les tailles des goupilles pleines peuvent réduire les coûts de réglage de sorte que l'impact en termes de coûts sur les clients est négligeable. Toutefois, les coûts peuvent être significatifs pour les conceptions sur mesures, particulièrement pour les petits volumes. Le tableau 4 résume les grandes différences entre les réglages pour une formation à froid par rapport à l'usinage.

COMPARAISON DU RÉGLAGE Nouvelle goupille pleine		
	Formation à froid	Usinage
Temps de réglage	6 - 12 hrs	2 - 4 hrs
Coûts d'outillage	~ € 4516	~ € 180

Tableau 4

Étude de cas

L'étude de cas ci-dessous illustre les différences entre une goupille pleine à tête longue de 3 mm DE x 30 mm formée à froid et usinée. Comme souligné dans le tableau ci-dessous, la quantité de matériau brut et la cadence de production (ppm) sont les facteurs les plus importants dans la différence de prix considérable entre la formation à froid et l'usinage.

COMPARAISON DES PROCÉDÉS DE FABRICATION 25 000 pièces de 3 mm x 30 mm goupilles pleines à tête			
Procédé de fabrication		Formation à froid	Usinage
Pièces produites	#	25000	25000
Description du matériau brut	-	Fil	Tige standard
Matériau brut nécessaire (poids)	kg	8,6	26,3
Temps de réglage	h	12 juin	4 fév.
Durée totale de production	h	1,4	104
Déchets métalliques	%	<1%	65%
Tolérance du diamètre	mm	± 0,025mm	± 0,0125mm
Coûts	-	✓	✗

Tableau 5

Quand utiliser :

une goupille pleine usinée

- Petit volume de pièces faites sur mesures
- Applications d'alignement très exigeantes
- Lorsque les exigences de fonctionnement imposent une géométrie de goupille complexe

une goupille pleine formée à froid

- La plupart des applications (car la plupart ne requièrent pas de tolérances usinées)
- Axes / charnières avec jeu où les goupilles sont ajustées par coulissement dans l'espace.

Conclusion

En comprenant les différences entre les goupilles pleines formées à froid et d'usinage, les concepteurs peuvent optimiser les performances et le coût total de fabrication d'une articulation. Les deux procédés de fabrication produisent des pièces de haute qualité et à l'aspect uniforme. Toutefois, il existe des différences significatives de coût et de capacités entre la formation à froid et l'usinage. Ce document peut servir d'outil de référence pour aider les concepteurs avec les caractéristiques de conception d'une goupille pleine. Toutefois, il est recommandé aux fabricants de s'associer à des experts de l'industrie en matière d'assemblage et de montage afin d'identifier la solution la plus économique pour leur assemblage.

© 2018 SPIROL International Corporation

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ou transmise sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit, électronique ou mécanique, sauf autorisation légale, sans l'accord écrit de SPIROL International Corporation.

Centres Techniques

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 Princewood 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 93 669 31 78
Fax. +34 93 193 25 43

SPIROL République Tchèque

Pražská1847
Slaný 274 01
République Tchèque
Tel. +420 313 562 283

SPIROL Pologne

Aleja 3 Maja 12
00-391 Warszawa, Pologne
Tel. +48 510 039 345

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 Canada

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

SPIROL Mexique

Avenida Avante #250
Parque Industrial Avante Apodaca
Apodaca, N.L. 66607 Mexico
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

Asie 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.com