



Bienvenue dans ce premier numéro de “SKF Info Papeterie”

Le défi que nous devons relever aujourd’hui est posé par la forte concurrence qui règne au sein de l’industrie mondiale du papier. Partout, les producteurs s’efforcent de tirer le meilleur parti de leurs machines. Qu’ils utilisent des machines de dernière génération ou des outils de production plus anciens, les fabricants de papier sont tous confrontés à la nécessité de former les nouveaux arrivants et/ou de préserver le savoir de ceux qui partent. Conséquence : la connaissance des meilleures pratiques pour allonger la durée de vie des roulements fait désormais défaut dans certaines régions et tend à disparaître dans d’autres.

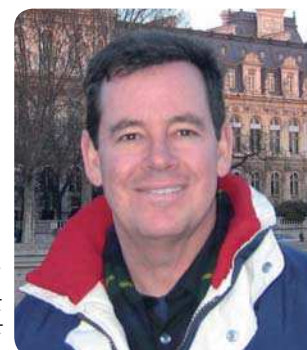
Que peut faire SKF pour aider ses clients ?

Nous pouvons mettre à leur disposition notre connaissance des moyens d’allonger la durée de vie des roulements par la mise en œuvre de méthodes et d’outils appropriés. C’est ce que nous entendons faire à travers cette lettre d’information régulière.

Commençons par des techniques d’experts. Des techniques développées au fil du temps pour définir les meilleures pratiques. Dans ce numéro, nous traiterons de la méthode qui consiste à utiliser des jeux de lames calibrées pour obtenir le jeu approprié dans un roulement.

Dans le prochain numéro, nous verrons pourquoi le jeu est nécessaire dans les roulements. Si chacun a en tête les résultats auxquels il aspire, il est parfois bon de se rafraîchir la mémoire sur les moyens de les obtenir et sur ce qui fait leur importance.

Scott Morris
Directeur du segment
Industrie Papetière, SKF



Méthode de montage des roulements à alésage conique à l'aide de lames calibrées

Dans ce premier numéro de SKF Info Papeteries, je souhaite présenter la méthode de montage de roulements à alésage conique à l'aide de lames calibrées. La raison en est que, bien qu'il s'agisse de la méthode la plus connue et la plus largement diffusée, j'ai pu constater bon nombre d'incompréhensions et de mauvaises pratiques lors de sa mise en œuvre.

Avant de décrire en détails la méthode utilisant des lames calibrées, faisons le point sur les montages à ajustement serré et les autres méthodes de montage.

Ajustements serrés

Les roulements à alésage conique sont toujours montés avec un ajustement serré sur leur portée. Un bon ajustement serré est obtenu par un enfoncement axial du roulement sur sa portée conique.

La première question qui se pose alors est "à quel moment l'ajustement serré correct est-il obtenu?". En effet si l'ajustement n'est pas suffisamment serré, le roulement sera exposé à une corrosion de contact (fig. 1) découlant de micro-déplacements entre les deux surfaces ou à une déformation de la bague sous l'effet de fortes charges. Avec le temps, la bague intérieure finit par devenir "libre" et tourne sur son axe entraînant une usure importante et des phénomènes de grippage. En règle générale, on peut affirmer que plus la charge est élevée, plus l'ajustement doit être serré.

Fig. 1. Bague intérieure d'un roulement à rotule sur rouleaux dont l'alésage a subi une corrosion de contact en raison d'un ajustement insuffisamment serré.



*Philippe Gachet,
ingénieur d'application SKF,
travaille dans l'industrie lourde,
en particulier
l'industrie papetière,
depuis 1990.
Contactez-le à :
philippe.gachet@skf.com*



Cependant, un ajustement trop serré risque de soumettre la bague intérieure à des contraintes élevées qui, combinées à celles générées par la charge appliquée, peuvent diminuer l'endurance du matériau. Il peut également entraîner une rupture de la bague, selon la qualité de l'acier et les traitements thermiques employés, en particulier si la surface des pistes est endommagée.

Qu'est-ce qu'un ajustement serré correct ?

Tout dépend... Je sais que certains détestent ce genre de réponse, mais c'est vrai. Cela dépend de l'application et des conditions de fonctionnement. Le matériau de l'arbre, la charge, la vitesse, le régime de lubrification et la température sont autant de facteurs importants. Et ils ne sont pas les seuls !

Dans son Catalogue Général, SKF fournit des indications générales pour obtenir un ajustement serré correct sur des arbres pleins en acier. Ces recommandations sont basées sur des années d'expérience dans ce domaine, même si elles n'offrent pas toujours un ajustement optimal.

Fig. 2. Le premier CARB™ monté en France à l'usine International Paper Saillat selon la méthode par enfoncement axial SKF. L'auteur est à gauche sur la photo.



Certaines applications de l'industrie papetière exigent des indications plus précises. Les roulements des rouleaux de presse et rouleaux de feutre modernes dont la tension s'est accrue suite à l'augmentation de la vitesse ou au passage à un système d'entraînement en sont quelques exemples.

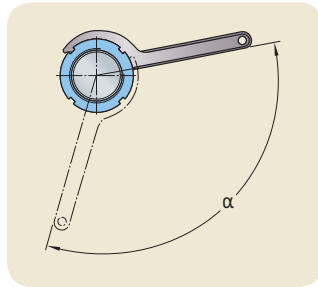


Fig. 3. Méthode de l'angle de serrage de l'écrou

Ces exceptions expliquent l'existence de différences entre les indications générales de SKF et celles données par nos ingénieurs pour une application particulière.

Pour ceux qui souhaitent plus d'informations sur le choix de l'ajustement serré adéquat pour une application spécifique, d'autres explications suivront dans le prochain numéro de cette lettre d'information.

Différentes méthodes de montage

Une fois déterminé, il existe plusieurs méthodes pour réaliser l'ajustement serré adéquat :

1 Mesure de l'enfoncement axial

La principale difficulté consiste à identifier la position de départ lorsque la bague intérieure, après avoir éliminé les aspérités et être entrée en contact avec sa portée, entame sa dilatation radiale. De ce fait, la mesure de l'enfoncement axial est très imprécise si l'on n'adopte pas la méthode d'enfoncement rapide et précise SKF Drive-up. (fig. 2).

2 Mesure de l'angle de serrage de l'écrou de serrage (fig. 3).

Si vous connaissez le filetage de l'écrou et l'angle de serrage, vous connaissez le déplacement axial.

Fig. 5. Calibre SKF 9205.

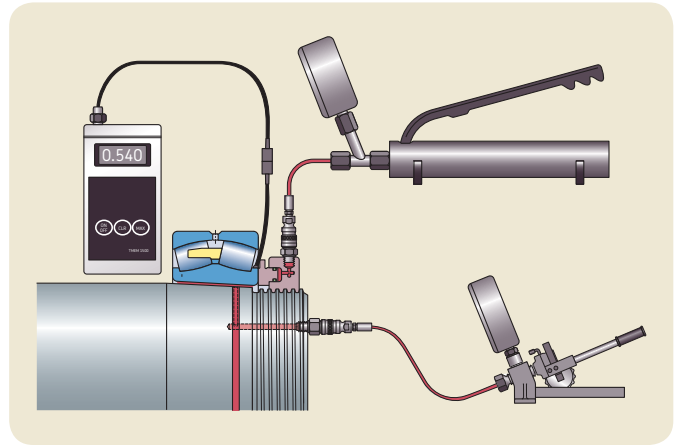
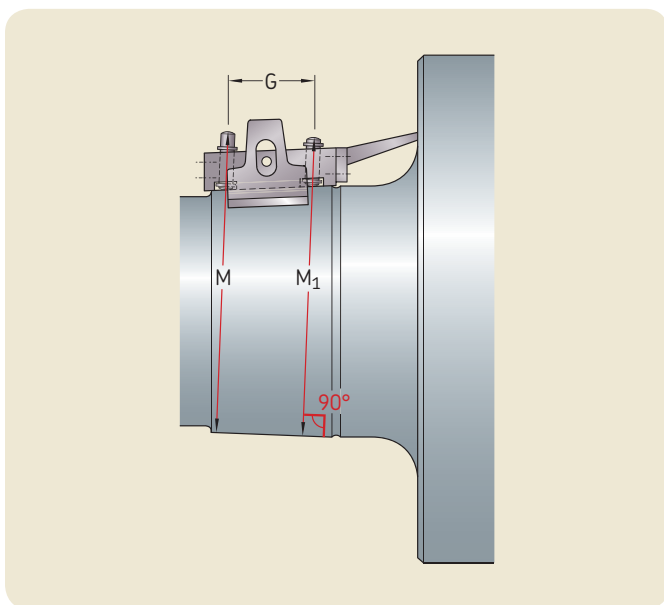


Fig. 4. Méthode SKF SensorMount

3 Mesure de la dilatation de la bague intérieure (fig. 4).

C'est une méthode très courante pour les roulements à rouleaux cylindriques des broches de machines-outils, mais je ne l'avais jamais vue appliquer dans l'industrie des pâtes et papiers, jusqu'à ce que SKF mette au point la méthode SKF SensorMount pour roulements de grande taille, tels que les roulements de cylindre de presse. Cette méthode est basée sur l'utilisation d'un capteur intégré dans la bague intérieure. Elle est très précise et très rapide.

Fig. 6.



4 Mesure des dimensions de la portée conique et de la position du roulement et création d'une entretoise contre laquelle le roulement vient en butée (fig. 5).

Cette méthode n'est valable que pour les roulements à rotule sur rouleaux des séries 240 et 241 autres modèles pour machines à imprimer haute précision parfois utilisés dans les machines de transformation de la ouate.

Cette méthode implique une formation spécifique, en particulier lors de l'utilisation du calibre 9205 SKF. Toutefois, une fois l'entretoise créée, et si la portée du roulement est en bon état, il suffit de pousser simplement le roulement de rechange contre l'entretoise pour obtenir le bon ajustement serré.

5 Mesure de la réduction du jeu à l'aide de lames calibrées.

Cette méthode est décrite ci-après et vous verrez qu'elle n'est ni précise ni rapide.

Dans un futur numéro de SKF Info Papeterie, je reviendrai sur les méthodes de montage SKF Drive-up, SKF SensorMount et celle du calibre 9205.

Avant de monter le roulement, vérifiez la géométrie de l'arbre. Je vous conseille d'utiliser la méthode du bleu de Prusse. Elle est rapide et le plus souvent suffisante si vous ne disposez pas des outils et des informations appropriés. La surface de contact doit être au minimum de 80% (90% pour les portées de roulement neuves).

Pour les roulements lourds nécessitant l'utilisation d'un pont roulant, placez un ressort entre le roulement et le crochet de levage (fig. 6).

Méthode des lames calibrées

Pendant l'enfoncement d'un roulement sur sa portée conique, la bague intérieure se dilate dans le sens radial. Lors de cette dilatation, le jeu à l'intérieur du roulement diminue. Il existe une relation directe entre l'enfoncement et la réduction du jeu.

La méthode des lames calibrées consiste à mesurer la réduction du jeu interne en introduisant une lame calibrée entre les rouleaux et le chemin de roulement. Contrairement à certaines croyances, cette méthode ne permet pas de régler le jeu interne. Elle ajuste la dilatation de la bague pour obtenir l'ajustement serré correct.

L'utilisation d'une lame calibrée n'est pas précise. Elle dépend de l'expérience et de l'appréciation de chacun. Certains considèrent que le jeu est correct quand la lame calibrée est légèrement glissante, d'autres lorsqu'elle est légèrement serrée mais qu'elle peut encore bouger, d'autres encore quand ils ont l'impression qu'ils sont en train de malaxer de la graisse avec la lame. Ceci explique pourquoi deux monteurs expérimentés peuvent obtenir des valeurs différentes en mesurant le même jeu.

Nous mesurons tous avec un certain degré d'erreur.

Essayer d'obtenir la valeur exacte du jeu avec une lame d'épaisseur est une pure perte de temps. Cependant, chaque monteur ayant toujours la même appréciation, avec par conséquent toujours le même degré d'erreur, la valeur de la réduction du jeu (la différence entre deux jeux avec la même erreur) peut être très proche de la réalité.



Fig. 7. Rotation de la bague extérieure avec un tournevis propre.

Règle N°1 : Le jeu interne du roulement et la réduction du jeu pendant le montage doivent être mesurés par la même personne

Outre l'imprécision due à une "appréciation", le jeu entre un rouleau et le chemin de roulement peut varier en fonction de la position du rouleau dans le roulement et de la position des bagues les unes par rapport aux autres.

L'introduction d'une lame calibrée dans le roulement peut, par ailleurs, entraîner le déplacement d'un rouleau. Les mouvements très faibles ont des effets limités. La meilleure solution consiste à maintenir le rouleau avec vos doigts, ou à exercer une légère pression avec un doigt contre le bout du rouleau, en évitant d'utiliser une lame d'épaisseur trop épaisse au départ.

Règle N°2 : Pendant la mesure de la réduction du jeu, les composants du roulement (rouleaux et bagues) ne doivent pas bouger les uns par rapport aux autres.

Les bagues de roulement peuvent facilement se déformer, notamment les grandes bagues de section mince telles que celles des séries 238 et 239 (utilisées sur certains rouleaux de presse à bombé variable et certains paliers de rouleaux aspirants) ou des séries 248 et 249 (moins courantes dans l'industrie du papier). Pour un 239/500 (roulement à alésage de 500 mm), il a été montré qu'il est possible d'introduire, en forçant, une lame trop épaisse d'environ 0,1 mm entre les rouleaux et la bague extérieure.

Règle N°3 : Commencez à mesurer le jeu avec une lame plus fine que le jeu recherché.

Les positions idéales des bagues et rouleaux pendant la mesure, en particulier si c'est le "vrai" jeu qui est recherché, sont leurs positions d'équilibre normal. Pour obtenir ces positions, faites tourner le roulement plusieurs fois.

Il est plus facile, pour éviter le désalignement variable, de faire tourner la bague extérieure que la bague intérieure. Les bagues extérieures de roulements à rotule sur rouleaux désalignés ne sont pas un problème car le chemin de roulement est une sphère. Cependant, la variation du désalignement pendant la rotation entraîne un déplacement axial des rouleaux le long du chemin de

roulement et leur position dans la zone de jeu peut ne pas être celle de l'équilibre.

Auparavant, il était plus aisé de retrouver la position correcte des rouleaux avec les anciens roulements à rotule sur rouleaux asymétriques ou/et avec à épaulement central fixe sur la bague intérieure. Il suffisait de pousser les rouleaux contre l'épaulement. Avec les roulements modernes à rotule sur rouleaux avec bague de guidage flottante, il faut d'abord faire tourner le roulement. Ensuite, si un rouleau bouge pendant la mesure, repoussez-le délicatement contre la bague de guidage flottante mais sans forcer ! La bague de guidage ne doit pas bouger.

Règle numéro 4 : Déterminez la position d'équilibre en faisant tourner la bague extérieure (si possible).

Conseil : montez le roulement sur l'arbre et faites tourner la bague extérieure. Pour les roulements lourds, de grande taille, introduisez une tige propre dans les orifices de lubrification de la bague extérieure. Vous pourrez ainsi faire tourner la bague plus facilement. Sur la Fig. 7, un de mes collègues utilise un tournevis propre pour faire tourner la bague extérieure.

Le roulement à rouleaux toroïdaux CARB™ est un roulement compliqué car son jeu change dès qu'une bague bouge par rapport à l'autre suite à un désalignement ou à un déplacement axial ou dès que les rouleaux se déplacent axialement. C'est pourquoi nous conseillons l'utilisation de la méthode des lames calibrées lors du montage de roulements à rouleaux toroïdaux CARB™ que si les monteurs sont correctement formés et très expérimentés.

Les mécaniciens et les techniciens qui savent comment fonctionnent les roulements à rotule sur rouleaux et les roulements à rouleaux toroïdaux CARB™ sont en mesure de remettre les composants du roulement en place pour conserver la réduction du jeu en cas de déplacement imprévu.

La mesure du jeu radial interne n'est pas toujours nécessaire. Elle le devient lorsque le jeu radial résiduel après montage est inférieur aux valeurs admissibles indiquées dans le Catalogue général SKF.

Quelle valeur du jeu minimal est admissible ?

Pendant le fonctionnement, la différence de température des bagues du roulement entraîne une diminution du jeu interne. Les roulements peuvent fonctionner sans jeu ou sous une faible précharge pour allonger leur durée à la fatigue, mais le jeu doit alors être réglé très précisément et les conditions de fonctionnement être parfaitement connues. Il est préférable, en général, de conserver un jeu résiduel minimum pour éviter le risque d'une précharge excessive si la méthode de montage adoptée est insuffisamment précise.

Notez que le choix de l'ajustement serré correct dépend de l'application et des conditions de fonctionnement. Théoriquement, la réduction du jeu ne doit pas dépendre du jeu initial ni de la valeur du jeu résiduel admissible. Elle doit, en revanche, se baser sur les conditions de fonctionnement et de l'ajustement serré nécessaire.

La classe de jeu radial du roulement doit être sélectionnée de sorte à obtenir le jeu radial de fonctionnement (ou précharge) correct.

Si aucune information n'est disponible sur les conditions de fonctionnement ou si personne n'est en mesure de confirmer que le jeu radial résiduel après le montage est suffisant, il est préférable de conserver un jeu radial supérieur au minimum préconisé par SKF.

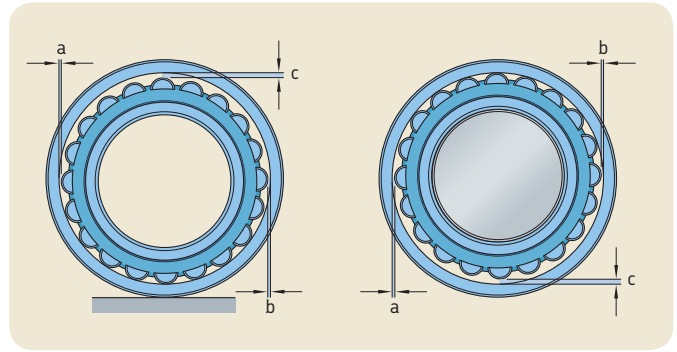


Fig. 8.

Cependant, certains tendent à se focaliser un peu trop sur la valeur du jeu minimal admissible. Peut-être devrait-on l'ignorer ?

Il convient de souligner que la valeur de jeu minimal admissible n'est pas celle que vous devez obtenir. Si vous souhaitez obtenir ce jeu, vous devrez enfoncer le roulement bien plus à fond que ce qui est recommandé. Il peut correspondre, par exemple, au double de l'enfoncement maximum recommandé pour les roulements à jeu de la classe C5. Il génère d'énormes contraintes sur la bague intérieure.

Règle numéro 5 : La valeur de jeu minimal admissible n'est pas la valeur de jeu que vous devez obtenir. Il s'agit d'une valeur minimale donnée à titre de recommandation.

Pour le montage d'un roulement à rotule sur rouleaux sur un cylindre sécheur, je ne perds pas de temps à essayer de déterminer le jeu radial réel. Je recherche une réduction du jeu comprise dans la moitié inférieure de la plage recommandée, car en raison de la charge "légère" considérée, je n'ai pas besoin d'un ajustement très serré. De plus, s'agissant d'une classe de jeu C4, le jeu radial résiduel après montage ne sera pas inférieur au minimum admissible. L'essentiel est d'obtenir la bonne réduction du jeu.

Dans tous les cas, si vous observez attentivement les recommandations de SKF, vous constaterez que le jeu minimal pour un roulement C4 moins la réduction de jeu maximale recommandée est toujours égal au jeu minimal admissible. Cela signifie que pour un roulement à rotule sur rouleaux de classe de jeu C4 ou C5, tant que la réduction du jeu est comprise dans la plage recommandée, le jeu résiduel après montage sera toujours supérieur au jeu minimal admissible. Si c'est votre cas, ne perdez donc pas votre temps à essayer de déterminer le jeu réel.

Règle numéro 6 : Pour les roulements à rotule sur rouleaux des classes de jeu C4 et C5, vous devez obtenir c'est une réduction du jeu précise.

Ne vous préoccupez pas du jeu exact.

Si vous vous questionnez sur l'idée que le jeu résiduel après montage puisse être inférieur au minimum admissible, mieux vaut prendre le temps de trouver le jeu exact du roulement non monté.

Recherche du jeu exact

Pour pouvoir mesurer le jeu exact, les rouleaux du roulement doivent être en position d'équilibre normal. Ceci dit, les bagues extérieure et intérieure ne doivent pas forcément être parfaitement concentriques si le roulement est de type à rotule sur rouleaux.

Une des plus grosses contraintes est la flexibilité du roulement. Il se déforme sous son propre poids. Cela signifie que le jeu mesuré à la position 12 heures sur un roulement posé sur le sol de l'atelier est plus petit que le jeu mesuré à la position 6 heures sur ce même roulement suspendu à une sangle ou monté sans serrage sur un arbre. Plus la section du roulement est petite et le roulement grand, plus la déflexion et l'écart entre le jeu réel et le jeu mesuré sont grands.

Pour approcher le jeu réel, mesurez le jeu à la position 12 heures (c) du roulement posé sur le sol, ou à la position 6 heures du roulement monté sur un arbre sans serrage. Mesurez ensuite simultanément le jeu aux positions 3 heures (b) et 9 heures (a) (fig. 8).

La meilleure estimation du jeu réel est égale à : $(a+b+c)/2$.

Si les bagues étaient parfaitement rondes, on aurait $a=b=c/2$. C'est pourquoi la formule est $(a+b+c)/2$ et non $(a+b+c)/3$.

Règle numéro 7 : $\text{Jeu} = (a+b+c)/2$

Certains tentent d'introduire de longues lames calibrées au-dessus de deux rouleaux, un par rangée du roulement à rotule sur rouleaux. J'utilise seulement cette approche dans le cas où je n'ai pas d'accès à une des rangées. Je vous conseille de mesurer une rangée après l'autre. Si je ne trouve pas à peu près le même jeu, je fais tourner la bague extérieure et j'effectue de nouvelles mesures.

Valeur de réduction du jeu

Le Catalogue général SKF n'indique pas de valeur de réduction du jeu mais des plages de valeurs.

Exemple : Roulement 23040 CCK/W33. Ce roulement a un alésage de 200 mm de diamètre.

Selon le **tableau 1, page 7**, la réduction de jeu recommandée se situe entre 0,090 et 0,130 mm pour obtenir un ajustement suffisamment serré dans des applications générales.

Question : la réduction doit-elle être proche de la valeur minimale de l'intervalle (0,090) ou proche de la valeur maximale (0,130) ?

Tout dépend des conditions de fonctionnement. Si vous ne connaissez pas les conditions de fonctionnement, mon conseil est de viser légèrement au-dessus du milieu de la plage de valeurs (0,110 - 0,120 mm) en respectant rigoureusement le jeu minimal admissible.

Règle numéro 8 : Le tableau 1 doit être considéré comme un ensemble d'indications qui peuvent être suivies en fonction des conditions de fonctionnement connues et de l'expérience du monteur.

La plage de réduction du jeu est valable quelque soit la classe de jeu du roulement (normal, C3, C4 etc.). La classe de jeu d'un roulement est choisie en fonction des conditions de fonctionnement et d'un ajustement serré approprié. L'ajustement serré n'est pas choisi en fonction de la classe de jeu.

Certains croient que le jeu doit être réduit de la moitié du jeu réel. C'est faux. Cela risque d'entraîner un enfoncement excessif, ce qui expose ensuite la bague intérieure à des contraintes excessives.

Règle numéro 9 : La plage de réduction du jeu est valable quelque soit la classe de jeu du roulement. Elle peut être modifiée pour garantir que le jeu résiduel après montage ne sera pas inférieur au jeu minimal admissible.

Cela signifie que dans notre exemple du 23040 CCK/W33, le 23040 CCK/C3W33 et le 23040 CCK/C4W33 seront montés avec la même plage de réduction du jeu (0,090 à 0,130 mm), sauf si les conditions de fonctionnement nous contraignent à une valeur de jeu résiduel supérieure au jeu minimal admissible.

Jeu minimal admissible, selon le **tableau 1**, pour :

| | |
|---------------------------------------|----------|
| 23040 CCK/W33 (Classe de jeu normale) | 0,070 mm |
| 23040 CCK/C3W33 (Classe C3) | 0,100 mm |
| 23040 CCK/C4W33 (Classe C4) | 0,160 mm |

Vous remarquerez que nous ne tenons pas vraiment compte de la valeur minimale de la classe C4 ou C5.

Poursuivons l'exemple du 23040 CCK/W33 pour montrer comment le jeu minimal admissible peut influencer la réduction du jeu.

Si le roulement a un jeu réel de 0,210 mm, le jeu radial résiduel après enfoncement sera compris entre :

$$0,210 - 0,130 = 0,080 \text{ mm et } 0,210 - 0,090 = 0,120 \text{ mm}$$

La valeur minimale du jeu résiduel calculée est 0,080 mm, c'est-à-dire au-dessus de 0,070 mm (le minimum admissible). Dans ce cas, la plage de réduction du jeu reste entre 0,090 et 0,130 mm.

Mais si le roulement a un jeu réel de 0,170 mm, le jeu radial résiduel après enfoncement sera compris entre :

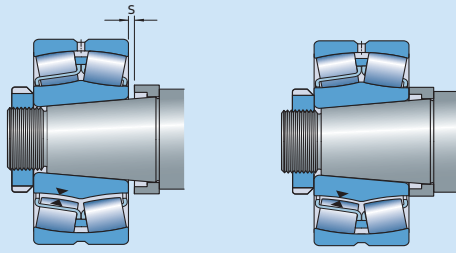
$$0,170 - 0,130 = 0,040 \text{ mm et } 0,170 - 0,090 = 0,080 \text{ mm}$$

Malheureusement, la valeur minimale du jeu résiduel calculée est 0,040 mm, c'est-à-dire inférieure à 0,070 mm (le minimum admissible). Dans ce cas, la plage de réduction du jeu doit être modifiée et réduite pour être comprise entre 0,090 et 0,100 mm ($170 - 70 = 100$). Le jeu résiduel après enfoncement sera alors compris dans une plage de calcul plus petite, de 0,070 à 0,080 mm. Maintenant que la plage de réduction du jeu est connue, il est temps de monter le roulement.

Vous ne devez plus vous préoccuper de la valeur du jeu réel. L'important désormais est d'obtenir la réduction du jeu correcte. Pour le roulement 23040 CCK/W33, le jeu réel est de 0,170 mm et la réduction du jeu comprise entre 0,090 et 0,100 mm. Le fait est qu'une fois que le roulement est sur l'arbre, si le monteur mesure 0,160 mm ou 0,180 mm au-dessus d'un rouleau après avoir fait tourné le roulement pour placer les rouleaux en position d'équilibre, ce n'est pas un problème.

Si le monteur mesure 0,160 mm, le jeu résiduel doit être compris entre :

$$0,160 - 0,100 = 0,060 \text{ mm et } 0,160 - 0,090 = 0,070 \text{ mm}$$



| Bore diameter | | Reduction of radial internal clearance | | Axial drive-up ¹⁾ | | | | Residual ²⁾ radial clearance after mounting bearings with initial clearance | | | Lock nut tightening angle |
|---------------|--------------|--|------------|------------------------------|------------|-------------------|------------|--|-----------|-----------|---------------------------|
| <i>d</i> | | | | <i>s</i> | | | | | | | |
| <i>over</i> | <i>incl.</i> | <i>min</i> | <i>max</i> | <i>Taper 1:12</i> | <i>max</i> | <i>Taper 1:30</i> | <i>max</i> | <i>Normal</i> | <i>C3</i> | <i>C4</i> | <i>a</i> |
| <i>mm</i> | | <i>mm</i> | | <i>mm</i> | | | | <i>mm</i> | | | <i>degrees</i> |
| 24 | 30 | 0,015 | 0,020 | 0,3 | 0,35 | – | – | 0,015 | 0,020 | 0,035 | 110 |
| 30 | 40 | 0,020 | 0,025 | 0,35 | 0,4 | – | – | 0,015 | 0,025 | 0,040 | 120 |
| 40 | 50 | 0,025 | 0,030 | 0,4 | 0,45 | – | – | 0,020 | 0,030 | 0,050 | 130 |
| 50 | 65 | 0,030 | 0,040 | 0,45 | 0,6 | 3 | 4 | 0,025 | 0,035 | 0,055 | 110 |
| 65 | 80 | 0,040 | 0,050 | 0,6 | 0,7 | 3,2 | 4,2 | 0,025 | 0,040 | 0,070 | 130 |
| 80 | 100 | 0,045 | 0,060 | 0,7 | 0,9 | 1,7 | 2,2 | 0,035 | 0,050 | 0,080 | 150 |
| 100 | 120 | 0,050 | 0,070 | 0,75 | 1,1 | 1,9 | 2,7 | 0,050 | 0,065 | 0,100 | – |
| 120 | 140 | 0,065 | 0,090 | 1,1 | 1,4 | 2,7 | 3,5 | 0,055 | 0,080 | 0,110 | – |
| 140 | 160 | 0,075 | 0,100 | 1,2 | 1,6 | 3 | 4 | 0,055 | 0,090 | 0,130 | – |
| 160 | 180 | 0,080 | 0,110 | 1,3 | 1,7 | 3,2 | 4,2 | 0,060 | 0,100 | 0,150 | – |
| 180 | 200 | 0,090 | 0,130 | 1,4 | 2 | 3,5 | 5 | 0,070 | 0,100 | 0,160 | – |
| 200 | 225 | 0,100 | 0,140 | 1,6 | 2,2 | 4 | 5,5 | 0,080 | 0,120 | 0,180 | – |
| 225 | 250 | 0,110 | 0,150 | 1,7 | 2,4 | 4,2 | 6 | 0,090 | 0,130 | 0,200 | – |
| 250 | 280 | 0,120 | 0,170 | 1,9 | 2,7 | 4,7 | 6,7 | 0,100 | 0,140 | 0,220 | – |
| 280 | 315 | 0,130 | 0,190 | 2 | 3 | 5 | 7,5 | 0,110 | 0,150 | 0,240 | – |
| 315 | 355 | 0,150 | 0,210 | 2,4 | 3,3 | 6 | 8,2 | 0,120 | 0,170 | 0,260 | – |
| 355 | 400 | 0,170 | 0,230 | 2,6 | 3,6 | 6,5 | 9 | 0,130 | 0,190 | 0,290 | – |
| 400 | 450 | 0,200 | 0,260 | 3,1 | 4 | 7,7 | 10 | 0,130 | 0,200 | 0,310 | – |
| 450 | 500 | 0,210 | 0,280 | 3,3 | 4,4 | 8,2 | 11 | 0,160 | 0,230 | 0,350 | – |
| 500 | 560 | 0,240 | 0,320 | 3,7 | 5 | 9,2 | 12,5 | 0,170 | 0,250 | 0,360 | – |
| 560 | 630 | 0,260 | 0,350 | 4 | 5,4 | 10 | 13,5 | 0,200 | 0,290 | 0,410 | – |
| 630 | 710 | 0,300 | 0,400 | 4,6 | 6,2 | 11,5 | 15,5 | 0,210 | 0,310 | 0,450 | – |
| 710 | 800 | 0,340 | 0,450 | 5,3 | 7 | 13,3 | 17,5 | 0,230 | 0,350 | 0,510 | – |
| 800 | 900 | 0,370 | 0,500 | 5,7 | 7,8 | 14,3 | 19,5 | 0,270 | 0,390 | 0,570 | – |
| 900 | 1 000 | 0,410 | 0,550 | 6,3 | 8,5 | 15,8 | 21 | 0,300 | 0,430 | 0,640 | – |
| 1 000 | 1 120 | 0,450 | 0,600 | 6,8 | 9 | 17 | 23 | 0,320 | 0,480 | 0,700 | – |
| 1 120 | 1 250 | 0,490 | 0,650 | 7,4 | 9,8 | 18,5 | 25 | 0,340 | 0,540 | 0,770 | – |
| 1 250 | 1 400 | 0,550 | 0,720 | 8,3 | 10,8 | 21 | 27 | 0,360 | 0,590 | 0,840 | – |
| 1 400 | 1 600 | 0,600 | 0,800 | 9,1 | 11,9 | 22,7 | 29,8 | 0,400 | 0,650 | 0,920 | – |
| 1 600 | 1 800 | 0,670 | 0,900 | 10,2 | 13,4 | 25,4 | 33,6 | 0,440 | 0,720 | 1,020 | – |

¹⁾ Valid only for solid steel shafts and general application. Not valid for the SKF Drive-up Method

²⁾ The residual clearance must be checked in cases where the initial radial internal clearance is in the lower half of the tolerance range, and where large temperature differentials between the bearing rings can arise in operation

Table 1. Valeurs recommandées pour la réduction du jeu radial interne, l'enfoncement axial et l'angle de serrage de l'écrou de serrage. Tableau 6, page 711, Catalogue Général SKF 6000/1

Si un autre monteur mesure 0,180 mm, le jeu résiduel doit être compris entre :

$$0,180 - 0,100 = 0,080 \text{ mm et } 0,180 - 0,090 = 0,090 \text{ mm.}$$

Ces deux monteurs ont obtenu la même réduction du jeu et donc un même enfoncement donnant le même ajustement serré pour un même roulement.

Règle numéro 10 : Les règles numéro 1 et 2 sont très importantes.

Règle numéro 11 : Pendant le montage, le jeu réel du roulement n'est pas important, c'est la réduction du jeu calculée ou sélectionnée qui l'est.

A noter

Plus la plage de réduction du jeu est étroite, plus l'enfoncement du roulement sur sa portée conique doit être lent pour éviter de dépasser la valeur maximale de la plage de réduction du jeu.

Pour éviter un enfoncement excessif et les à-coups pendant le montage du roulement, risquant d'entraîner un dépassement de la valeur maximale de réduction du jeu, lubrifiez les surfaces de glissement. La surface de glissement est la surface de contact entre le roulement et sa portée. Si le roulement est monté sur un manchon de serrage ou un manchon de desserrage, il peut y avoir une seconde surface de glissement entre le manchon et l'arbre si le manchon se déplace le long de l'arbre pendant l'enfoncement.

Règle numéro 12 : Lubrifiez les surfaces de glissement.

Pour les petits roulements montés avec une rondelle-frein, n'enfonchez pas le roulement en serrant l'écrou de serrage avec la rondelle-frein en place. Le frottement de l'écrou de serrage contre la rondelle-frein risque de forcer cette dernière en rotation et de l'endommager. La languette de frein dans la rainure de l'arbre risque d'être tordue, voir arrachée, et ne plus freiner l'écrou.

Règle numéro 13 : N'enfonchez pas le roulement avec la rondelle-frein entre l'écrou de serrage et le roulement.

Lorsque l'enfoncement est terminé, ne dévissez pas l'écrou de serrage ou, ne relâchez pas la pression hydraulique dans l'écrou trop rapidement. L'huile en excès doit s'évacuer des surfaces de contact. En cas contraire, le roulement peut se déplacer axialement le long du cône. En fonction de la taille du roulement, laissez le montage reposer pendant 10 à 20 minutes.

Règle numéro 14 : Une fois que la réduction du jeu a été appliquée, faites une pause café.

Si vous utilisez une lame calibrée trop épaisse, il sera difficile de lui faire épouser la courbure des chemins de roulement et des rouleaux. La précision de la mesure du jeu sera moins bonne. Il est préférable d'utiliser deux lames plus fines pour effectuer la mesure.

Ainsi, utilisez plutôt une lame de 0,300 mm et une lame de 0,200 mm plutôt qu'une seule de 0,500 mm

Contrôle de l'usure du roulement avec une lame calibrée.

Le contrôle de l'usure d'un roulement avec une lame calibrée est déconseillé.

- 1 Vous devez mesurer le jeu du roulement dans les mêmes conditions de charge (sens, intensité).
Sous charge, le roulement se déforme et le jeu augmente. Il est donc utile de comparer le jeu résiduel du roulement juste après l'enfoncement (sans charge) et le jeu du roulement soumis à la charge de la machine.
- 2 En raison de la dilatation thermique et/ou de la charge axiale, la bague extérieure peut ne pas se trouver dans la même position dans le logement, et la bague intérieure peut ne pas se trouver dans la même position par rapport à la bague extérieure d'une mesure à l'autre. Si le jeu des deux rangées de rouleaux n'est pas mesuré, de grands écarts peuvent être relevés.
- 3 Certains écaillages et/ou indentations sont trop faibles pour augmenter le jeu mais le roulement est endommagé.
- 4 Vous ne pouvez pas comparer avec précision des mesures effectuées avec des lames calibrées par deux personnes différentes.

Conclusion

La méthode des lames calibrées pour le montage de roulements à alésage conique est une vieille méthode dont la précision a été démontrée pour de nombreuses applications. Cette méthode repose principalement sur l'expérience du mécanicien et son appréciation. Elle a cependant trop souvent été transmise oralement d'une personne à l'autre, ce qui augmente les risques de mauvaises pratiques.

Essayer de déterminer le jeu sans déplacer les rouleaux avec des lames calibrées est une pratique maintenant obsolète. Utilisez la méthode d'enfoncement SKF Drive-up ou la méthode SKF SensorMount..

L'histoire de la panne d'un roulement de classeur vibrant

Sam, responsable de la maintenance, débute la première de ses tournées quotidiennes d'inspection de son usine, une usine de cinq machines de pâte kraft intégrée. Il se dirige d'abord vers la zone de la pâte écrue se rappelant que, la nuit d'avant, une demande d'intervention avait exigé le remplacement des roulements du classeur vibrant des rejets d'épurateur. Il voulait en savoir plus sur les circonstances exactes avant la réunion du matin, prévue à 9h00. La meilleure solution pour être fixé était de se rendre sur place et d'interroger Marvin.

Marvin est le mécanicien d'entretien de base (BCM). Chaque zone d'exploitation de l'usine a un mécanicien à temps plein chargé de la surveillance des équipements et, lorsque c'est possible, de l'amélioration des performances par le réglage (débit d'eau du fouloir de presse-étoupe, serrage du presse-étoupe, en changeant les filtres des systèmes de ventilation, etc.) Marvin connaît chacune des pièces des équipements assignés à sa zone mieux que quiconque dans l'usine et il y en a beaucoup d'autres comme lui dans chacune des autres zones.

"Bonjour Marvin" dit Sam en s'approchant de Marvin près de l'élévateur de pâte écrue. "J'ai entendu dire que tu as eu un problème cette nuit."

"C'est exact." répondit Marvin.

"Alors, dis-moi, que s'est-il passé ?" rétorqua Sam

"Le roulement du crible vibrant des rejets de l'épurateur a encore lâché" répondit Marvin.

En réalité, le dispositif était constitué d'un convoyeur vibrant à plaques perforées chargé de transporter les nœuds, les amas de fibre qui ne passent pas à travers les perforations, vers un réservoir en vue d'un futur traitement de raffinage ou d'élimination. Le flot de pâte écrue arrivant en tête du crible était la ligne de rejets provenant de l'épurateur. Des pertes de fibres étaient signalées tous les jours et gérées par les différents responsables d'exploitation. Cet incident serait rapporté au cours de la réunion du matin.

"Alors, Marvin, as-tu une idée de ce qui est à l'origine de ces défaillances ?"

"Je sais très bien ce qui est à l'origine des défaillances." Marvin était le genre de personnes qui, quand elles répondent à une question, ont deux réponses possibles, la vérité ou le silence.

"Je t'écoute". Sam avait appris comment avoir une conversation avec Marvin sans s'attirer sa colère. Ce n'était pas une leçon facile, mais elle fut rapide.

"Les cages se sont détruites."

"Les cages se sont détruites ?"

Oui."

Pourquoi ?"

"C'est la bonne question."

"Eh bien dis-moi."

"Elles étaient en laiton."

Quoi ?"

"Elles n'étaient pas en acier."

"C'est déjà arrivé."

Oui"

"Je pensais que le nécessaire avait été fait que cela ne se reproduise pas." En effet, quelques années plus tôt, les mêmes roulements ont été endommagés et Marvin réalisa, presque immédiatement que les roulements fournis par le magasin de pièces étaient munis de cages en laiton.

Le laiton est un matériau qui réagit mal en présence de produits caustiques. Il est rongé jusqu'à la corde et peut se désagréger totalement jusqu'à ne plus rien rester.



Roulement à rotule sur rouleaux cage laiton

Roulement CARB™

À l'époque, la solution avait été de spécifier que ces roulements ne devaient pas être fournis avec une cage en laiton, mais uniquement en acier.

"On ne dirait pas."

"Comment ces roulements ont-ils pu être montés ?"

"J'ai fait une demande il y a quelques semaines."

"C'est ce qu'ils avaient en stock ?"

Silence. "D'accord, Marv, je vais vérifier tout cela, merci."

De retour au bureau, Sam se connecta au système informatique de gestion de la maintenance (GMAO), retrouva le crible vibrant dans la hiérarchie et examina les informations disponibles. En majuscules et en caractères gras, une note insérée dans la nomenclature du matériel demandait de n'utiliser que des roulements munis de cages en acier (identifiés par le fabricant).

Sam ouvrit la page d'inventaire du magasin et rechercha les roulements. De récentes transactions faisaient état d'une livraison provenant d'un fournisseur afin de rétablir le niveau de stock adéquat. Sam ouvrit le module d'achat et trouva le bon de commande des roulements à un des fournisseurs locaux d'équipements de transmission de puissance. Aucun fabricant de roulements n'était indiqué en particulier.

Au cours de la réunion de production du matin, le directeur de l'usine explique que les pertes de fibres sont plus importantes que d'habitude parce que les roulements du crible vibrant de l'épurateur sont de nouveau endommagés, by-passant ainsi le réservoir de recyclage des rejets de l'épurateur. Le directeur regarde Sam à la recherche d'une explication.

"Il semble que la mesure que nous avons prise, il y a un an environ, était insuffisante" déclare Sam "Nous avons inscrit une note dans la nomenclature du matériel indiquant que seuls des roulements de la marque X devaient être utilisés parce qu'ils sont munis d'une cage en acier et non en laiton qui, comme vous le savez, se dissout en présence de produits caustiques. Le principe de départ, qui n'a de toute évidence pas été suivi, est que toute personne chargée du remplacement des roulements est tenue de vérifier la nomenclature du matériel dans le système informatique de gestion de la maintenance de sorte à prendre connaissance de cette note avant d'intervenir." L'autre principe de départ, destiné à éviter les erreurs, est que toute demande de remise à niveau des stocks du magasin doit spécifier le fabricant pour que le bon de commande mentionne explicitement cette marque. "Il semble que nous ayons des problèmes de formation, voire un problème culturel... Je m'occuperai de cela personnellement en veillant à ce que ce cas soit saisi dans le programme d'analyse des pertes de temps (Lost Time Analysis) utilisé pour l'analyse des causes de défaillances dans l'usine".

Regardant le directeur de l'usine, Sam ajouta : "Je suis désolé que nos pertes de fibres soient élevées à cause de cette défaillance et j'espère qu'elle n'aura pas d'autres conséquences. Je suis heureux que nous n'ayons pas eu d'arrêt de production, même si cette erreur aurait pu concerner des équipements critiques."
"C'est bien ainsi, Sam," releva le directeur, "faites-nous part de vos avancées."

Sam découvrit que lors des demandes d'intervention, rares sont les mécaniciens qui consultent le système informatique de gestion de la maintenance pour rechercher des informations sur le matériel concerné.

Ils interviennent directement et, comme ici, démontent la grille du crible pour accéder aux roulements, utilisent ce qui reste des roulements pour identifier la référence et se rendent directement au magasin de l'usine pour obtenir des pièces de rechange.

Sam découvrit que s'il y avait bien une note dans la nomenclature du matériel, il n'y avait aucune note correspondante dans la liste des stocks de roulements indiquant un fabricant de prédilection.

Sam détermina que si la technologie (GMAO) devait prendre en charge toutes ces exigences et bien plus, la culture interne et la stratégie de l'entreprise ne s'étaient pas adaptées aux nouveaux processus et technologies.

Comme d'habitude, un suivi était nécessaire et n'a pas été assuré. La leçon est retenue et les actions correctives devront être appliquées.



John Yolton approche de sa 46ème année dans l'industrie papetière. Vétéran chevronné de la fabrication du papier, Yolton a travaillé aux quatre coins du monde et assiste actuellement les industriels du papier dans leurs stratégies d'amélioration de la fiabilité des moyens de production. Vous pouvez le contacter à l'adresse john.yolton@skf.com.

Le saviez-vous ?

La rénovation de roulements une solution économique et performante

Depuis plusieurs décennies, SKF dispose de centres de rénovation spécialisés pour roulements. SKF travaille selon des processus de rénovation extrêmement détaillés, sophistiqués et axés sur l'application. La rénovation est un travail d'équipe qui implique fournisseur et client.

Quels roulements peuvent être rénovés ?

- Les roulements de grandes dimensions coûteux, sophistiqués ou légèrement endommagés (>200 mm)
- Les roulements d'orientation

Avantages

- **Une meilleure disponibilité**

Un délai nettement plus court par rapport au roulement neuf.

- **Une économie sensible**

De 30 à 50% d'économies par rapport au prix du roulement neuf

- **Un engagement de performance**

Une rénovation effectuée selon les normes ISO et les standards de reconditionnement SKF.

- **Le respect de l'environnement**

Économies de matières premières et d'énergie.

- **Augmentation de la fiabilité de la machine**

L'expertise préalable à la rénovation permet de détecter d'éventuels problèmes (lubrification, conception, montage, étanchéité...) et de proposer des solutions et actions correctives

- **Une coopération plus étroite**

Processus de réparation optimal orienté application/client

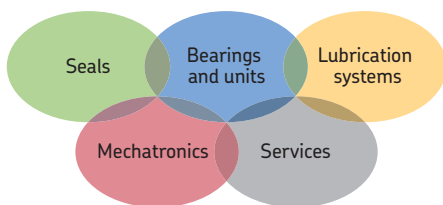


Avant rénovation



Après rénovation





The Power of Knowledge Engineering

En s'appuyant sur cinq domaines de compétences et sur une connaissance des applications accumulée depuis plus d'un siècle, SKF apporte des solutions innovantes aux fabricants d'équipements d'origine et aux installations de production dans tous les principaux secteurs industriels à travers le monde.

Ces cinq domaines de compétences sont les roulements et ensembles-roulements, les solutions d'étanchéité, les systèmes de lubrification, les composants mécatroniques (alliance de la mécanique et de l'électronique au sein de systèmes intelligents), ainsi qu'une vaste gamme de services, tels que la modélisation 3D assistée par ordinateur, les systèmes avancés de maintenance conditionnelle, et les systèmes de gestion et de fiabilité des équipements de production.

Grâce à la présence mondiale de SKF, les clients bénéficient de normes de qualité uniformes et de produits disponibles partout dans le monde.

SKF Segment Industrie Papetière
Contact/Directeur de la publication
philippe.gachet@skf.com

© SKF, CARB™ et SensorMount sont des marques déposées du Groupe SKF.

© SKF Group 2011

Le contenu de cette publication est soumis au copyright de l'éditeur et sa reproduction, même partielle, est interdite sans autorisation écrite préalable. Le plus grand soin a été apporté à l'exactitude des informations données dans cette publication mais SKF décline toute responsabilité pour les pertes ou dommages directs ou indirects découlant de l'utilisation du contenu du présent document.

PUB 72/S9 11147 FR · Décembre 2011

