

SKF Info Papeterie

Magazine dédié à l'industrie papetière | N° 11 | Mai 2017



Bague intérieure du roulement utilisée pour contrôler la géométrie des arbres. Nous vous confirmons qu'il ne s'agit pas d'un roulement SKF en raison de l'épaulement central. Les roulements à rotule sur rouleaux SKF sont équipés d'une bague de guidage flottante.

Gare aux conclusions hâtives

Vous vous souvenez peut-être de la photographie sur laquelle on voyait un technicien contrôler la géométrie d'un tourillon à l'aide de bleu de Prusse et d'une bague intérieure de roulement à rotule sur rouleaux. Un certain nombre de lecteurs m'ont contacté pour souligner le manque de précision de la méthode.

En fait, la photographie ne rendait pas parfaitement compte de la réalité. La zone de charge sur la piste de la bague intérieure n'était pas constante. Cela est anormal pour une bague intérieure de roulement montée sur un tourillon de cylindre sécheur.

S'agissait-il d'un problème de qualité de la bague intérieure ?

D'un problème de qualité de l'arbre ?

D'un tout autre problème ?

Dans le prochain numéro, je vous expliquerai de quelle manière nous avons identifié le véritable problème à l'aide du bleu de Prusse.

En attendant, revenons au présent numéro du SKF Info Papeterie qui se penche sur l'augmentation de la vitesse des machines à papier du point de vue des roulements. Les ingénieurs SKF sont fréquemment interrogés sur ce sujet car de nombreux clients sont amenés à faire tourner leurs machines au-delà de leurs vitesses nominales.

Pour répondre à ces interrogations, vous trouverez dans ce numéro des recommandations sur les aspects à prendre en compte lorsque vous travaillez avec un fabricant de roulements sur un projet d'augmentation de la vitesse d'une machine.

Cordialement,
Philippe Gachet
Consultant technique senior
philippe.gachet@skf.com



Augmenter la vitesse des machines à papier

Comme vous le savez, les machines à papier sont conçues pour une vitesse nominale spécifique, or les vitesses nominales ont nettement augmenté au fil des ans.

En 1964, année de publication du premier guide relatif aux roulements SKF destinés aux machines à papier, la vitesse de rotation de la plupart des machines était inférieure à 500 m/min. Quelques machines à papier d'hygiène et à papier journal étaient conçues pour des vitesses de 900 m/min ou plus, mais aucune machine n'avait encore franchi la barre des 1 000 m/min.

Aujourd'hui, les vitesses sont deux fois plus élevées sur certaines machines conçues pour dépasser les 2 000 m/min et les anciennes machines doivent souvent tourner à des vitesses nettement supérieures à leur vitesse nominale.

Je suis sollicité plusieurs fois par an pour des conseils concernant une augmentation de la vitesse d'une machine. Par le passé, il n'était pas rare qu'on nous montre une vieille machine à papier en nous demandant s'il était possible de la faire tourner plus vite.

Je me souviens qu'un jour, il m'a été demandé d'étudier, sous une semaine, les possibilités d'augmentation de la vitesse d'une machine en me fournissant pour seules informations la vitesse de la machine et une liste de roulements (sans aucune précision sur le diamètre des cylindres).

Après 25 années au service de l'industrie papetière, j'en suis arrivé à la conclusion suivante :

- tout le monde a tendance à se concentrer sur la vitesse de rotation des roulements. Les clients semblent se focaliser sur les éventuels problèmes que des forces centrifuges additionnelles pourraient engendrer en exerçant des contraintes mécaniques supplémentaires sur les composants des roulements.
- Il existe une telle variété de machines à papier, configurées de différentes manières, et parfois modifiées, qu'il est impossible de fournir des conseils pertinents sur les augmentations de vitesse sans une certaine analyse. Les conditions de service de chaque roulement doivent être vérifiées.

Une étude, en trois phases, doit être menée :

- 1 Recueillir des informations techniques et estimer le nombre d'heures d'ingénierie nécessaires.
- 2 Savoir si la vitesse de la machine peut ou non être augmentée sans modification. La durée de cette phase peut être extrêmement variable. En effet, pour certaines machines, 8 heures peuvent être suffisantes, tandis que d'autres nécessiteront plus de 300 heures.
- 3 Étudier de façon détaillée les modifications requises au niveau des paliers, des systèmes de lubrification, etc.

Mon propos dans ce numéro consistera à fournir de plus amples détails et explications à ce sujet.

1. Augmenter la vitesse de la machine induit une modification des conditions de service pour les roulements

L'augmentation de la vitesse d'une machine s'accompagne de nombreux autres changements. Par exemple, la tension de la toile et du feutre augmente également. Dans des cas extrêmes, notamment dans la formation de la feuille, l'augmentation de la tension est telle que les rouleaux fléchissent et qu'une défaillance par rupture de fatigue peut se produire. Il convient de noter cependant qu'une augmentation de la tension de la toile et du feutre n'entraîne pas systématiquement une augmentation des charges sur les roulements. La charge peut également diminuer (→ fig. 1).

Ce cas peut aussi concerner les rouleaux de presse (→ fig. 2).

En cas d'augmentation de la vitesse, le papier passe moins de temps sur la ligne de pressage et le moyen le plus simple de préserver l'égouttage sans modifier la presse consiste à augmenter la charge de pressage. Cette charge s'exercera dans la direction opposée par rapport au poids du rouleau supérieur (rouleau C).

En conséquence, l'augmentation de l'effort réduira la charge exercée sur les roulements qui supportent le rouleau supérieur, si son poids est supérieur à l'effort de pressage.

Les cylindres aspirants peuvent également poser problème. Comme dans le cas des rouleaux de presse, le temps d'aspiration est réduit. L'aspiration doit être régulièrement augmentée pour évacuer la même quantité d'eau. Cette augmentation a bien évidemment des répercussions sur le cylindre aspirant. C'est la position de la caisse aspirante qui détermine si la charge qui s'exerce sur les roulements de support augmente ou diminue (→ fig. 3). Dans le cas des rouleaux de presse aspirante, il convient de tenir compte à la fois de l'effort de pressage et de l'aspiration.

L'augmentation de la vitesse de la machine a également pour effet de réduire le temps que le papier passe dans la sécherie. Mais au lieu d'allonger cette section par l'ajout de cylindres sécheurs, les usines choisissent souvent d'augmenter simplement la température de la vapeur, ce qui peut entraîner des problèmes.

Fig. 1 : La tension plus élevée du feutre entraîne une augmentation des charges exercées sur les roulements du rouleau A mais peut réduire les charges exercées sur les roulements du rouleau B.

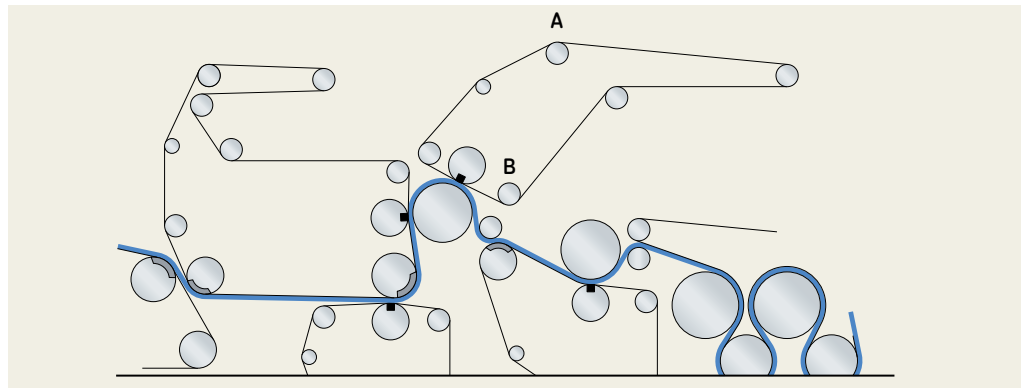


Fig. 2 : Si le poids du rouleau C est supérieur à l'effort de pressage, l'augmentation de cet effort aura pour effet de réduire la charge exercée sur les roulements.

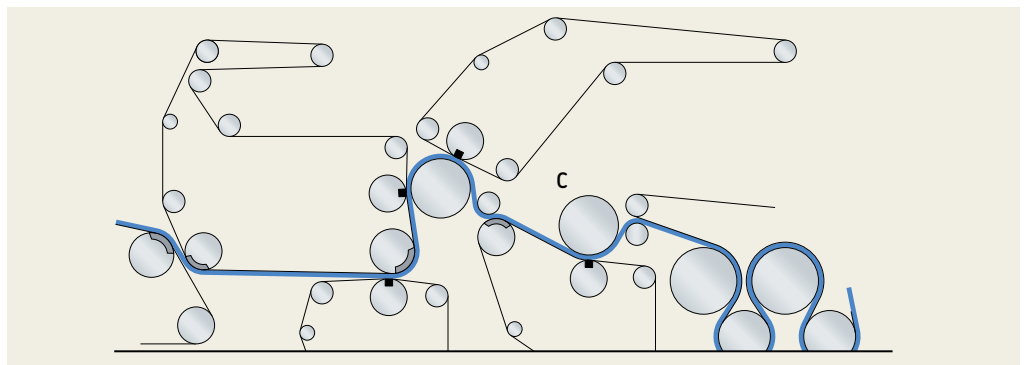
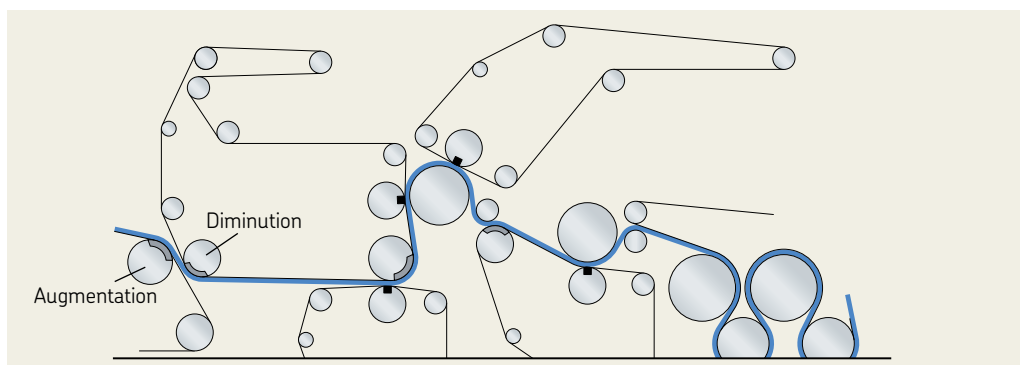


Fig. 3 : L'effort qui s'exerce sur les roulements des cylindres aspirants peut augmenter ou diminuer selon la position de la caisse aspirante.



Je me souviens du cas d'une ancienne machine à papier kraft Beloit. Équipée de cylindres sécheurs aux tourillons non isolés associés à des roulements de jeu C3, elle était conçue pour des températures de vapeur ne dépassant pas les 130 °C.

Dans le cadre d'un projet d'augmentation de la vitesse, j'avais été consulté pour savoir s'il était envisageable de conserver le même débit d'huile pour une température de vapeur s'élevant à 170 °C. C'était possible à condition d'isoler les tourillons et de monter des roulements avec un jeu de classe C4. Le respect des recommandations de lubrification était tout simplement irréalisable sans l'isolation thermique des tourillons. Même un changement d'huile, de ISO VG 220 à ISO VG 460, combiné à l'augmentation du débit d'huile n'aurait pas suffi. Dans tous les cas, une augmentation du débit d'huile impliquait de modifier le système de circulation d'huile et la conception des paliers utilisés.

Finalement, à l'issue de nombreux échanges, le responsable de la maintenance est parvenu à convaincre ses collègues d'ajouter une sécherie provenant d'une autre usine.

Il faut cependant noter qu'il est fréquent que les usines se contentent d'augmenter la température de la vapeur et voient alors la durée de vie des roulements des cylindres sécheurs diminuer.

Les cylindres et rouleaux de machines à papier sont généralement équilibrés pour une vitesse maximale définie lors de la conception initiale. Une augmentation de la vitesse au-delà de la valeur définie engendre des vibrations. Un rééquilibrage en fonction de la nouvelle vitesse est alors nécessaire. Sans cela, des problèmes peuvent apparaître, en particulier dans les sécheries équipées de paliers montés sur couteaux. En effet, les paliers avec couteaux montés côté opposé à l'entraînement n'atténuent pas les vibrations (→ Fig. 4). Le premier symptôme observé sera généralement une augmentation de l'usure des couteaux.

Rénover le palier pour en faire un palier fixe (→ Fig. 5) et remplacer le roulement par un roulement à rouleaux toroïdaux CARB peut suffire à remédier au problème, mais nous recommandons d'équilibrer les cylindres dans tous les cas.



Fig. 4 : Palier monté sur couteaux sur une ancienne machine à papier.



Fig. 5 : La semelle du palier est usinée pour supprimer les couteaux et adapter des pieds sur mesure. Les orifices d'entrée et d'évacuation de l'huile sont également modifiés.

2. Vitesses limites des roulements (roulements à rotule sur rouleaux et roulements à rouleaux toroïdaux CARB sans joint)

Les questions habituellement posées portent sur les vitesses auxquelles les roulements peuvent fonctionner et sur la possibilité ou non pour les roulements existants de supporter des vitesses supérieures. Certains consultent un catalogue en considérant que des roulements peuvent fonctionner jusqu'à la vitesse limite indiquée. C'est une erreur.

En effet, la vitesse limite n'est pas la vitesse maximale. Prenons l'exemple d'un roulement de rouleau de presse 232/500 CAK/C084W33. Il présente un alésage de 500 mm, pèse près d'une tonne et la vitesse limite indiquée est de 500 tr/min. De tels roulements ont été soumis à des vitesses de 960 tr/min sur nos bancs d'essais et auraient pu atteindre des vitesses encore supérieures. Pour des applications à bague extérieure tournante, certains roulements installés sur des rouleaux de presses modernes à bombé variable fonctionnent à des vitesses proches ou supérieures à la vitesse limite. Les rouleaux atteignent alors des vitesses supérieures comparés aux applications à bague intérieure tournante.

Les vitesses limites sont déterminées sur la base de la résistance de la cage, du risque de grippage, des vibrations et de la connaissance du terrain. Les valeurs de vitesse limite fournies dans les tableaux des produits constituent des recommandations pratiques pour des applications générales et restent prudentes pour préserver une certaine marge de sécurité.

Si vous envisagez d'utiliser vos roulements à une vitesse proche ou supérieure à la vitesse limite indiquée, je recommande une portée directe sur l'arbre associée à des tolérances de faux-rond resserrées et une lubrification par circulation d'huile. Un montage sur manchon de serrage et la lubrification à la graisse sont à proscrire.

Quelle est la véritable vitesse limite de fonctionnement ?

Cela dépend de la dissipation de la chaleur induite par le frottement interne du roulement, des valeurs globales de faux-rond et des pièces adjacentes (palier, arbre, manchon, etc.).

À première vue, les équations semblent simples :

- Perte de puissance (W) = $0,105 \times$ frottement total interne du roulement (Nm) \times vitesse de rotation (tr/min)
- Augmentation de la température du roulement ($^{\circ}C$) = perte de puissance (W) / facteur de refroidissement ($W/^{\circ}C$)

Le plus difficile est de calculer le facteur de refroidissement. Il dépend du palier, de l'arbre, de la géométrie et du matériau de la base, de la température ambiante et de la méthode de lubrification. Le catalogue roulements SKF vous aidera à déterminer si votre choix est prudent ou pas. Il vous indique également une autre valeur de vitesse : la vitesse de référence. Il s'agit d'une vitesse maximale assurant la stabilité thermique. Autrement dit la vitesse à laquelle s'établit l'équilibre entre le dégagement de chaleur du roulement et la dissipation de chaleur dans des conditions de température, charge et lubrification spécifiques (cf. norme ISO 15312:2003), comme par exemple une augmentation de $50^{\circ}C$ sur la base d'une température ambiante de $20^{\circ}C$.

Il peut y avoir un grand écart entre les vitesses limite et de référence. Par exemple, un roulement à rotule sur rouleaux 231/750 pesant 1,7 tonne présente une vitesse limite de 430 tr/min et une vitesse de référence de 220 tr/min.

Évidemment, les conditions de service réelles ne correspondent pas toujours à celles décrites dans la norme ISO. Des facteurs de correction sont ainsi utilisés pour la charge et la viscosité du lubrifiant. La multiplication de la vitesse de référence par les facteurs de correction permet d'obtenir une vitesse de référence ajustée. Cette valeur est importante. Elle précise, sans calcul de facteur de refroidissement, qu'en dessous de cette vitesse, le refroidissement sera suffisant pour dissiper la chaleur sans circulation d'huile ou autre système de refroidissement.

Bien entendu, pour effectuer un calcul de température du roulement, il sera nécessaire de calculer le coefficient de refroidissement. Pour le roulement mentionné précédemment, 231/750, monté sur un rouleau de presse, lubrifié avec une huile ISO VG 150 et soumis à une charge radiale de 2 800 kN, la vitesse de référence ajustée sera de 66 tr/min au démarrage (lorsque l'huile et le roulement sont encore froids) et de 94 tr/min une fois les conditions de service stabilisées.

La vitesse de référence ajustée est-elle une vitesse limite ?

La réponse est « non ». Au sein de l'application réelle, le roulement tourne à une vitesse de 280 tr/min grâce à un système de lubrification par circulation d'huile qui dissipe la chaleur dégagée par le roulement. Dans le cas d'une lubrification par bain d'huile, cette vitesse de service, 2 fois plus élevée que la vitesse de référence, serait très risquée car la chaleur dégagée dépasserait la capacité de dissipation. Vous trouverez davantage d'informations aux pages 118 à 128 du catalogue roulements SKF (réf. 10 000). Si l'application est lubrifiée à la graisse, le coefficient de vitesse A doit être calculé. Il permet de se faire une idée de la vitesse périphérique des rouleaux.

Pour les applications avec bague intérieure tournante, l'équation à appliquer est la suivante :

$$A = n \times \frac{d+D}{2}$$

Pour les applications avec bague extérieure tournante, comme les anciens modèles de rouleaux aspirants, l'équation à appliquer pour une estimation approximative est indiquée ci-dessous.

Un calcul plus précis requiert des informations relatives à la géométrie interne du roulement, comme le diamètre et l'angle de contact des rouleaux.

$$A = n \times D$$

n : vitesse de rotation en tr/min

d : diamètre d'alésage du roulement en mm

D : diamètre extérieur du roulement en mm

Le résultat peut être comparé aux valeurs indiquées dans le tableau 5 de la page 257 du catalogue roulements SKF. Il fournit les limites recommandées pour le coefficient de vitesse A dans le cadre d'une lubrification à la graisse. Bien qu'il ne s'agisse pas de limites absolues, je vous recommande vivement de les respecter.

En cas de lubrification manuelle, l'excès de graisse est courant ce qui conduit généralement à un échauffement excessif.

Pour une meilleure compréhension, consultez le schéma (→ fig. 6).

Une vitesse très faible n'est pas une situation facile car les roulements ne tournent pas suffisamment vite pour permettre la formation d'un film lubrifiant entre les rouleaux et les pistes. Dans ce cas, il convient d'utiliser des huiles à viscosité élevée et contenant des additifs anti-usure ou EP. Notez que cette situation peut également se présenter à des vitesses supérieures si la température de service est trop élevée et la viscosité du lubrifiant trop faible. C'est parfois le cas sur des cylindres chauffés dont les tourillons ne sont pas isolés.

Dans le cas d'une lubrification à la graisse avec des vitesses très faibles, il est possible que les roulements n'atteignent pas une température suffisante pour permettre un ressuage du lubrifiant. Soyez vigilants concernant la lubrification des rouleaux de feutre de la partie inférieure de la sécherie avec une graisse haute température. Compte tenu des températures de service propres à cette section, le ressuage de l'huile risque d'être insuffisant. Des vitesses inférieures à la vitesse de référence ajustée ne posent aucune difficulté particulière car les indications fournies dans le catalogue roulements SKF peuvent être utilisées.

Je me souviens d'un client qui m'avait demandé si ses roulements de rouleaux de feutre pouvaient toujours être lubrifiés à la graisse suite à une augmentation de la vitesse. En effet, il était réticent à l'idée d'engager des dépenses supplémentaires pour passer à un système de lubrification à l'huile. À partir des données relatives à la graisse utilisée et à la charge exercée sur les roulements, 5 minutes ont suffi pour effectuer le calcul à l'aide du catalogue SKF. Le résultat a montré que la nouvelle vitesse restait inférieure à la vitesse de référence ajustée et le coefficient de vitesse A respectait la limite recommandée. Ce client a ainsi pu conserver la lubrification à la graisse.

Cependant, il était nécessaire de s'intéresser à la charge minimum. J'expliquerai pourquoi un peu plus loin.

Au-delà de la vitesse de référence ajustée, les choses se compliquent. Vous devez être attentifs aux échanges thermiques. Si le roulement est relubrifié manuellement à la graisse et que la vitesse est supérieure à la vitesse de référence ajustée, un système de lubrification à la graisse centralisée ou par circulation d'huile est indispensable.

Au-dessus d'une certaine vitesse, la lubrification à l'huile devient la seule option possible. Par ailleurs, il peut être nécessaire d'opter pour une classe de jeu supérieure. Le catalogue roulements SKF ne contient pas toutes les informations requises pour prendre cette décision. Vous devez donc prendre conseil auprès d'un ingénieur SKF qui a accès à un logiciel spécialisé.

À proximité et au-dessus de la vitesse de référence, vous devez tenir compte non seulement de la classe de jeu, de la lubrification et de la dissipation de la chaleur, mais aussi des tolérances de faux-rond des roulements et autres éléments tournants comme l'arbre ou le cylindre. Les roulements doivent être montés directement sur des portées cylindriques ou coniques et non sur des manchons de serrage ou de démontage. La portée du roulement doit être usinée avec des tolérances également étroites. En ce qui concerne la circularité et la rectitude, des tolérances supérieures de 2 classes IT par rapport aux tolérances dimensionnelles spécifiées sont recommandées. Il convient de monter des roulements avec des tolérances de faux-rond serrées. Même si les roulements SKF standard présentent un faux-rond inférieur à la classe ISO normale, je recommande souvent d'opter pour des roulements identifiés par un suffixe C08, VQ424 ou VA460 (→ tableau 1).

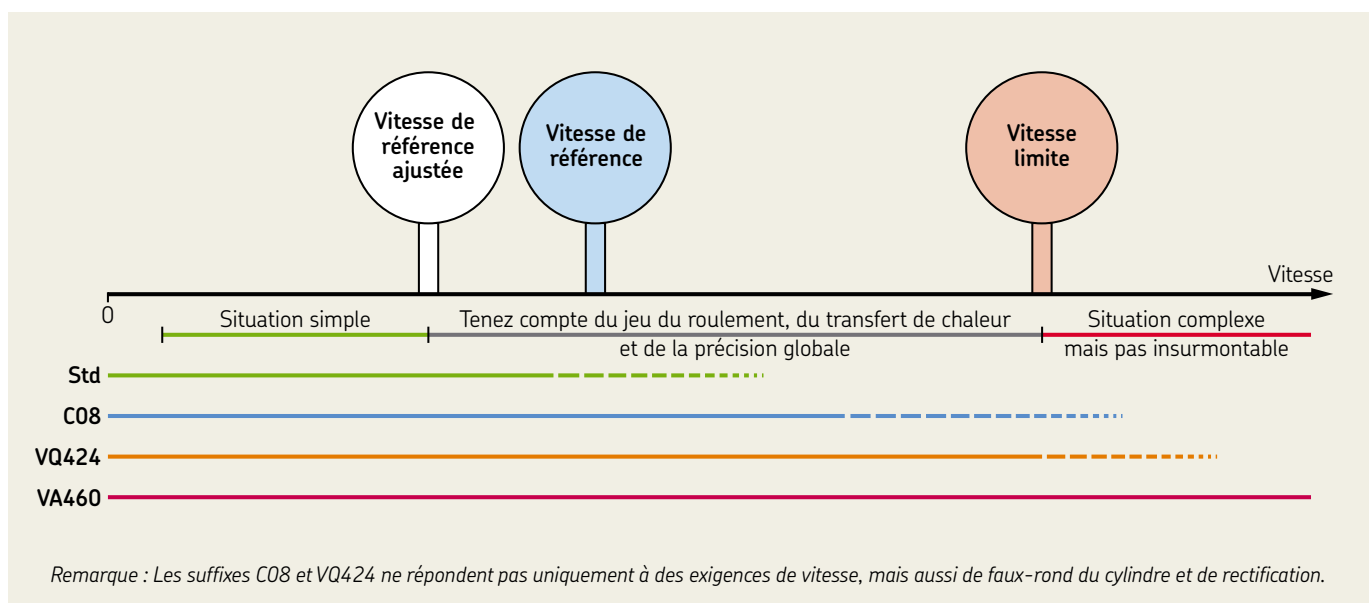


Fig. 6 : Variantes de roulements recommandées selon la vitesse.



Fig. 7 : Rectifieuse de rouleaux équipée du rouleau tournant sur ses roulements principaux.

Ma recommandation dépend de l'application spécifique et de la vitesse, c'est pourquoi il m'arrive de suggérer d'utiliser des roulements SKF standard. Il convient de noter que, dans le cas de roulements lubrifiés à la graisse montés sur manchon de serrage ou de démontage, il peut être nécessaire d'opter pour un roulement lubrifié à l'huile, identifié par un suffixe spécial, et monté directement sur une portée conique neuve.

À la vitesse limite, étant donné que les roulements ne sont pas destinés à fonctionner dans des conditions de laboratoire, je recommande d'utiliser des roulements VQ424 ou VA460 et de contacter un ingénieur d'application SKF.

En conclusion, la limite de vitesse de fonctionnement ne dépend pas des contraintes mécaniques induites par les forces centrifuges, mais principalement de la manière dont la chaleur générée par le frottement interne se dissipe. Cela dit, la classe de jeu interne du roulement et les tolérances de faux-rondeur sont également importantes.

Tableau 1

Roulements C08, VQ424 et VA460

- Le suffixe C08 indique une classe de tolérance de faux-rondeur P5. Le faux-rondeur radial correspond à un quart de la classe ISO normale. N'oubliez pas que pour tous les roulements standard SKF de moins de 320 mm de diamètre d'alésage de la bague inférieure, la tolérance de faux-rondeur est de classe P5, y compris en l'absence de suffixe C08.
- Le suffixe VQ424 indique, outre les caractéristiques correspondant au suffixe C08, des tolérances spéciales sur l'épaisseur de paroi des bagues. La norme ISO porte sur l'écart d'exactitude de rotation maximal admissible, tandis que le préfixe VQ424 porte également sur l'amplitude de l'écart. Il a été mis au point pour Valmet, au début des années 90, pour une rectification plus rapide et plus précise des rouleaux supportés par les roulements (→ fig. 7).
- Le VA460 est un roulement VQ424 modifié pour supporter les effets des forces centrifuges induites par des vitesses très élevées.

3. Autres difficultés relatives à l'augmentation de la vitesse

D'autres aspects importants sont à prendre en compte lorsque l'on augmente la vitesse d'une machine. Imaginons, par exemple, que les conditions de service, comme les charges exercées sur les roulements, ne varient pas.

Plus la vitesse est élevée, plus la différence de température entre la bague intérieure et la bague extérieure est importante et plus la température des rouleaux est élevée. La bague intérieure est généralement plus chaude que la bague extérieure. Par conséquent, une augmentation de la vitesse entraîne une réduction du jeu. Au-dessus de la vitesse de référence ajustée, le passage à la classe de jeu supérieure est nécessaire.

Lorsque l'on s'approche de la vitesse limite, une nouvelle augmentation de la classe de jeu peut être requise. De plus, le lien entre le jeu d'un roulement non monté et la taille du roulement n'est pas linéaire.

Pour des roulements de grandes dimensions, comme ceux utilisés sur les rouleaux de presse des machines modernes à grande vitesse, une classe de jeu supérieure par rapport à celle qui aurait été sélectionnée pour un roulement de taille moyenne peut s'avérer nécessaire.

Pour un roulement pur, sans dérapage ni glissement, les rouleaux doivent être comprimés entre les deux bagues. Un rouleau présente une certaine masse et, par conséquent, une certaine inertie en fonction de la vitesse de rotation, qui l'empêche d'accélérer. En sortant de la zone chargée du roulement, le rouleau ralentit du fait du frottement qui s'opère contre la cage et dans le lubrifiant dans la zone non chargée. Lorsqu'il entre à nouveau dans la zone chargée, il est comprimé entre les bagues et contraint d'accélérer.

En cas de différence importante de vitesse des rouleaux entre les zones non chargées et chargées, et si l'effort dans la zone chargée n'est pas suffisant, le rouleau accélère plus lentement et crée un grippage en entrée de la zone chargée (→ fig. 8 et 9).

Ce même phénomène intervient lorsque les charges exercées sur les rouleaux dans la zone chargée sont très légères ou lorsque le poids du rouleau ou du cylindre est supporté par l'effort de pressage.



Fig. 9 : Trace de grippage en entrée de la zone chargée d'un roulement de rouleau de presse.

Cela peut se produire sur certains rouleaux de presse à bombé variable car la charge radiale est reprise à la fois par les paliers hydrostatiques à patin et par les roulements à rouleaux.

En fonction de la pression de l'huile dans les paliers hydrostatiques, les roulements à rouleaux peuvent être confrontés à une situation de charge non définie et possiblement nulle. Du fait de cette faible charge, les rouleaux risquent de ne pas tourner à la bonne vitesse. Dans la zone de charge insuffisante, les rouleaux glissent, accélèrent et décèlent (→ fig. 8 et 10). Cela occasionne des problèmes pour les roulements montés sur certains rouleaux aspirants, rouleaux de presse, calandres et, plus rarement, rouleaux de toile et de feutre.

L'augmentation de la vitesse de la machine a pour effet d'augmenter également la vitesse du roulement et l'inertie des rouleaux avec un risque de grippage supérieur dû aux faibles charges.

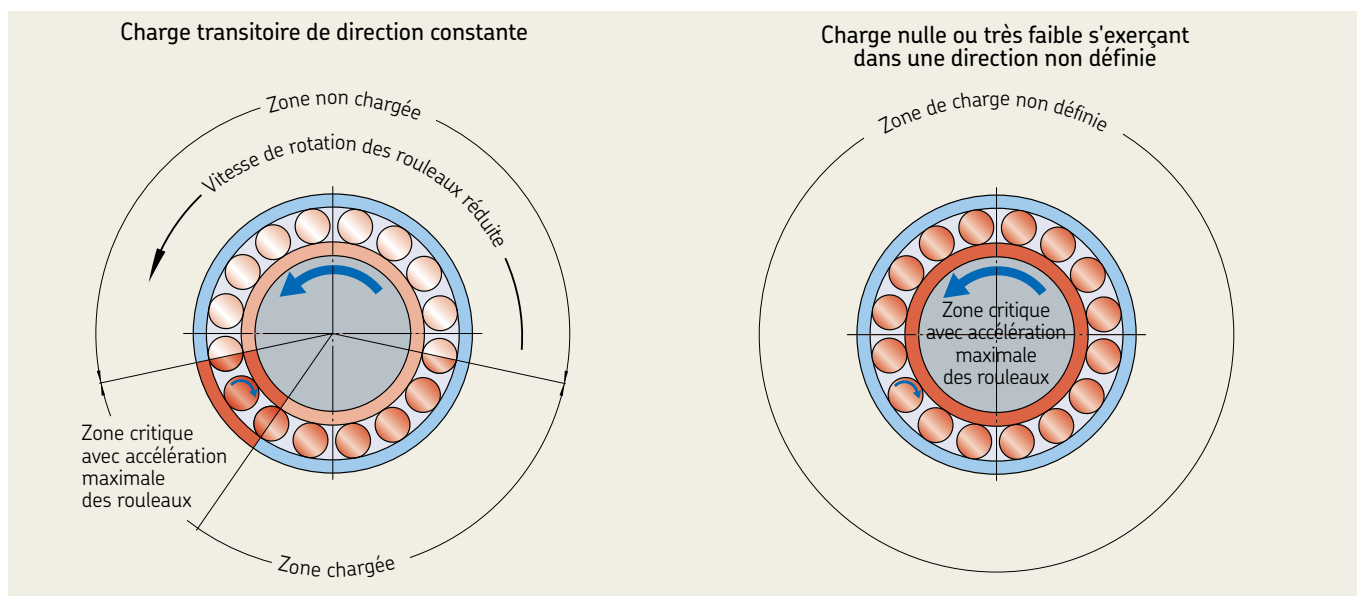


Fig. 8 : Glissement des rouleaux et risque de grippage.

À chaque vitesse correspond une charge minimale à appliquer au roulement. Lorsque l'on augmente la vitesse de la machine sans modifier la charge, si celle-ci était déjà proche de la charge minimale requise pour la vitesse initiale, une défaillance précoce est à craindre. En outre, en augmentant la vitesse de la machine, le risque est de la faire fonctionner à l'une de ses fréquences propres avec pour conséquence une amplitude vibratoire élevée.

Je n'ai jamais vu une casse de machine à papier, mais j'ai vu des paliers sur couteaux tomber des couteaux, des couteaux usés prématurément, des facettes sur des cylindres ou rouleaux et une augmentation des rebuts. Dans d'autres applications ou industries, en revanche, j'ai vu des défaillances précoces de roulements dues à un ramollissement de la graisse sous l'effet des vibrations et une fracture du support en béton de la machine.

Je me souviens également d'une machine à papier dont l'effort de pressage avait changé suite à un changement de diamètre d'un rouleau de presse. Cette modification, sans augmentation de la vitesse de la machine, avait conduit à un fonctionnement proche de la fréquence propre du rouleau de presse. Le client pensait que les roulements à rouleaux étaient à l'origine du problème...

4. Impact d'un changement de l'effort appliqué sur les roulements

Comme évoqué, les augmentations de vitesse des machines entraînent également des modifications des efforts. Les charges qui s'exercent sur les cylindres peuvent augmenter ou diminuer selon leur emplacement dans la machine.

En cas de diminution, les problèmes liés à une faible charge décrits au point 3 peuvent apparaître. Il est souvent possible d'y remédier en utilisant des roulements dotés du revêtement NoWear, insensibles au grippage, ou en réduisant le nombre de rouleaux afin d'augmenter la pression de contact par rouleau.

Lorsque la charge augmente, plusieurs facteurs sont pris en compte. Une augmentation de 10% de la charge se traduit par une diminution de la durée nominale de service L10h de 30%. Si la vitesse augmente également, la durée nominale de service est encore plus réduite. Heureusement, les charges dynamiques de base des roulements ont augmenté au fil des ans. Sur une machine conçue au début des années 70, des roulements de rouleaux de feutre SKF 22314 EK en remplacement des roulements d'origine SKF 22314 CK/W33 supportent une charge supérieure de 57% sans réduction de leur durée nominale. C'est pourquoi, de moins en moins de défaillances par fatigue sont à déplorer malgré l'augmentation des tensions des rouleaux de feutre et toile. Dans de rares cas, les anciens rouleaux peuvent être sujets à une rupture par fatigue avant les roulements eux-mêmes.

Malgré l'augmentation des durées nominales des roulements, un ajustement plus serré reste nécessaire si vous augmentez la charge. Des pressions élevées entre les rouleaux et les pistes entraînent une déformation de la bague et la possibilité d'un micro-déplacement sur sa portée. Résultat : une corrosion de contact, voire un roulage et de l'usure si la bague se met à tourner sur sa portée.

Sur la **Figure 11**, on observe un roulement de rouleau de feutre de sécherie monté sur manchon de serrage. Le client avait remplacé la boîte d'engrenages par un entraînement silencieux. Les cylindres sécheurs étaient donc entraînés par certains rouleaux de feutre via le feutre lui-même. La tension du feutre ayant augmenté, la durée de

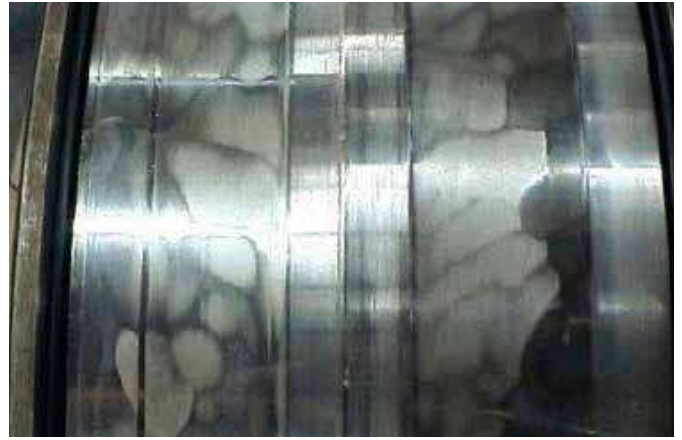


Fig. 10 : Suite à une augmentation de la vitesse et/ou de l'aspiration, dommages observables sur la bague intérieure d'un roulement de cylindre aspirant dus à une zone de charge non définie.

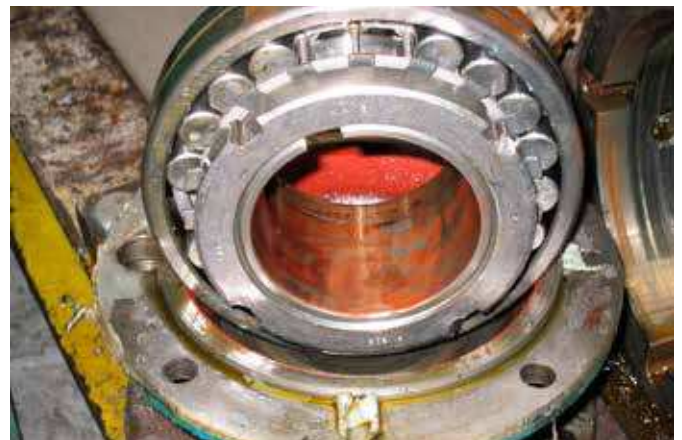


Fig. 11 : Corrosion de contact dans l'alésage du manchon de serrage d'un roulement de rouleau de feutre de la sécherie due à un ajustement trop libre par rapport à la charge.

service des roulements avait considérablement chuté. Nous avons découvert que les roulements fonctionnaient avec un ajustement libre sur leur portée et tournaient avec le manchon de serrage entraînant une usure sévère. Cela peut conduire à des défaillances catastrophiques (→ Fig. 12).

Une déformation de l'arbre peut également générer des contraintes alternées et une flexion à proximité de la portée du roulement. En augmentant l'enfoncement des roulements par rapport aux recommandations générales et en préférant la méthode SKF par enfoncement axial à la méthode des lames calibrées, il est possible d'augmenter la durée de service des roulements.

Si une augmentation des charges exercées sur les roulements est envisagée, il convient de revoir les ajustements et les procédures de montage. Notez que des ajustements plus serrés nécessitent un roulement de classe de jeu interne supérieure.

Même sans augmentation de vitesse, si l'on augmente la charge, la température de service du roulement augmente. La différence de température entre les bagues intérieure et extérieure augmente également. Une augmentation de la charge peut conduire à une déformation du palier, du bâti de la machine et de l'arbre ou rouleau. L'impact peut être aussi bien positif que négatif selon la répartition de la charge à l'intérieur des roulements causée par cette déformation. Généralement, les paliers des rouleaux de toile et de feutre sont

suffisamment rigides pour les charges auxquelles ils sont soumis. Ce n'est pas le cas de certains paliers de rouleaux de presse. Pour ces derniers, des calculs selon la Méthode des Éléments Finis (MEF) sont utiles dans un projet d'augmentation de la vitesse d'une machine (→ Fig. 13).

5. Une étude en trois phases

D'après mon expérience, et afin de ne pas oublier des étapes souvent omises dans un projet d'augmentation de vitesse d'une machine, je recommande 3 phases clés : pré-étude, analyse et exécution. La première consiste à évaluer le degré de complexité : des calculs spécifiques seront-ils nécessaires ou les formules du catalogue seront-elles suffisantes ? Des calculs élémentaires rapides seront certainement requis au cours de cette phase.



Fig. 12 : Usure avancée due à la rotation sur l'arbre du manchon de serrage d'un roulement de rouleau de feutre de sécherie. Du fait de la température élevée, le jeu du roulement a diminué, ce qui s'est traduit par une précharge incontrôlée et, au final, un grippage.

Informations indispensables à l'étude SKF :

- Schéma de montage des roulements, incluant le palier et l'arbre. *Précisons que des schémas détaillés du palier et de l'arbre sont recommandés et peuvent être nécessaires pour certains calculs.*
- Schéma du rouleau ou cylindre complet.
- Charges mini. et maxi. existantes et futures pour toutes les positions. La direction et la position des charges doivent être indiquées sur les schémas.
- Vitesses de rotation du roulement - et non de la machine - actuelle et future, pour toutes les positions.
- Température ambiante mini. et maxi. pour toutes les positions.
- Températures actuelle et future du fluide chauffant pour les cylindres sécheurs Yankee et calandres, accompagnées d'informations sur le lubrifiant actuel, le système de lubrification, les intervalles de relubrification, les débits d'huile etc.
- Historique des changements de roulements et défaillances répétées sur les cinq dernières années.

La collecte des informations techniques ci-dessus, notamment les charges, est l'opération qui demande le plus de temps et de rigueur. Face à des informations manquantes, l'ingénieur d'application SKF est amené à formuler des hypothèses concernant les conditions de service. Ces hypothèses seront toujours vérifiées auprès du client.

À l'issue de la pré-étude, le nombre d'heures nécessaires à la phase 2 sera évalué. Aucune recommandation technique n'est formulée à ce stade car l'accord du client est nécessaire pour entreprendre l'analyse qui permettra d'établir des recommandations pertinentes. Si le client donne son feu vert, l'ingénieur SKF effectuera des calculs et analyses plus pointus au cours de la deuxième phase. Cette phase s'intéressera à toutes les modifications à apporter aux roulements, paliers, méthodes de montage et/ou lubrification etc. Il peut arriver qu'aucune modification ne soit nécessaire.

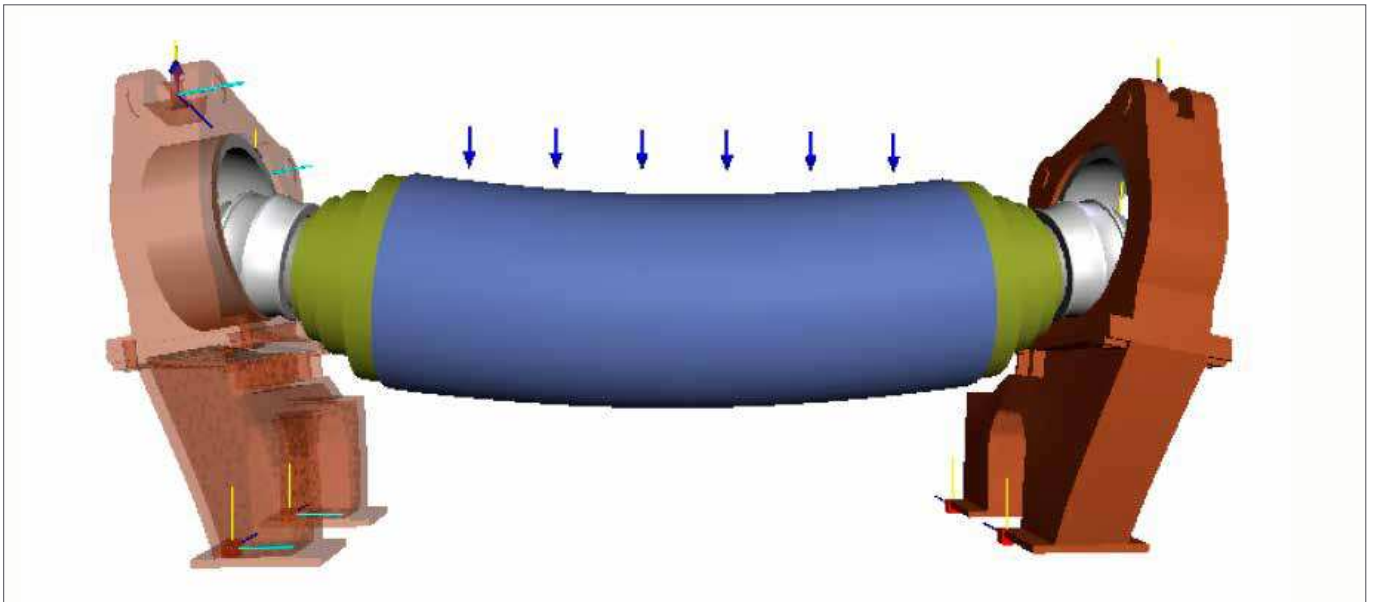


Fig. 13 : Calculs SKF selon la méthode des MEF révélant une déformation du rouleau d'une presse à sabot sous la charge de fonctionnement. Il convient de noter qu'un grossissement élevé est utilisé ici pour permettre de visualiser clairement les déformations.

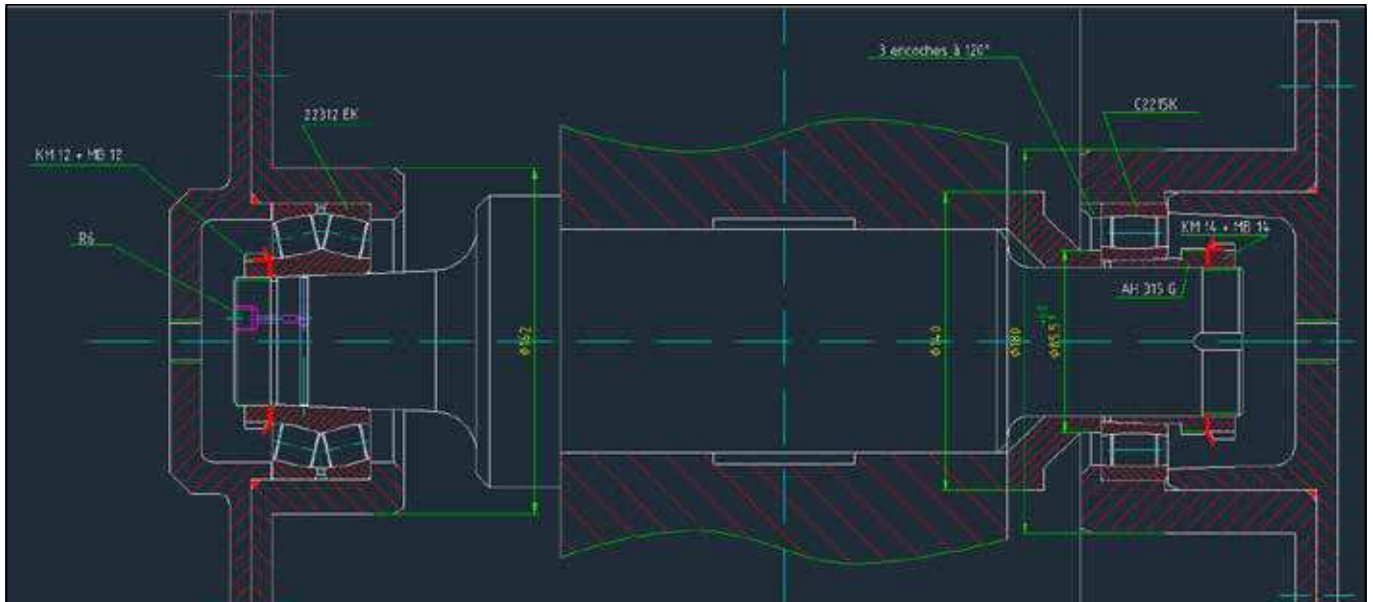


Fig. 14 : Montage de roulements d'engrenage intermédiaire modifié avec un roulement à rotule sur rouleaux et un roulement à rouleaux toroïdaux CARB. Les deux roulements sont montés avec un ajustement serré de leurs bagues intérieures et extérieures. Le montage d'origine intégrait 2 roulements à rotule sur rouleaux avec un ajustement libre des bagues extérieures. Selon l'entraînement - moteur ou entraîné - des changements de direction de la charge sur les bagues extérieures s'opéraient. Des micro-déplacements et le grippage des bagues extérieures sur leur portée ont conduit à une usure.

À l'issue de la 2^{ème} phase, le client reçoit des informations et recommandations techniques concernant la nécessité de calculs par MEF, de travaux de conception d'un palier spécial et/ou d'un nouveau système de lubrification.

L'ingénieur SKF peut par exemple :

1. Recommander l'utilisation de roulements à rouleaux toroïdaux CARB en remplacement de roulements à rotule sur rouleaux sur les cylindres sécheurs tournants.
2. Spécifier une désignation de roulement particulière et la durée nominale SKF de ce roulement.
3. Recommander une viscosité, un débit d'huile et l'isolation du tourillon.
4. Proposer une modification du palier existant pour recevoir un roulement CARB ou l'utilisation d'un nouveau palier.
5. Préciser les conséquences si certaines des recommandations ne sont pas appliquées.
6. Recommander une nouvelle méthode de montage et/ou de nouveaux ajustements.

Tous les éventuels travaux requis de modification de conception du palier, de l'isolation du tourillon ou du système de lubrification par circulation d'huile seront réalisés au cours de la 3^{ème} phase.

Les résultats de la phase d'analyse sont présentés au client.

Bien souvent, à ce stade, toute une série de questions surgissent telle que : « Que se passerait-il si...? » .

Cette réaction est normale : tout client a besoin de comprendre et de comparer les bénéfices offerts au regard de l'investissement requis. À l'issue de cette phase, le client décide de passer ou non à la phase 3. Elle correspond à l'exécution des travaux de modification de conception. Les travaux peuvent porter sur des paliers spéciaux, la conception de nouveaux systèmes de lubrification et la modification des montages de roulements existants (→ Fig. 14).

Cela comprend également toutes les éventuelles modifications nécessaires sur site. Évidemment, tous ces travaux peuvent être réalisés par les équipes SKF.

Pour résumer, un projet d'augmentation de la vitesse d'une machine n'est pas aussi simple qu'il y paraît du point de vue des roulements. Il ne s'agit pas uniquement de savoir si un roulement peut supporter une vitesse supérieure.

J'espère que ce numéro de SKF Info Papeterie vous éclairera sur les différents facteurs à prendre en compte et sur la collaboration avec SKF dans le cadre de ce type de projets.

En guise de conclusion, souvenez-vous que la vitesse limite réelle des roulements à rotule sur rouleaux et des roulements à rouleaux toroïdaux CARB est atteinte lorsque la chaleur générée par le frottement interne ne peut être dissipée.

D'après mon expérience, les limites mécaniques liées aux contraintes qui s'exercent sur les composants du roulement dues aux forces centrifuges ne sont jamais atteintes avec les roulements SKF dans les applications de machines à papier. Sous réserve que le montage soit bien conçu...

Cordialement,
Philippe Gachet
Consultant technique senior
philippe.gachet@skf.com





skf.fr | Solutions industrielles | Pâtes et papiers

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

© Groupe SKF 2017

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 contenues 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 11147/11 FR · Mai 2017

Suivez-nous sur :



Pour plus d'informations, contactez nous à :
communication.france@skf.com