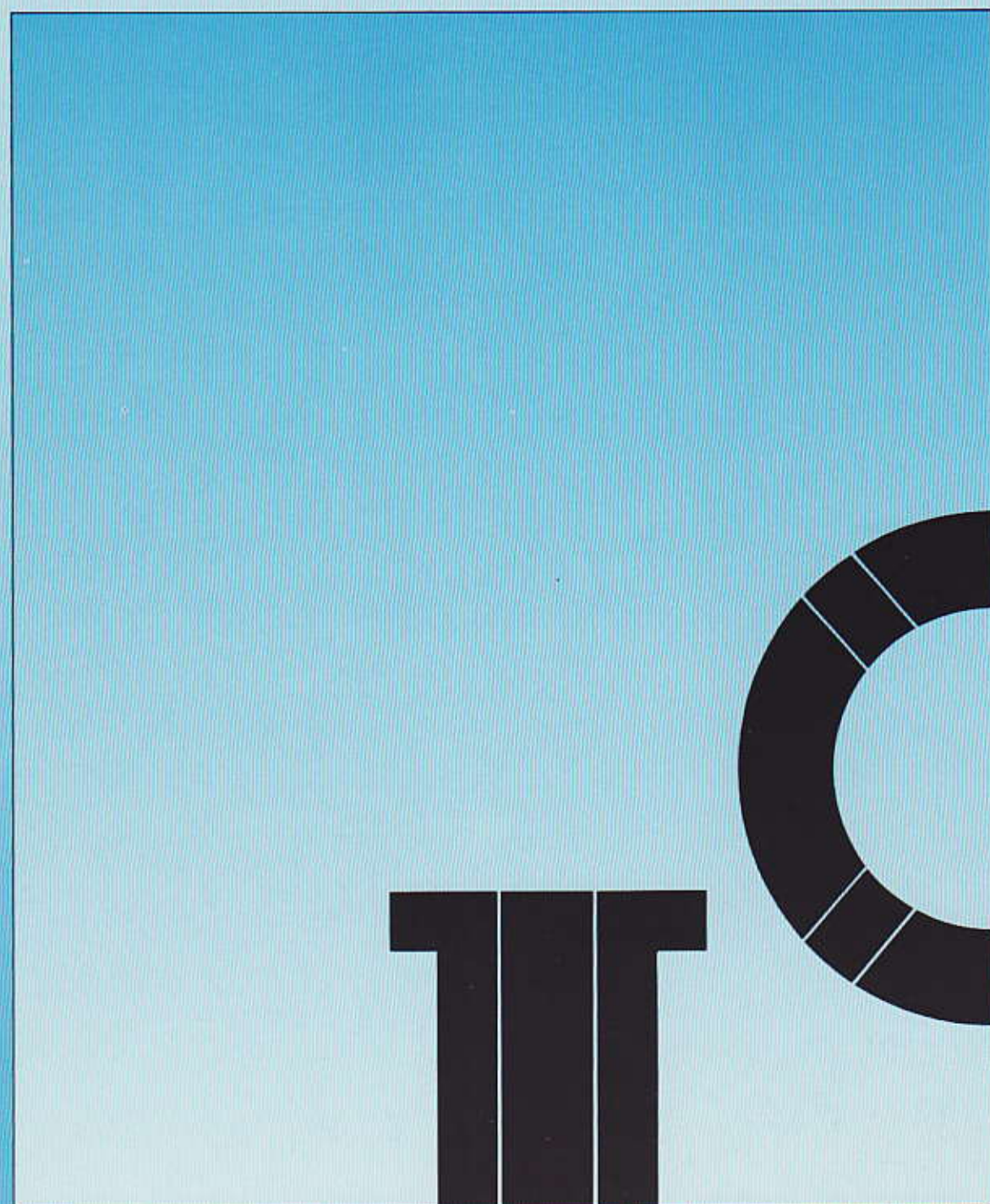


Carbones et graphites pour applications mécaniques

Coussinets et paliers



35.38f/1991

Schunk Kohlenstofftechnik GmbH



Table des matières

Propriétés caractéristiques pour l'application comme matériau de coussinets	Page 3
Conception	Page 3
Montage	Page 4
Jeux	Page 6
Contrefaces: Matières et états de surface	Page 6
Charges admissibles	Page 8
Applications et recommandations de matériaux	Page 11

Propriétés caractéristiques pour l'application comme matériau de coussinets

Les propriétés caractéristiques énumérées ci-après des matériaux carbone/graphite ont ouvert de vastes champs d'application pour coussinets en ces matériaux p. e. sous températures élevées ou basses, dans l'industrie chimique ou pétrochimique, dans la fabrication de produits alimentaires, pharmaceutiques et cosmétiques, dans l'automobile et dans la technique de réacteurs nucléaires.

Capacité de glissement et de marche à sec, bas coefficient de friction

Résistance chimique

Conductibilité thermique élevée

Très bonne résistance aux chocs thermiques

Excellente stabilité dimensionnelle

Résistance élevée à la fatigue

D'autres prospectus vous informent sur la fabrication et les valeurs physiques des matériaux carbone/graphite Schunk.

Conception

La norme DIN 1850, feuille 4 (nomenclature allemande), «coussinets pour paliers lisses en carbone» est décisive pour les coussinets radiaux et les coussinets à collerette en carbone.

Directives générales

$$\begin{aligned} L &= d_1 \text{ à } d_2 \\ L_{\max} &= 2 \times d_2 \\ s &= 0,1 \text{ à } 0,2 \times d_1 \\ s_{\min} &= 3 \text{ mm} \end{aligned}$$

En ce qui concerne les coussinets à collerette, la directive pour l'épaisseur de la paroi est à peu près également valable pour l'épaisseur de la collerette, exception faite des coussinets à collerette frettés où des prescriptions spéciales sont à observer (voir note). Il ne faut pas de rainures de lubrification pour les coussinets radiaux ou axiaux travaillant à sec.

Dans la plupart des cas, ceci est également valable pour coussinets radiaux en carbone en marche humide, quoiqu'ils puissent être munis de rainures hélicoïdales ou axiales dans l'alésage. Des rainures radiales sont recommandées pour les coussinets axiaux en carbone (coussinets à collerette). Des propositions sur l'exécution de telles rainures sont disponibles sur demande.

SKT est également à même de fabriquer des coussinets sphériques en carbone c. à d. à alignement automatique, cependant avec des dépenses de travail et de matière élevées puisqu'il faut partir d'ébauches cylindriques. Si le nombre de pièces est assez grand et la tolérance sur la partie sphérique suffisamment large, de tels coussinets peuvent être moulés partiellement. Pour plus de précisions voir notre prospectus no. 30.20.

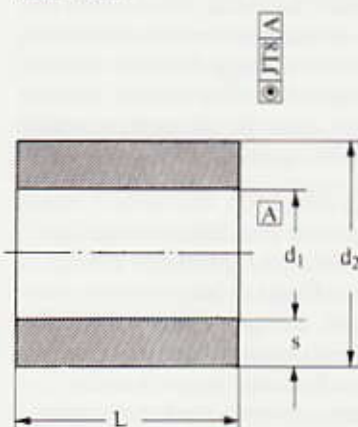


Table des matières

Montage

Emmanchement

Tolérances recommandées avant emmanchement à froid

Diamètre intérieur d_1 : F7 à E7

Diamètre extérieur d_2 : s6

Logement pour coussinet en carbone: H7

Après emmanchement, le diamètre intérieur d_1 du coussinet sera d'environ H7 à H8.

On se servira, pour l'emmanchement à froid, d'un mandrin dont le diamètre devrait être d'environ trois zones de tolérance inférieur à la tolérance de l'alésage du coussinet avant l'emmanchement; l'épaulement de ce mandrin doit se poser sur la face frontale entière du coussinet.

Frettage

Tolérances recommandées avant le frettage à chaud

Diamètre intérieur d_1 : D8

Diamètre extérieur d_2 : x8 à z8

Logement pour coussinet en carbone: H7

Température de frettage: 300 à 350°C. Après frettage, le diamètre intérieur d_1 sera de H9. Pour obtenir des valeurs plus précises, nous recommandons de l'aléser.



Coussinets en carbone avec gaine métallique

Pour le montage des coussinets en carbone il faut tenir compte non seulement du coefficient de dilatation thermique des matériaux carbone/graphite moins élevé que celui du métal, mais aussi de la solidité mécanique inférieure et de la fragilité de ces matériaux. Si possible, on évitera donc de monter un coussinet en saillie.

La dilatation thermique relativement peu importante du carbone ne garantira donc une fixation sûre des coussinets, compte tenu des ajustements usuels dans le domaine des métaux, que sous des températures de fonctionne-

ment peu élevées. En conséquence, l'emmanchement à froid du coussinet dans son logement métallique n'admettra que des températures du coussinet ne dépassant 120 à 150°C.

Si le coussinet est emmanché dans un logement ou une gaine présentant un coefficient de dilatation thermique plus élevé que celui de l'acier, la température de service doit être proportionnellement moins élevée.

Pour l'emmanchement à froid de coussinets en carbone, nous déconseillons de choisir des recouvrements supérieures

à H7/s6 afin d'éviter un enlèvement de matière. Ceci est moins vrai pour les logements ou gaines en matière plastique. Toutefois, notre matériau FH 531 B en fait exception pour tout coussinet de petite dimension et moulé fini ou partiellement fini. La résistance au cisaillement moins élevée de ce matériau permet l'emmanchement avec des recouvrements supérieures c. à. d. de la matière sera enlevée sans endommagement du coussinet.

L'emmanchement à froid exige que l'axe du coussinet soit aligné scrupuleusement sur l'axe de l'alésage du logement; on diminuera ainsi les risques de cassure, notamment des coussinets à paroi mince.

L'emmanchement à froid rétrécit l'alésage du coussinet en carbone en fonction de la matière choisie, de la relation des parois et des tolérances d'environ 70 à 85 % du comble d'emmanchement.

Si les températures au coussinet dépassent 120 à 150°C en service le procédé de frettage direct dans le logement ou dans une gaine métallique constitue le meilleur mode de fixation d'un coussinet en carbone.

Au procédé de frettage il faut que le coussinet, froid, puisse être introduit sans effort dans le logement ou dans la gaine métallique qui ont été chauffées préalablement à une température qui se situe de 100 à 150°C au dessus de la température maximale de service. Le comble pour le frettage

sera déterminé selon les différents coefficients de dilatation thermique.

Au cas où, en raison d'une température de service élevée, les ajustements H7/x8 (pour une température de frettage de 300°C environ) et H7/z8 (pour une température de frettage de 350°C environ) ne seraient pas suffisants, le frettage peut se faire à une température de 600°C environ et selon l'ajustement H7/zb8. Au besoin, on pourra prévoir un dispositif d'arrêt supplémentaire.

Le frettage à chaud rétrécit l'alésage du coussinet en carbone et augmente légèrement le diamètre des gaines ou logements du moins de paroi mince. Dans le cas des ajustements H7/x8 et H7/z8, l'alésage du coussinet se reserre, en fonction des différents diamètres, de l'ordre de trois à six zones de tolérance, c. à. d. d'environ 80 à 100 % du comble de frettage.

Il n'est pas possible de fournir des renseignements tout à fait précis concernant le rétrécissement de l'alésage du coussinet et il est de toutes façons indispensable de réusinier l'alésage après le frettage afin d'obtenir une tolérance précise.

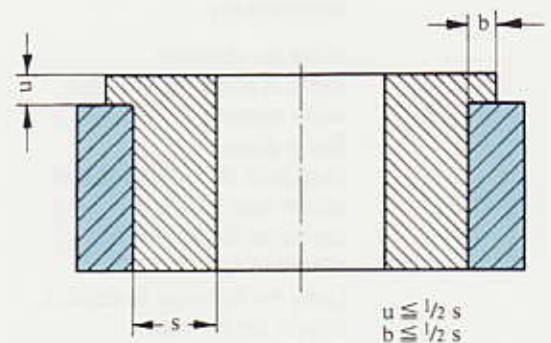
Pour les constructions nécessitant des tolérances serrées, nous recommandons l'utilisation de coussinets frettés dans une gaine en acier. L'ensemble peut alors être monté en force comme des coussinets en métal.

Nous frettions les coussinets dans leur supports métalliques et pouvons ainsi fournir des ensembles charbon-acier prêts au montage. De cette

façon nous sommes en mesure de respecter des tolérances jusqu'à IT7 pour l'alésage du coussinet et IT6 pour le diamètre extérieur de la frette.

Après le frettage, le coussinet se trouve sous tension dans le support métallique, ce que lui confère une excellente solidité mécanique et permet de réduire considérablement la paroi du carbone par tournage.

Lorsqu'il s'agit de fretter des coussinets à collerette, il faut veiller à ce que l'épaisseur et la hauteur de la collerette (cotes b et u du croquis) ne dépassent pas la moitié de l'épaisseur de la paroi du coussinet. En effet, des collerettes trop importantes peuvent «sauter» lors du frettage et ne résisteraient pas aux charges en service pratique.



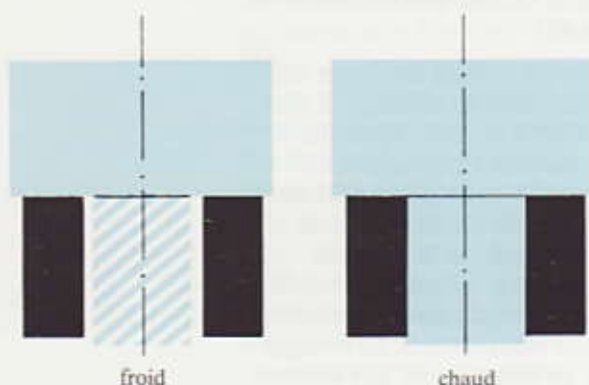
Jeux de tolérances

Fonctionnement à sec

en température de service
0,3 à 0,5 %
du diamètre de l'arbre

Fonctionnement humide

en température de service
0,1 à 0,3 %
du diamètre de l'arbre



En déterminant les jeux de tolérances, le constructeur prendra en considération le coefficient de dilatation thermique du carbone peu important par rapport à la plupart des autres matériaux d'arbres, d'où résultent, du moins en températures de service élevées, des différences très considérables entre le jeu à froid et le jeu à température de service.

Un jeu trop serré à l'état froid peut même bloquer l'arbre.

Le jeu à froid résulte de la valeur indiquée ci-dessus, augmentée de la différence de dilatation coussinet en carbone/arbre, en température de service.

Cette différence de dilatation n'est pas à prendre en compte s'il s'agit de coussinets frettés dans une gaine métallique et qui de ce fait se trouvent sous tension et se dilatent à l'échauffement dans des proportions à peu près égales à la dilatation des matériaux de la gaine.

En général, des tolérances de l'ordre de IT8/IT7 suffisent pour l'alésage des coussinets en carbone car leur jeu doit toujours être plus large que celui des coussinets métalliques lubrifiés.

Contreface: Matières et états de surface

Matières bien appropriées

acier au chrome
fonte d'acier au chrome
acier nitruré
fonte grise
matières chromées dures
aciers non alliés
carbures de silicium
alumine (Al_2O_3)
(seul en marche humide)
oxyde de chrome
(revêtu au plasma)

Matières moyennement appropriées

acier au chrome-nickel
fonte austénitique
métaux non ferreux

Matières non appropriées

aluminium
alliages d'aluminium
(même anodisés)

Les meilleurs résultats s'obtiennent avec des rugosités de $R_1 \leq 1 \mu\text{m}$. Une rugosité jusqu'à $R_1 \approx 2 \mu\text{m}$ au maximum provoquera seulement au départ une usure élevée de rodage.

Les arbres simplement finis au tour ne sont pas recommandés; les arbres étirés ne s'utilisent qu'en présence de faibles vitesses et charges. Nous préconisons des arbres polis et pour les conditions difficiles des arbres super-finis.

A côté de l'état de surface des contre-faces, facteur très important intervenant dans le comportement des coussinets en carbone, c'est la matière même de ces contrefaces qui joue un rôle non négligeable.

Nous déconseillons l'emploi d'aciers inoxydables à moindre dureté contenant du Ni si d'autres matières mieux appropriées peuvent être utilisées, car ces aciers favorisent, surtout en fonctionnement à sec, à lubrification insuffisante, ou encore en présence de liquides pollués, la formation de stries engendrant à leur tour une usure prématurée.



Différentes exécutions de coussinets en carbone

Du moins pour les charges peu importantes ou moyennes, les aciers inoxydables et sans teneur en Ni se recommandent. Les meilleurs sont, également sous charges élevées, les aciers chromés trempés (à 13-17% de Cr).

L'utilisation de matières de contreface dures est préférable, car plus leur dureté est élevée, plus la formation d'une patine de graphite sur la contreface est facilitée.

(Clark et Lancaster [1963]; Giltrow et Lancaster [1970]).

D'expérience, des matières de contreface d'une dureté HRC ≥ 40 donnent les meilleurs résultats en service.

Charges admissibles

Puisque les coussinets en carbone/graphite fonctionnent avant tout soit à sec soit à frottement mixte, et subissent en conséquence une certaine usure, il existe un rapport direct entre charge et usure. Ceci permet de donner au constructeur des indications sur la durée de vie des coussinets en carbone.

Comme l'usure du coussinet est plus importante à frottement sec qu'à frottement mixte, une valeur d'usure de $0,7 \mu\text{m}/\text{h}$ pour la marche à

sec et de $0,1 \mu\text{m}/\text{h}$ respectivement pour le fonctionnement humide ont été fixées pour l'établissement de diagrammes $p \times v$. Pour tracer les diagrammes $p \times v$ qui démontrent la charge spécifique maximale en fonction de la vitesse de glissement, Schunk a dû réaliser un grand nombre d'essais avec variation des vitesses de glissement et des charges spécifiques.

Pour les essais de marche à sec ont été utilisés des coussinets radiaux $\varnothing 12/18 \times 10$ et



bancs d'essai pour coussinets en carbone (marche à sec)

des arbres en acier inoxydable matière no. 1.4104 (nomenclature allemande) avec une rugosité de $R_a \approx 0,7 \mu\text{m}$. Les essais avaient lieu à l'air et sous température ambiante.

Les essais de fonctionnement humide ont été effectués avec de l'eau de robinet et à température ambiante avec des coussinets radiaux $\varnothing 15/35 \times 15$ et $\varnothing 20/35 \times 20$ et des arbres en acier matière no. 1.4122 (nomenclature allemande) avec une rugosité $R_a \approx 0,7 \mu\text{m}$.

Le diagramme $p \times v$ no. 1 montre la charge admissible pour coussinets en carbone en marche à sec en nos nuances de matériaux non imprégnés FH42 (carbone/graphite), FH44Y3 (carbone/graphite) et FE45Y3 (électro-graphite).

Il en résulte que les coussinets de la nuance FH42, un carbone au graphite dur et mécaniquement assez résistant, ne supportent pas de charges élevées en fonctionnement sec. En revanche, la charge admissible est déjà bien plus forte pour les coussinets en FH44Y3, un carbone dont la teneur en graphite est plus élevée que pour la FH42. Mais ce sont les coussinets FE45Y3, un carbone électrographitique non imprégné, qui admettent les charges les plus élevées parmi les échantillons testés. Ces trois nuances existent dans

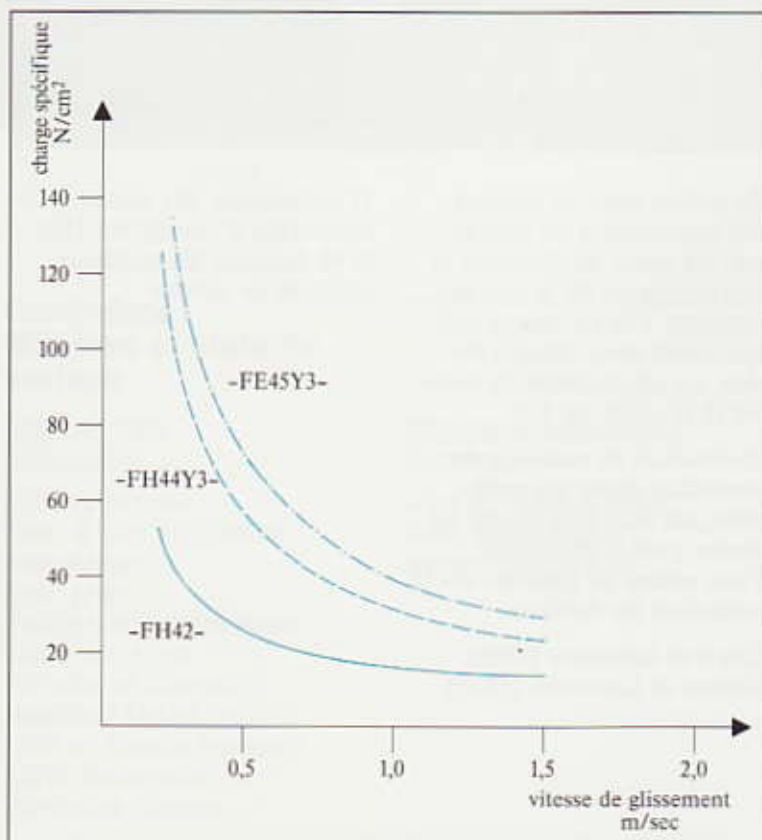


diagramme $p \times v$ no. 1 charge admissible de coussinets en carbone en marche à sec en fonction de la vitesse de glissement

une variante imprégnée à la résine phénolique qui augmente encore la résistance à l'usure.

Une imprégnation au plomb permettrait une nette amélioration, toutefois l'utilisation d'un tel matériau en marche à sec n'est pas d'usage pour raison de la limite de température de service basse.

Une amélioration de la charge admissible à l'aide d'une imprégnation à l'antimoine n'est valable qu'à une vitesse de glissement de $< 0,5$ m/sec. L'amélioration la plus nette peut être atteinte par une imprégnation spéciale au sel (voir diagramme p x v no. 2).

Ce diagramme montre la charge admissible de l'électrographite non imprégné FE45Y3 par rapport à l'électrographite FE65 imprégné de sel.

On peut déduire de ces diagrammes p x v que le produit p x v reste pratiquement constant pour tout matériau.

Les valeurs suivantes ont été trouvées pour les différents matériaux:

FH42

$$p \times v = 11 \text{ N/cm}^2 \times \text{m/sec}$$

FH44Y3

$$p \times v = 30 \text{ N/cm}^2 \times \text{m/sec}$$

FE45Y3

$$p \times v = 40 \text{ N/cm}^2 \times \text{m/sec}$$

FE65

$$p \times v = 190 \text{ N/cm}^2 \times \text{m/sec}$$

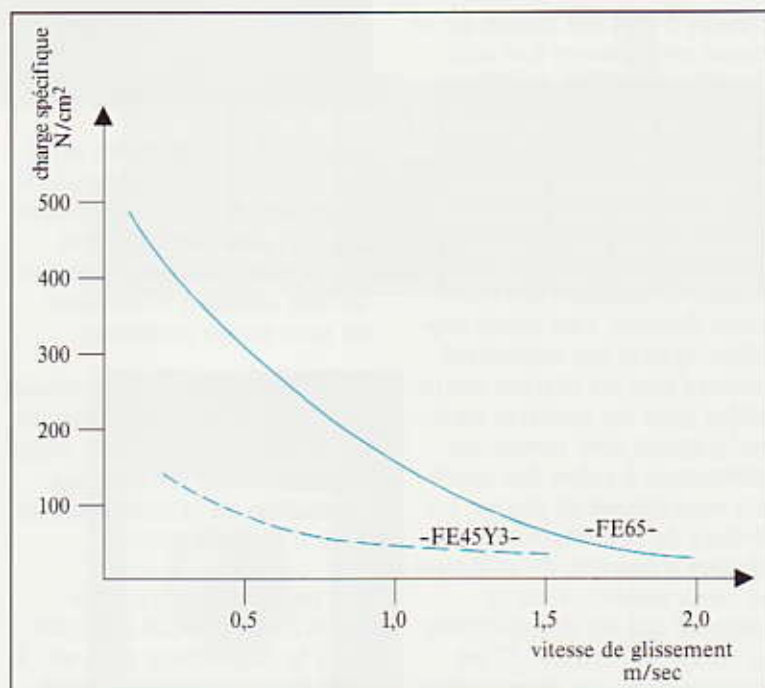


diagramme p x v no. 2 charge admissible de coussinets en marche à sec, en fonction de la vitesse de glissement. Comparaison FE45Y3/FE65

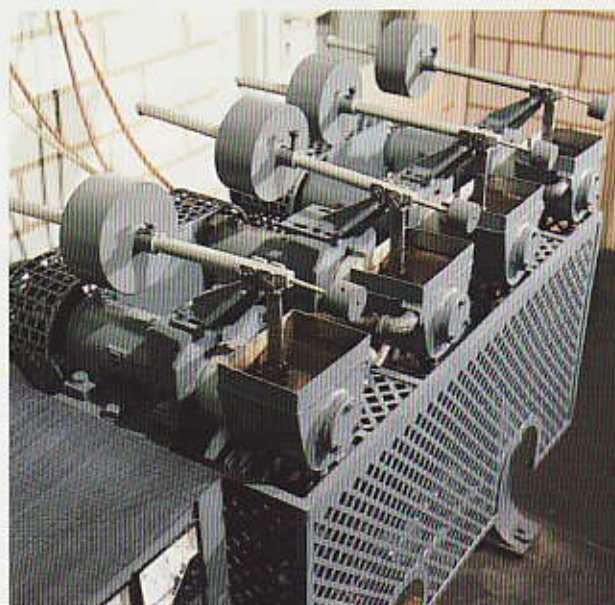
Les courbes des charges admissibles sont indiquées dans nos diagrammes p x v pour des vitesses de glissement de 0,2 à 1,5 et 2 m/sec respectivement.

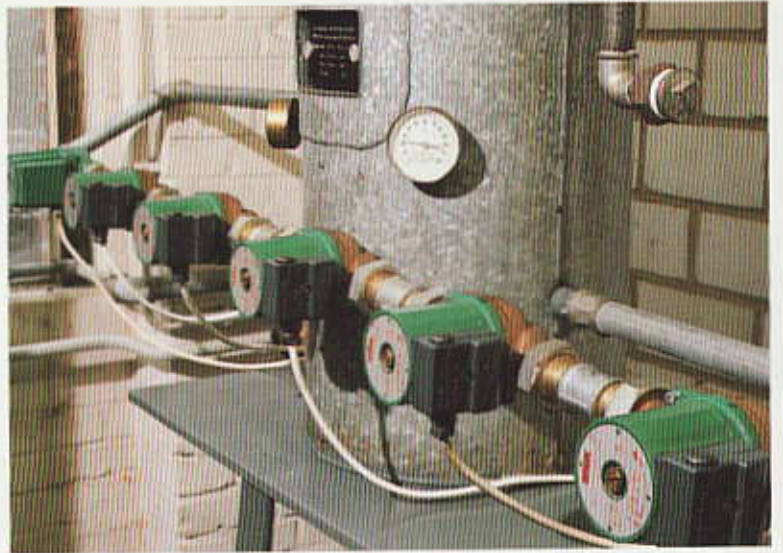
Pour des vitesses de glissement $v < 0,2$ m/sec nous recommandons de ne pas augmenter la charge maximale admise pour $v = 0,2$ m/sec, pour des vitesses supérieures à 1,5 et 2 m/sec respectivement; l'usure sera vraisemblablement plus importante, le produit p x v étant constant.

Les courbes relevées au cours de nos essais pour les coussinets radiaux, fonctionnant à sec, sont valables au même titre pour les coussinets axiaux.

Pour les coussinets radiaux en marche humide sont indiquées dans le diagramme p x v no. 3 les courbes des charges admissibles pour les matériaux carbone/graphite FH42Z2, imprégné de résine, et FH42B, imprégné de plomb dur.

bancs d'essai pour coussinets en carbone (marche humide)





Puisqu'il faut pas moins de 70 essais avec chaque fois une durée d'au moins 500 heures pour établir une seule courbe de charge admissible, il est certainement compréhensible que nous ne sommes pas à même d'établir des courbes de charges admissibles pour toutes les nuances des matériaux Schunk. Des essais supplémentaires ont cependant montré que les charges admissibles pour les matières carbone/graphite sont nettement inférieures à celles des matières imprégnées de résine. En dehors de la composition de chaque matériau, de sa dureté et de sa solidité, c'est sa porosité qui est décisive pour la charge admissible. C'est justement en cas de porosités

élevées, que l'influence de la lubrification hydrodynamique en présence de liquides possédant un pouvoir lubrifiant faible, diminue pour la raison qu'une pression d'interstice ne peut pas se constituer.

Une imprégnation à l'antimoine, comparée à une imprégnation au plomb dur, apportera pour la marche humide une augmentation de la charge admissible d'environ 10 %.

Les matériaux imprégnés FH42Z2 et FH42B indiqués dans le diagramme p x v no. 3 sont faits sur le même maté-

riau de base FH42. Si l'on choisit un matériau plus dur et plus solide comm p. e. la nuance FH82 avec les mêmes imprégnations, des charges admissibles encore plus élevées peuvent être atteintes.

Toutefois, ces matériaux comme p. e. FH82Z2 ou FH82A nécessitent l'emploi de contrefaces plus dures.

On peut lire dans le diagramme no. 3 que les coussinets en carbone en marche humide supportent des charges bien plus élevées que les coussinets en marche à sec. Il en est de même pour les vitesses de glissement. La vitesse maximale indiquée dans ce diagramme, soit 4,1 m/sec, ne constitue nullement la limite extrême mais nous a été imposée par les conditions d'essai.

Les courbes des charges admissibles du diagramme p x v no. 3 ont été tracées pour des coussinets radiaux en marche humide et ne sont valables pour des coussinets radiaux qu'avec limitation dépendant de la construction et, en conséquent, de la capacité de lubrification du liquide.

Sauf pour les coussinets à segments, il faut pourvoir les coussinets axiaux de rainures de lubrification.

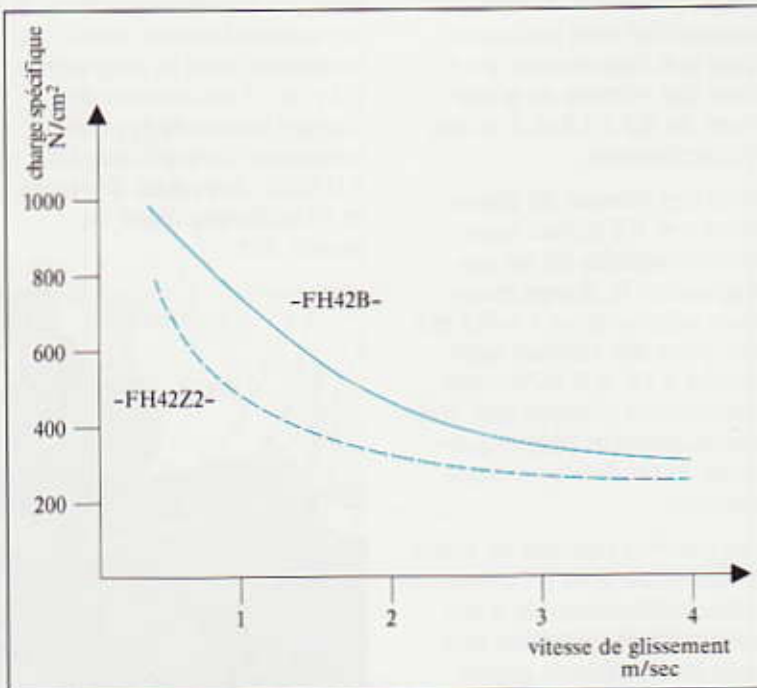


diagramme p x v no. 3
charges admissibles de
coussinets en carbone
en marche humide, en
fonction de la vitesse
de glissement

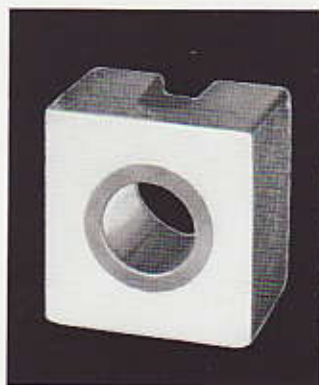
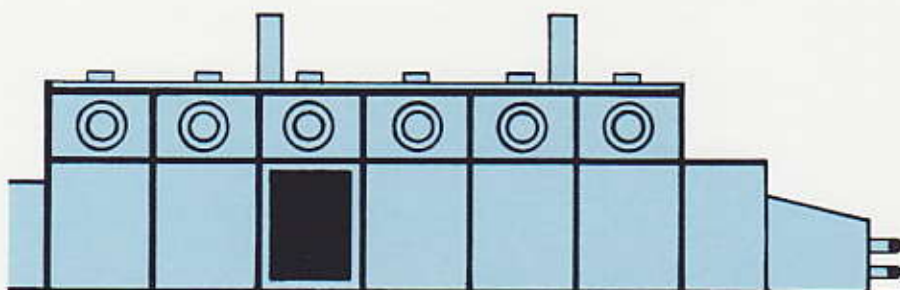
Champs d'application et recommandations de matériaux

L'énumération de champs d'application ci-après pour coussinets en carbone ne peut être complète parce qu'elle n'indique que les applications les plus courantes. Nous sommes d'ailleurs convaincus que les caractéristiques quasiment unique des matières carbone/graphite nous apporteront à l'avenir de nouvelles applications pour nos coussinets en carbone.

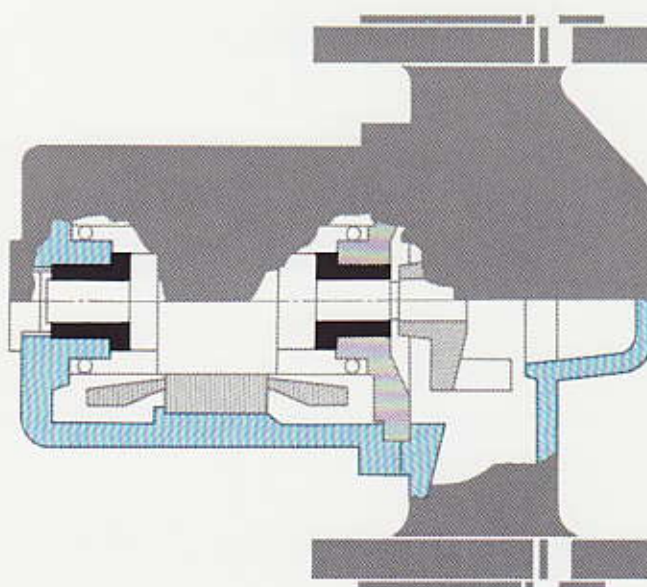
Nous sommes toujours prêts, en collaboration avec nos clients, d'améliorer nos matériaux et de les adapter aux nouvelles exigences et de développer de nouveaux matériaux.

Il faut considérer les matériaux Schunk indiqués comme de simples recommandations pour les applications où ils ont donné leur preuve.

Suivant le cas, certaines conditions de fonctionnement peuvent nécessiter l'utilisation d'un autre matériau carbone/graphite et nos services application technique ou développement sont toujours à votre disposition pour vous conseiller.



coussinets en carbone pour sècheirs de placage



pompe à rotor noyé avec coussinets en carbone

Champs d'application	Recommandations de matériaux
<u>Marche à sec</u>	
Séchoirs de placage	FH42; FH44Z2
Séchoirs pour carreaux de plâtre ou plaques de parement en plâtre	FE45Y3; FE65
Fours de traitement de verre	FE45Y3; FE65
Chaines de convoyeur pour tours	FH42
Installations de refroidissement pour laminoirs	FE45Y3
Clapets de soupape	FE45Y3
Pompes à cellules semirotatives et compresseurs d'air	FH42Z2; FF511
<u>Marche humide</u>	
Machines de teinturerie	FH42; FE45Y3
Machines de blanchisserie	FE45Y3
Installations de lavage industrielles	FH42; FH42Z2
Installations galvaniques	FH42; FE45Y3
Compteurs de liquides	FH42Y3; FH42A
Pompes à engrenages	FH42Y3; FH42A
Pompes immergées cousinets radiaux cousinets axiaux	FH42Z2; FH42B FH42Z5; FH82Z5; FH82A
Pompes de surpression	FH42B; FH42ZP2
Pompes pour eau industrielle	FH42ZP2
Pompes à produits chimiques	FH42Z2; FH42Y3; FE45Y3
Accélérateurs de chauffage	FH42B; FH42Z2
Pompes à huile caloporteur	FH42A
Pompes à gaz liquéfié	FH42A; FH42Z2
Pompes pour combustibles industrielles	FH42A
Pompes d'alimentation ou d'injection pour voitures particulières	FH531B; FF511; FF931; FH421B
Pompes et agrégats pour l'industrie des denrées, pharmaceutique ou cosmétique	FH42ZP2; FH42Z2; FH42Y3

35.38f



Rodheimer Straße 59
D-6301 Heuchelheim
Telefon (06 41) 6 08-0
Telefax (06 41) 6 08-7 47
Telex 1 76 419 012 schk d
Teletex 64 190 12

Schunk Kohlenstofftechnik GmbH