

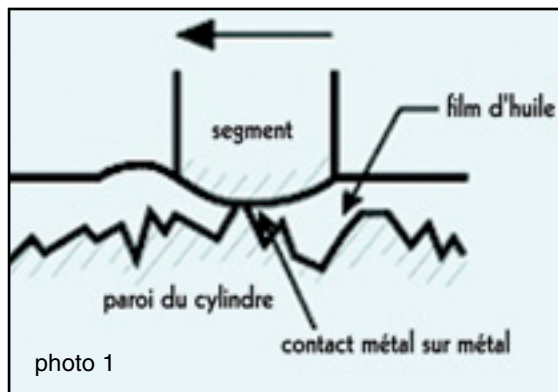
Le Rodage

Texte Kevin Cameron

La période de rodage d'une motoneige a toujours relevé du domaine du mystère pour beaucoup de motoneigistes et est une source de controverses pour plusieurs d'entre eux. Doit-on roder une motoneige à haute vitesse, à basse vitesse ou dans des conditions normales d'opération ? Que se passe-t-il durant cette période de temps ? Est-ce une phase aussi critique que certains le laisseraient croire ?

Pour répondre à toutes ces questions et plus encore, nous avons demandé la collaboration du réputé gourou des moteurs Kevin Cameron pour expliquer et démystifier la période de rodage de votre motoneige. Bonne lecture.

Peu importe avec quelle précision les pièces d'une machine peuvent être fabriquées, leurs premières heures de fonctionnement constituent le dernier procédé d'usinage de leur fabrication. En effet, c'est pendant ces premières heures que les pièces s'usent légèrement jusqu'à ce qu'elles soient bien ajustées les unes aux autres. Sous l'œil d'un microscope ou mises en image par un profilomètre, les surfaces usinées présentent un profil de crêtes et de creux, le résultat de procédés d'enlèvement du métal au cours de la production. Ces irrégularités mineures disparaissent avec l'usure au cours du rodage (photo 1).



L'usure des segments de pistons et des cylindres, qui ne sont jamais parfaitement ronds, crée un contact intime entre eux qui permet d'obtenir une bonne étanchéité.

Il y a trente ans, le rodage constituait une étape plus cruciale qu'il ne l'est aujourd'hui. En effet, l'enlèvement du métal était plus important à l'époque, lorsque les cylindres de fer recevaient un fini croisé grossier de grain 80. Ce fini transformait chaque cylindre en une lime à taille croisée cylindrique qui, au cours de la première période de fonctionnement, limait les segments de pistons en fonte jusqu'à ce qu'ils s'ajustent au cylindre. Une fois que les profils de surface des segments et des cylindres étaient usés en-deçà de l'épaisseur de fonctionnement du film

d'huile, cet effet cessait et le rodage était complété. Par la suite, le film d'huile soutenait les segments dans la plus grande partie de leur course, réduisant ainsi considérablement l'usure.

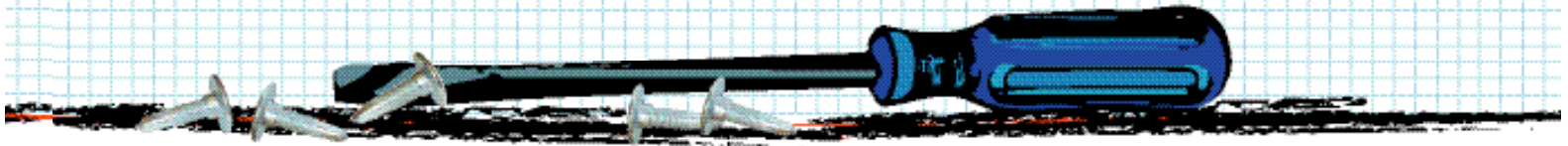
Aujourd'hui, pour une variété de raisons, les cylindres présentent généralement un profil de surface beaucoup plus fin, souvent grâce à un fini « plateau » de grain 600 (photo 2), tandis que les segments de pistons sont rodés



au préalable dans des cylindres ronds au cours de leur fabrication afin de les rendre véritablement plus circulaires. Ainsi, les procédés de fabrication modernes se chargent d'une grande partie de la finition de surface finale qui avait lieu durant le rodage. Par conséquent, le rodage produit aujourd'hui moins de chaleur et enlève moins de métal qu'autrefois.

Malheureusement et pour une tout autre catégorie de raisons, le rodage peut encore aujourd'hui occasionner des problèmes comme nous le verrons plus bas.

Chaque fois que les profils de surface de deux pièces de machine entrent en contact, de la chaleur est produite. C'est pourquoi il est généralement recommandé de varier la force d'accélération et la vitesse



du moteur au cours du rodage. Une force d'accélération et une vitesse régulières ne laissent pas à l'excès de chaleur le temps de se dissiper et n'offrent pas de conditions changeantes permettant d'évacuer les particules d'usure.

L'objectif principal du rodage est une étanchéité efficace et durable des segments de pistons. Si les segments sont surchauffés au cours du processus, ils peuvent perdre de la tension ou se déformer. Plus le segment et le cylindre sont bien ajustés l'un à l'autre, plus il est facile de les lubrifier efficacement pour une durabilité accrue.

Le résultat le plus fréquent des problèmes de rodage est une mauvaise étanchéité, dont la cause est visible sur la surface d'usure du segment. Après un bon rodage, on peut voir une bande d'usure continue qui commence au bord inférieur du segment et s'étend sans interruptions tout autour de celui-ci. En cas de mauvais rodage, ce motif d'usure est remplacé par une succession de points brillants autour du bord inférieur de la surface du segment. Ces points sont les points de contact initiaux, mais le processus d'usure s'est arrêté avant de permettre un plein contact tout autour du segment. En effet, l'huile a d'une façon ou d'une autre réussi à appliquer la pression du segment sur la surface réduite de ces points ou zones, tandis qu'entre ceux-ci ont eu lieu des fuites, ce qu'un test de compression ou de fuite permet de confirmer. Lorsque des segments de pistons de moteur à quatre temps ne sont pas bien rodés, la consommation d'huile demeure élevée et on peut même voir de la fumée sortir de l'échappement.

Les rayures constituent un autre type de problème de rodage. Dans ce cas, le segment de piston ou le piston entre en contact avec la paroi du cylindre de façon si poussée et prolongée que la lubrification est interrompue et que les pièces sont endommagées, ce qui laisse des



photo 3

marques visibles sur les pièces et rend l'étanchéité de l'alésage impossible (photo 3). La cause évidente de ce problème est un excès de chaleur qui survient trop tôt, une autre raison de respecter l'alternance mentionnée plus haut entre des périodes de force d'accélération élevée et

d'autres de force d'accélération plus faible ou de fonctionnement en douceur.

Un problème caractéristique des moteurs à deux temps est la pression concentrée qui s'exerce sur les segments de pistons sur les bords des lumières d'échappement et qui laisse souvent une ligne ou une rayure permanente sur la surface du segment. Cela se produit habituellement lorsqu'un nouvel alésage est utilisé sans lissage ou cambrage des bords des lumières (photo 4), une étape

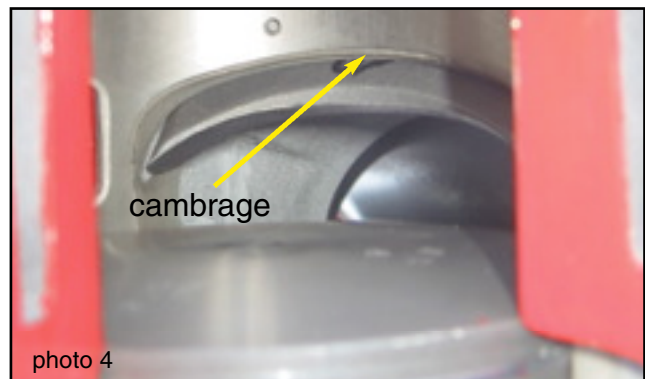


photo 4

importante. Les pièces de série sont habituellement appropriées, mais les cylindres d'alésage ou de revêtement récent peuvent nécessiter un lissage des bords des lumières au moyen d'une meule abrasive.

LA SCIENCE DU RODAGE

Ce qui nous amène à la science du rodage. Il existe deux grandes théories concernant le rodage, chacune contenant des éléments de vérité. La plus classique, remontant aux débuts du domaine en question, est celle du « dorlotement », qui recommande de ne faire fonctionner le véhicule que très lentement au début, puis d'augmenter progressivement l'accélération et le tr/min sur une distance de plusieurs centaines de kilomètres.

Cette théorie était correcte en 1935, lorsque le rodage devait enlever de grandes quantités de métal, ce qui produisait une chaleur considérable. Un accroissement progressif de la force d'accélération et du tr/min permettait à ce processus de se dérouler sans problèmes.

Pourquoi cette théorie n'est-elle plus valable aujourd'hui? La finition des pièces et la qualité de l'huile se sont beaucoup améliorées en sept décennies. L'huile n'était que de l'huile en 1935, mais aujourd'hui les huiles lubrifiantes sont remplies d'additifs anti-usure efficaces (photo 5) tels que le dithiophosphate dialcylrique de zinc (ZDDP). Ces additifs sont très efficaces lorsqu'il s'agit de prolonger la

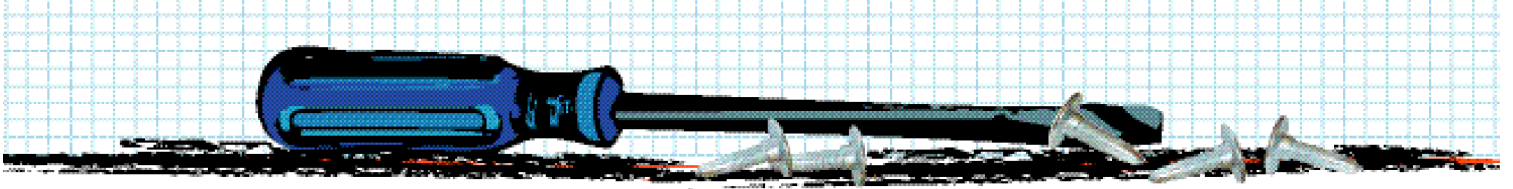


photo 5

vie du moteur, mais ils peuvent également interférer avec le rodage en permettant à de petites surfaces d'usure de

subir une pression élevée. Ainsi, les additifs d'huile constituent la principale cause des problèmes de rodage occasionnels constatés aujourd'hui.

Les additifs anti-usure fonctionnent en formant des couches solides durables mais assez glissantes sur les surfaces de métal. Lorsqu'une pression localisée élevée endommage ces couches, elles se reforment à partir des additifs contenus dans l'huile. Par conséquent, si le rodage doit enlever beaucoup de métal, les additifs interrompent probablement le processus aussitôt que la couche d'additifs pourra subir la pression sur une superficie très limitée. C'est pourquoi un segment de piston mal rodé présentera seulement des points de contact avec la paroi du cylindre localisés et non une bande d'usure sur 360 degrés comme il le devrait.

L'autre théorie la plus connue concernant le rodage affirme que « si vous radez votre véhicule rapidement, il sera rapide, mais si vous le radez lentement, il sera toujours lent ». Cette théorie est apparue à l'époque des premiers additifs d'huile anti-usure, vers la fin des années 1950. Tel que mentionné plus haut, si un moteur exige l'enlèvement d'une quantité importante de métal afin de compléter le rodage et si l'huile utilisée contient un additif anti-usure, le « dorlotement » du moteur au cours du rodage permettra à l'additif de subir la pression avant qu'un plein contact avec le segment de piston ne soit établi. C'est pour cette raison que de nombreux constructeurs de moteurs suggèrent de courtes périodes d'accélération assez poussée, interrompues par des périodes d'accélération plus légère. Un représentant d'un fabricant de segments de pistons pour moteurs Diesel nous a affirmé que d'après son expérience, au moins 70 % de la pleine puissance étaient nécessaires afin de roder les segments de pistons.

Il existe cependant une différence entre la « puissance », c'est-à-dire une accélération poussée, et la « rapidité », qui signifie un tr/min élevé. Lorsqu'un additif anti-usure est présent, le rodage exige une accélération importante, mais plus le tr/min est élevé, plus la production de chaleur est importante. C'est la pression et non la vitesse qui force les segments de pistons à traverser la couche d'additifs anti-usure afin d'établir le contact nécessaire à un rodage complet.

Largement utilisés dans le monde des moteurs à deux temps, les « cycles de chaleur » consistent à effectuer

plusieurs réchauffements et refroidissements avant d'appliquer une force d'accélération élevée au moteur. Si cette théorie suggère que la chaleur entraînera d'une façon ou d'une autre une détente des pièces afin qu'elles s'ajustent les unes aux autres, la force d'accélération faible appliquée au cours des cycles de chaleur ne réchauffe probablement pas assez les pistons pour qu'ils « bougent ». En effet, le mouvement des métaux dû à la chaleur et à la force d'accélération exige qu'une pièce atteigne 0,4 ou 0,5 fois sa température de fusion, ce qui est assez chaud! Par conséquent, nous soupçonnons que les cycles de chaleur ne sont qu'une autre façon de s'assurer qu'un moteur est bien réchauffé avant l'utilisation.



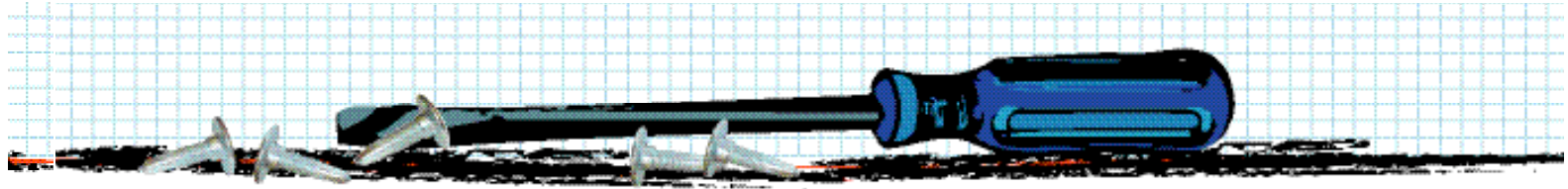
photo 6

Les problèmes de rodage occasionnels ne sont pas limités à notre époque, bien que beaucoup les associent spécifiquement aux huiles synthétiques. Les années 1930 étaient l'âge d'or des courses aériennes, lorsque les vieux de la vieille ne juraient que par l'huile de ricin qui avait fait ses preuves au combat pendant la Première Guerre mondiale, tandis que les fabricants d'huiles vantaient leurs nouvelles huiles minérales pour avions. Dans certains cas, les moteurs ne pouvaient pas être rodés avec l'huile de ricin.

La mise à l'essai des segments de pistons d'un moteur à quatre temps emploie un appareil de mesure du gaz soufflé dans le carter (ressemblant à un compteur de gaz municipal) afin de mesurer le volume de gaz atteignant le carter (photo 6). Lorsque le moteur est tout neuf, ce volume est élevé, mais il diminue rapidement de moitié au cours d'un rodage normal. Plus d'un technicien de dynamomètre expérimenté nous a confirmé que le rodage est souvent ralenti ou même interrompu par l'utilisation d'huiles synthétiques.

L'huile synthétique est-elle le problème (photo 7)? D'autres preuves suggèrent que ce n'est pas le cas et que le problème réside en fait dans les quantités élevées d'additifs anti-usure habituellement présentes dans les huiles modernes. Les moteurs anciens reconstruits aujourd'hui avec des pièces et des méthodes qui fonctionnaient dans le passé ne peuvent souvent pas être rodés. Ce sont les huiles disponibles qui ont changé.

Pourquoi les huiles ont-elles changé? Dans le cas des huiles de moteur à quatre temps, nous pensons que lorsque les moteurs d'automobiles à quatre soupapes plus petits et à montée en régime accrue se sont répandus dans les années 1980, des rayures des cames et des poussoirs sont apparues en raison des taux d'accélération des soupapes plus élevés. Les fabricants d'huile ont résolu le problème en ajoutant plus d'additifs anti-usure, ce qui a mené au cours des années 1980 à une épidémie de nouveaux moteurs dont la consommation d'huile demeurait élevée, conséquence d'un rodage incomplet des segments de pistons. Ce problème a pour sa part mené aux segments de pistons « pré-rodés » et aux finis d'alésage plus fins d'aujourd'hui,



qui réduisent tous deux la quantité de métal que le rodage doit enlever.

Aujourd'hui, les nouveaux moteurs à quatre temps sont essentiellement rodés au préalable en usine. Seule une courte période de rodage est requise et il s'agit plutôt d'une période d'observation.

Il existe diverses techniques permettant de roder un moteur ancien reconstruit. Tout d'abord, certains fabricants d'huiles (Motul, par exemple) offrent une huile de rodage spéciale sans les quantités importantes d'additifs anti-usure des huiles modernes. Rodez le moteur avec cette huile spéciale, puis faites la vidange de l'huile et remplacez-la par l'huile que vous prévoyez utiliser. Notez que les contenants d'huiles de moteur à quatre temps comportent un code tel que « SG » ou « SH » en plus de l'information de viscosité telle que « 10 W 40 ». Ce code spécifie les normes d'essai auxquelles cette huile est conforme. Le « S », pour « spark » ou étincelle, signifie que l'huile est conçue pour être utilisée dans les moteurs à allumage commandé. Un « C » indique que l'huile est conçue pour les moteurs à allumage par compression, tandis qu'une huile « SA » est essentiellement sans additifs et peut être utilisée comme huile de rodage.

Une autre méthode éprouvée consiste à alterner de courtes périodes d'accélération poussée et des périodes de fonctionnement en douceur au cours desquelles les particules d'usure produites sont évacuées jusqu'au filtre par le système d'huile et toute concentration de chaleur localisée peut se dissiper.

Enfin, certains constructeurs de moteurs emploient la technique du « rodage à sec ». Les parois des cylindres sont d'abord lavées pour l'assemblage, puis essuyées et séchées avec des serviettes de papier. Au cours de l'assemblage, chaque jupe de piston est lubrifiée avec une goutte d'huile, mais les segments sont assemblés sans lubrification. Lorsque le moteur est démarré pour la première fois, le tr/min est amené jusqu'à la moitié du régime critique et y est maintenu pendant 30 secondes. L'huile et le filtre sont ensuite remplacés.

DEUX TEMPS CONTRE QUATRE TEMPS

La grande différence entre les moteurs à deux temps et les moteurs à quatre temps durant le rodage est que les deux

temps présentent une température de pistons très élevée, naturellement causée par leur double taux de combustion.

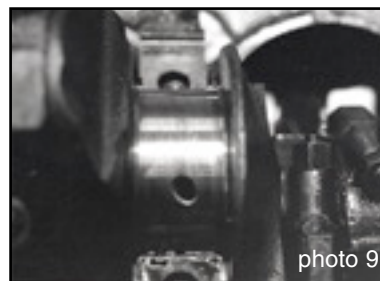


Ce problème introduit la possibilité d'un « grippage à froid » d'un piston (photo 8) se développant rapidement tout de suite après le démarrage pour devenir plus gros que son cylindre plus froid. En effet, lorsqu'un moteur à deux temps est démarré pour la première fois, ses pistons se réchauffent beaucoup plus rapidement

que ses cylindres, et avec un jeu réduit un grippage est possible même si ce jeu est suffisant pour la pleine puissance lorsque le réchauffement est complet. Il est donc préférable de réchauffer tout moteur à deux temps avant d'appliquer toute force d'accélération élevée, même si le moteur est déjà bien rodé. C'est d'ailleurs pour cette raison que certains constructeurs de moteurs à deux temps incluent une période de « fonctionnement à bas régime » dans leur système de régulation moteur pour les premières heures d'utilisation initiale.

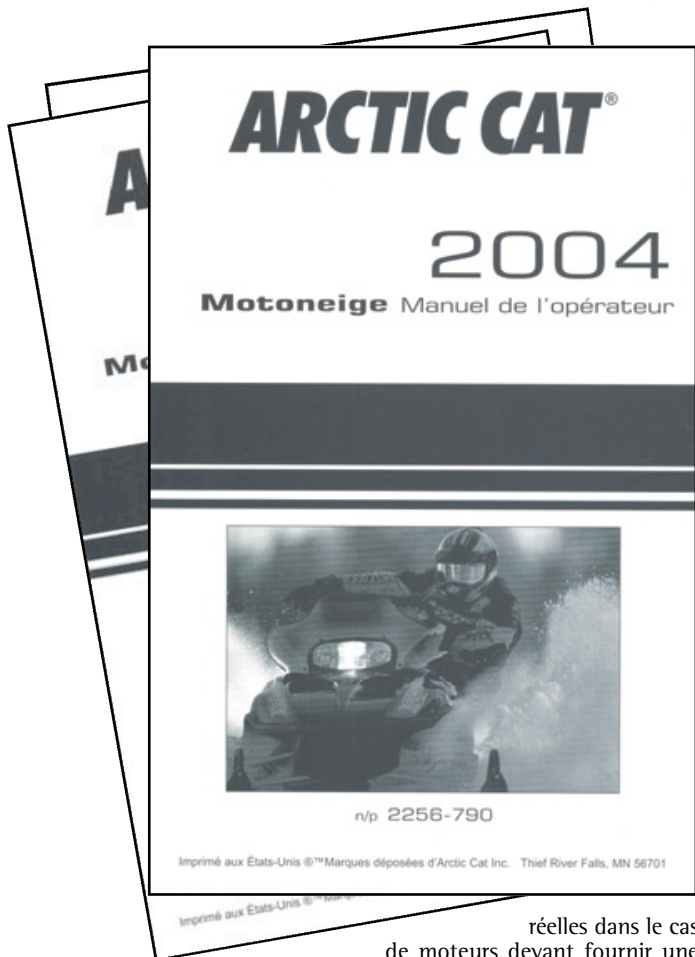
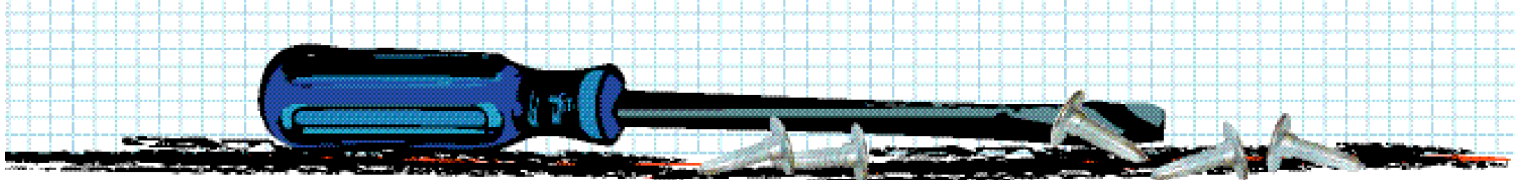
Certains propriétaires de moteurs à deux temps ajoutent de l'huile à leur carburant durant le rodage, estimant que plus d'huile signifie plus de protection. Il faut cependant tenir compte du fait qu'ajouter de l'huile au carburant appauvrit le mélange combustible. En effet, seule la proportion du mélange combustible sous forme de vapeur brûlera. Tout le reste, soit le carburant toujours sous forme de gouttelettes et les composants non volatiles tels que l'huile lubrifiante, traversera le moteur sous forme partiellement brûlée seulement. Ajouter de l'huile au carburant appauvrit donc le mélange, puisque la quantité de carburant évaporée est réduite par le pourcentage d'huile ajouté. Pour des gicleurs principaux de type 300, ajouter trois pour cent d'huile au carburant correspond à réduire les gicleurs d'une taille. Par conséquent, il est préférable de suivre les conseils du fabricant et d'être prudent afin de ne pas trop appauvrir le mélange, ce qui pourrait entraîner un grippage des pistons.

Beaucoup d'informations circulent parmi les utilisateurs de moteurs, mais elles ne sont pas toutes utiles



aux propriétaires de véhicules de série. Par exemple, certains constructeurs de moteurs NASCAR remplacent les garnitures de paliers de vilebrequin après le rodage afin d'éviter les rayures du vilebrequin (photo 9) dues aux particules d'usure incrustées dans la surface

des paliers. Vous entendrez peut-être aussi parler d'utilisateurs soigneux qui emploient un outil spécial afin de retirer l'élément métallique d'un filtre à huile usé, de façon à pouvoir examiner le côté particules de la surface du filtre. Les mécaniciens de moteurs d'avion sont toujours en train de « regarder les filtres » afin de déterminer si un moteur « perd du métal ». Il s'agit de préoccupations



réelles dans le cas de moteurs devant fournir une puissance élevée continue, mais elles ne sont pas nécessaires pour les utilisateurs de moteurs de série. Suivez les instructions de votre manuel de l'utilisateur afin de connaître la technique de rodage appropriée ainsi que le type d'huile, la viscosité et, dans le cas des moteurs à quatre temps, l'intervalle entre les vidanges d'huile recommandés. Autrement, les moteurs modernes sont tellement sophistiqués qu'ils prennent soin d'eux-mêmes.

SEGMENTS OU CYLINDRES À SURFACE DURE

L'accroissement de la puissance nominale des moteurs s'est accompagné d'une augmentation de la température de surface des segments de pistons. Autrefois, de simples segments en fonte étaient adéquats, mais à des températures plus élevées, l'usure est devenue beaucoup trop rapide. Cette situation a mené au chromage des surfaces de segments de pistons. Le chrome, dont la température de fusion est élevée, forme moins facilement un alliage avec le matériau des parois des cylindres lorsque la lubrification est interrompue, ce qui réduit la soudure et les rayures, et par conséquent l'usure. Le fer est cassant et des segments d'acier ont donc été adoptés afin d'éviter les bris. Des températures encore plus élevées peuvent exiger des segments dont la surface est revêtue de molybdène ou de céramique. Étant donné que chacun de ces matériaux est plus dur que le précédent, des surfaces initiales de parois de cylindres et de segments plus fines sont nécessaires puisque l'usure est tellement réduite.

Le matériau dur peut également être placé sur la paroi du cylindre, comme l'indique l'utilisation récente du Nikasil et d'autres revêtements durs appliqués directement sur l'aluminium du cylindre. Cette méthode permet d'éviter le poids supplémentaire des revêtements de fer et améliore la dissipation de la chaleur, mais elle empêche par contre un nouvel alésage des cylindres pour les pistons surdimensionnés. Qu'un matériau dur soit appliqué aux segments ou aux cylindres, des finis de surface plus épais sont nécessaires puisque si peu de métal est enlevé au cours du rodage.

PALIER DE MOTEUR

Comme les segments et les cylindres, les tourillons et les paliers de vilebrequin sont à présent fabriqués et calibrés pour offrir un fini très fin et une tolérance très précise. C'est également le cas des vilebrequins à éléments roulants des moteurs à deux temps (photo : crankshaft roller bearings) et des paliers de tourillons simples des moteurs à quatre temps (photo : plain bearings and rod). En fait, tant qu'ils sont lubrifiés au moment du démarrage, ces composants n'ont maintenant presque plus besoin d'être rodés. Autrefois, lorsqu'un nouveau moteur marin était utilisé pour la première fois, un matelot était chargé de surveiller la température des paliers en mettant sa main sur chaque chapeau de tourillon un après l'autre. Si un tourillon devenait trop chaud, le moteur était éteint, le chapeau était enlevé et un ajusteur grattait soigneusement les saillies avant que le moteur ne soit remis en marche. Grâce à la technologie moderne, cette méthode vieillotte est aujourd'hui dépassée.

CONCLUSION

Il y a trente ans, le rodage d'un moteur entraînait la production d'une grande quantité de matières particulières noires, ce qui indiquait l'importance de l'enlèvement du métal qui se produisait. Aujourd'hui, des températures de moteur plus élevées ont rendu nécessaire l'utilisation de segments de pistons à surface dure ou le revêtement des cylindres au moyen de matériaux très résistants à l'usure. De tels matériaux durs s'usent si lentement qu'il a fallu augmenter considérablement la précision de la fabrication des segments de pistons et des alésages de cylindres. Le résultat : des moteurs qui exigent moins de rodage. Malgré cela, pour plus de sécurité, il est préférable de suivre attentivement les instructions de rodage figurant dans le manuel de l'utilisateur. Beaucoup de choses se produisent durant les premières heures d'utilisation d'un nouveau moteur. Un bon rodage rapportera tout au long de la vie de votre moteur, alors soyez patient et faites-le bien. Votre moteur vous remerciera.

Prochain numéro :

Nous décortiquerons le SnowHawk 600 HO de AD BOIVIN Design. Pour toute question au sujet de cet article ou pour suggérer des thèmes pour les chroniques à venir, n'hésitez pas à nous écrire à mecano@fcmq.qc.ca