

QUAND LA FRICTION EST L'ENNEMI



Le Petit Larousse définit la friction comme la « résistance que présentent deux surfaces en contact à tout mouvement de l'une par rapport à l'autre ». De façon générale, nous savons tous ce que veut dire ce mot, et comme presque toute chose dans la vie, la friction appelle des pous et des contres, ceux-ci étant généralement dictés par les circonstances.

Bonne friction, mauvaise friction

Dans le contexte de la motoneige, certaines formes de friction sont souhaitables, disons même essentielles, alors que d'autres ne le sont pas. Par exemple, lorsqu'il s'agit de la chenille, nous voulons le maximum de friction, car l'absence de celle-ci, parfois appelé le « patinage », réduit le transfert de puissance et, par le fait même, l'efficacité du groupe motopropulseur. Voilà justement pourquoi nous avons vu la taille des talons de chenille grandir au fil des années, tout comme une utilisation plus répandue des crampons, deux méthodes pratiques servant à réduire le patinage.

Il en va de même pour l'interaction entre les embrayages et la courroie d'entraînement, puisque le glissement entre les soupapes et la courroie diminue non seulement l'efficacité, mais de plus, cause un surplus de chaleur, ce qui a pour effet de réduire la durabilité et la longévité des courroies (une situation qui peut rapidement devenir très dispendieuse, comme certains peuvent en témoigner).

D'autre part, demandez à un pilote de course de motoneige sur l'eau ce qui arrive lorsque l'eau réussit à pénétrer le logement des embrayages durant une course. Inutile de dire que la question ouvrira la porte à une anecdote sur l'écoulement de la motoneige, la présence de l'eau agissant comme un lubrifiant et nuisant au transfert de puissance, à tel point que la motoneige se transforme instantanément en ancre...

Passons maintenant aux skis et aux lisses. Ici, nous devons porter notre attention sur deux aspects différents, soit la friction (ou l'adhérence) dans les axes radial et latéral. La friction dans l'axe radial est celle qui existe en ligne droite dans la direction

du mouvement de la motoneige, c'est-à-dire l'axe avant-arrière. Il est évident qu'une minimisation de celle-ci (parfois appelée trainée) aide à réduire la consommation d'essence toute en améliorant la performance. Si un minimum de friction radiale est souhaitable, l'opposé est vrai lorsque l'on parle de friction latérale, puisqu'il s'agit d'une résistance qui donne du « mordant » aux skis et aux lisses. À titre d'exemple, une condition de sous-virage résulte d'une insuffisance de friction latérale.

Caractéristiques et réduction

Lorsqu'il y a friction, la chaleur et l'usure sont également au rendez-vous. Le meilleur exemple servant à illustrer ce principe est l'utilisation de papier sablé, ou encore, du système de freinage d'un véhicule. Dans ces deux cas, l'usure est soit souhaitable, soit le prix à payer pour obtenir l'effet escompté (c'est-à-dire de ralentir ou d'arrêter le véhicule dans le cas du freinage). Toutefois, comme le démontrent les exemples ci-dessus, il existe de nombreuses situations où la friction n'est simplement pas bienvenue. Alors, dans ces cas, comment faire pour la réduire?

Il existe de nombreuses façons de réduire le frottement. En effet, la poursuite de l'efficacité, en particulier dans le domaine de la consommation de carburant, a entraîné une véritable ruée de développements et de nouvelles technologies ces dernières années. Toutefois, la diminution du frottement n'est pas poursuivie uniquement pour des raisons de gains d'efficacité, mais également pour réduire, entre autres, l'usure ou la production de chaleur. De façon plus concrète, dépendant de l'application, nous faisons notamment appel à des techniques d'usinage (afin d'améliorer la finition de surface), roulements, coussinets, lubrifiants et, de plus en plus, à des revêtements. Bien qu'il existe de nombreuses méthodes et techniques pour réduire la

friction, nous allons, pour les fins de cet article, nous concentrer sur les revêtements, ceux-ci étant relativement nouveaux dans le monde de la motoneige.

Qu'est-ce qu'un revêtement?

À la base, un revêtement est un traitement ou un enduit conçu pour améliorer les propriétés de la surface d'un objet ou d'un matériel. En effet, le dépôt d'une matière permet de modifier les caractéristiques du matériel sous-jacent afin d'atteindre un objectif précis. Un exemple connu de tous ou presque est le revêtement de téflon que l'on retrouve sur les chaudrons et les poêles, et permettant d'éviter que des aliments collent à la surface lors de la cuisson. Si le téflon tient ses promesses dans la cuisine, il n'est pas vraiment pratique pour la motoneige. Toutefois, certains autres revêtements le sont.

Le « moly »

Le revêtement communément appelé « moly » est un enduit de disulfure de molybdène (MoS_2). Mis au point à la fin des années 1960, il s'agit du lubrifiant à fil sec le plus fréquemment utilisé actuellement. Il résiste aux températures allant jusqu'à 350 degrés Celsius et s'avère efficace dans une grande variété de conditions où la charge est plutôt élevée (allant jusqu'à 250 000 lb/po²). Composé du lubrifiant disulfure de molybdène jumelé à une résine de forte adhésion, le moly est appliqué par durcissement thermique et adhère complètement au métal sous-jacent. En utilisation, le revêtement se « sacrifie » et se transfère à la surface d'accouplement, réduisant ainsi l'usure et le frottement (la lubrification se produisant entre les atomes de sulfure).

Depuis maintenant quelques années, on retrouve le moly sur les jupes de piston (surtout des moteurs à deux temps), celui-ci étant généralement appliqué en couche d'une épaisseur d'environ 25 microns (ou millièmes de mètre). Le revêtement aide à améliorer la durabilité du piston, notamment durant la période critique du rodage, ainsi que lors du démarrage quand le piston n'est pas encore à sa pleine taille et a donc de fortes chances de se bercer sur l'axe, ce qui entraînerait un contact entre la jupe et la paroi du cylindre. Un bon nombre de sociétés de pièces de rechange offrent ce revêtement en option.

Comme on pouvait s'y attendre, de nouveaux revêtements ont vu le jour ces dernières années, mais pour bon nombre d'entre eux, le MoS_2 figure dans leur liste d'ingrédients. Par

exemple, la compagnie Federal-Mogul, un fournisseur important dans le secteur automobile, offre maintenant un produit nommé EcoTough, ce dernier étant composé de MoS_2 , de graphite et de fibres de carbone, et censé réduire la friction et accroître la durabilité.



Un revêtement de moly sur les jupes de piston n'est pas le domaine exclusif des fabricants « OEM ». Plusieurs fabricants de pistons (comme Wiseco) l'offrent à leurs clients, soit en série, soit en option pour un léger supplément.

Le « DLC »

Présent dans le monde de la motoneige depuis 2010 (on le retrouve sur les poussoirs de soupapes dans le moteur 600 ACE de Rotax/BRP), le « diamond-like carbon », connu en français sous les appellations carbone adamantin ou carbone de type diamant, ou simplement sous l'acronyme DLC, est un revêtement qui offre à la fois dureté, résistance à l'usure et glissance. Noir et luisant, le DLC a une dureté qui s'approche de celle du diamant, d'où son nom.



Cherchant à optimiser l'efficacité de sa gamme de moteurs ACE, les ingénieurs de Rotax se sont tournés vers le DLC (sur les poussoirs de soupapes) pour réduire le frottement dans le système de distribution.

Un chimiste se ferait un plaisir de vous informer qu'il existe sept différentes formes de DLC et d'exposer de long en large les caractéristiques atomiques, chimiques et physiques qui rendent le DLC si résistant et désirable dans des applications où prime la diminution de l'usure et de la friction. D'ailleurs, ce n'est pas pour rien que cet enduit a vu sa popularité bondir ces derniers temps. En effet, sa résistance à l'usure par abrasion et adhésion le rend idéal pour des applications qui comportent une pression de contact extrême, que ce soit en roulant ou en glissant.

En plus des caractéristiques énoncées ci-haut, la popularité du DLC repose aussi sur le fait qu'il peut être appliqué à pratiquement tout matériel compatible avec un environnement sous vide. Il existe différentes méthodes pour appliquer le DLC (variant, entre autres, selon la forme de DLC utilisée), mais on l'applique le plus souvent par dépôt physique en phase vapeur dans une chambre de vacuum. Le DLC est appliqué en couche très mince, habituellement d'une épaisseur de 0,5 à 4 microns (à titre de

comparaison, l'épaisseur d'un cheveu humain peut varier de 40 à 250 microns). Un point important à noter est que s'il s'agit d'une surface de glissement, il est critique d'assurer une finition des plus lisses avant de procéder à l'application du DLC; celui-ci, malgré sa minceur, aura tendance à amplifier les imperfections que l'on retrouve sur la surface. Voilà pourquoi, à l'étape de la préparation, on procède généralement à un « super polissage ».

Malgré la minceur de la couche de DLC présente sur un objet, celle-ci est suffisamment robuste pour transformer l'objet ou la surface sur laquelle elle est appliquée. Ainsi, on comprendra que le DLC est devenu presque indispensable dans le domaine des outils de coupe en industrie. Par exemple, dans des essais en laboratoire, une couche de seulement deux microns de la variété « ta-C » (la plus résistante des sept formes de DLC) sur un outil en acier inoxydable a prolongé sa durée de vie d'une semaine à 85 années!



En raison de sa dureté, le DLC est devenu un incontournable dans le monde des outils de coupe, comme on peut le constater sur ces trépan de broyeur. L'ajout d'un revêtement d'une épaisseur d'à peine quelques microns multiplie leur durée de vie, réduisant du coup les temps d'arrêt et les coûts.

Il est évident que dans le domaine de la motorisation, on ne retrouve pas le DLC dans les seuls moteurs 600 et 900 ACE. On le retrouve dans les moteurs de nombreux bolides de course, dont les automobiles de Formule 1 et NASCAR, ainsi que les motocyclettes de MotoGP. À ce chapitre, on nous dit qu'une écurie de MotoGP, à la recherche de puissance, a choisi de faire traiter les arbres à cames et les poussoirs de soupapes de ses moteurs, souhaitant ainsi réaliser des gains d'environ 1 ch. Une fois l'exercice terminé, le dynamomètre démontra un gain de 8 ch, ce qui, bien sûr, constitue une énorme hausse dans le monde des courses! Il est évident que le DLC présente une capacité importante à réduire la friction.



Les « tuners » et coureurs cherchant à tirer le maximum de puissance de leur moteur se tournent de plus en plus vers le DLC, l'ajoutant notamment sur les lobes des arbres à cames. En coupant la friction, plus d'énergie est libérée pour faire accélérer le véhicule. En prime, on profite d'une marge de sécurité accrue en cas de perte de lubrification. Toutefois, pour assurer une adhésion adéquate et durable, on recommande des arbres à cames usinés de billette, ce qui rend l'exercice très dispendieux.



Peu d'environnements sont plus exigeants que l'intérieur d'un moteur de motocross : chaleur intense, hautes révolutions continues, poussière omniprésente et faible contenance d'huile exposent toute faiblesse en rien de temps. Cependant, le DLC est si efficace quand il s'agit de réduire la friction, que le fabricant KTM a pu remplacer les rouleaux sur les culbuteurs (de soupapes) de certains de ses modèles 2014 (comme cette 350 SX-F 2014) par un revêtement DLC, améliorant ainsi leur longévité et leur fiabilité sans sacrifier la performance.

De nombreux véhicules de série sont maintenant dotés de pièces (surtout dans le système de distribution) revêtues de DLC, la réduction du frottement contribuant à des améliorations perceptibles dans la consommation d'essence. De plus, sa résistance fournit une excellente marge de sécurité en cas de bris ou de pénurie de lubrification.



Depuis maintenant quelques années, le DLC est utilisé sur les fourches de certaines motos de compétition « motocross », aidant à la fois à réduire la friction (et améliorant la souplesse) tout en prolongeant la durabilité.



Il n'y a pas si longtemps, dans la période pré-DLC, il n'était pas inhabituel pour un moteur d'auto NASCAR de subir une panne mécanique lors de certains événements (surtout sur les circuits à haute vitesse) en raison d'un échauffement de l'axe de piston. Dans l'ère DLC, cela est chose du passé.

Autres revêtements

Bien sûr, le moly et le DLC ne sont pas les seuls revêtements disponibles sur le marché. Comme nous l'avons noté ailleurs, la poursuite de l'amélioration de l'efficacité en matière de consommation de carburant, sans parler de l'obligation pour les véhicules de se conformer à de nouvelles normes limitant les émissions de CO₂ (en Europe, entre autres), fait en sorte que toutes les avenues visant à réduire le frottement sont sous étude, y compris les revêtements. Voici un survol rapide de deux des revêtements les plus communs utilisés dans les sports motorisés.

Le « Kashima »

Utilisé sur les amortisseurs Fox Float Evol X que l'on retrouvait sur la F800 Édition spéciale Tucker Hibbert de l'an passé, le revêtement Kashima est le produit d'un processus propriétaire d'anodisation dure (breveté par la société japonaise Miyaki). Alors que le film anodique produit par le processus d'anodisation dure est poreux et offre une résistance modérée à l'usure, le revêtement Kashima remplit les pores microscopiques avec des microparticules de « moly » (MoS₂), rendant la surface non seulement plus résistante, mais aussi plus glissante. On reconnaît le revêtement Kashima par sa couleur brunâtre.



La nitrure de titane (TiN)

La friction est l'ennemi numéro un des amortisseurs. Il est donc peu surprenant d'apprendre que certains fabricants de composants de suspension ont fait appel à des revêtements dans le but de réduire la friction. Certains ont adopté le DLC, alors que la société Ohlins, reconnue mondialement pour ses pièces haut de gamme, opte généralement pour la nitrure de titane, en particulier sur ses fourches de moto. Le TiN est un matériau céramique extrêmement résistant qui, comme le DLC, est appliqué en couches très minces (environ 5 microns). De couleur or, on le retrouve également sur des outils de coupe, dont les mèches de perceuse.



Photo : Yvon Bilodeau



Pour éviter l'apparition de panneaux comme ceux-ci...

Prière de respecter nos précieux droits de passage.

Restez dans le sentier !



FÉDÉRATION DES CLUBS DE MOTONEIGISTES DU QUÉBEC