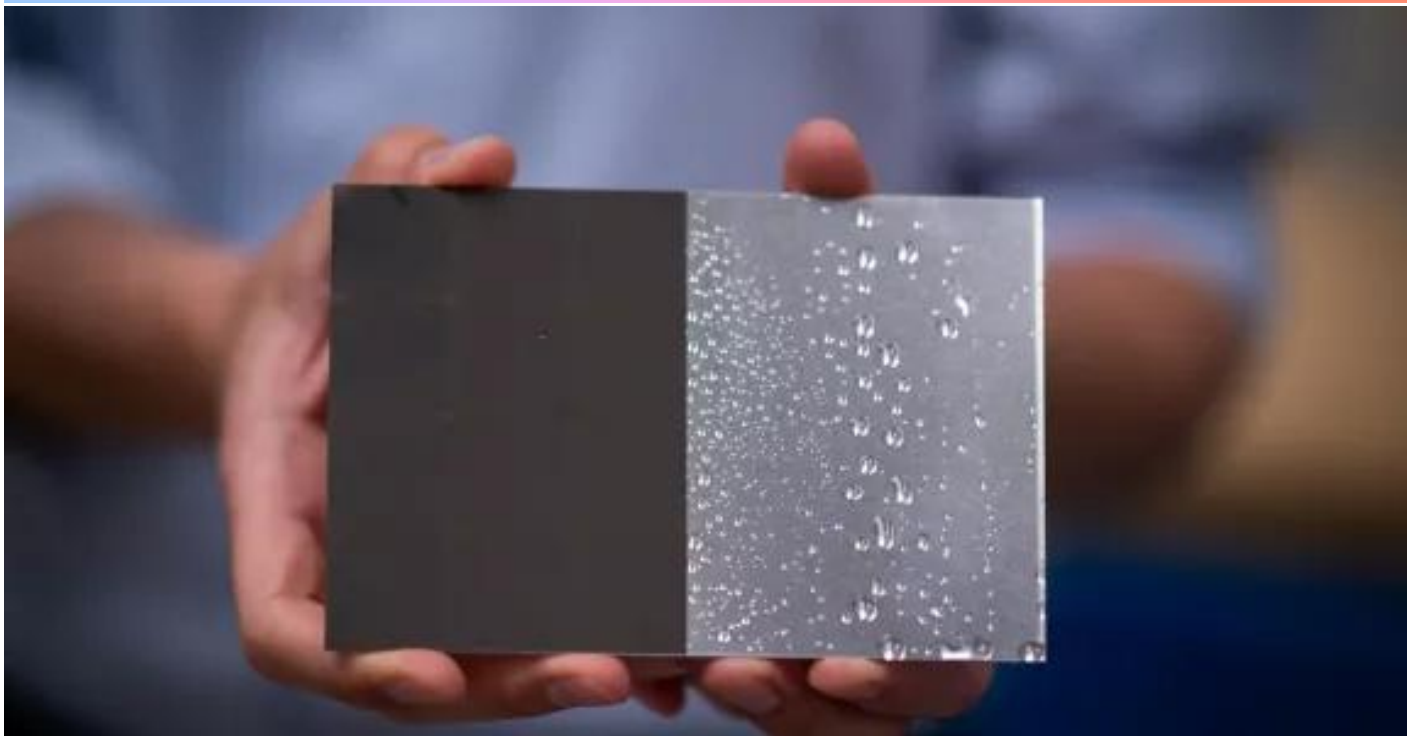




Texturation au laser vs revêtements en chrome dur dans les roulements | Série d'études ACV - partie 4

26 août 2025, 15:47

Felipe Baroni

La réduction du frottement dans les roulements est essentielle pour les performances, l'efficacité énergétique et la longévité des machines. Les méthodes traditionnelles utilisées pour conférer des propriétés de réduction du frottement aux surfaces en acier inoxydable comprennent les revêtements en chrome dur, qui améliorent considérablement la résistance à l'usure et au frottement, mais présentent des risques graves pour l'environnement et la santé en raison de la présence de chrome hexavalent.

Le problème des revêtements en chrome

Le chrome dur est une substance hautement toxique et cancérigène qui contribue largement aux risques pour la santé au travail, à la contamination de l'environnement et à la perte de biodiversité. Les procédés de fabrication et d'application des revêtements à base de chrome entraînent généralement une pollution importante de l'eau et des sols, des émissions cancérigènes dans l'atmosphère et une contamination environnementale critique, avec de graves répercussions sur les écosystèmes et la santé humaine.

Le laser femtoseconde, une alternative propre

La texturation au laser femtoseconde apparaît comme une alternative efficace, éliminant totalement le recours à des composés de chrome dangereux. Cette technique innovante utilise des impulsions laser ultraprécises pour modifier la structure des surfaces sans intervention chimique, réduisant ainsi considérablement les émissions cancérigènes et les risques environnementaux.

Comparaison basée sur l’ACV : revêtement vs texturation au laser

Pour comprendre le potentiel de durabilité de cette approche, une analyse du cycle de vie (ACV) a été réalisée afin de comparer la texturation des surfaces au laser femtoseconde à un procédé conventionnel d’application de revêtements en chrome dur sur les composants des roulements. L’étude s’est concentrée sur une surface de 0,07 m², considérée comme une surface représentative d’un roulement de moyeu de vélo.

La méthode à base de chrome comprenait un prétraitement mécanique par sablage, suivi d’une électroplastie dans un bain de chrome hexavalent. Le procédé nécessitait également un nettoyage après le traitement, un rinçage, un séchage énergivore, ainsi que des infrastructures importantes pour la gestion des déchets. Chaque étape du procédé contribue à faire pression sur l’environnement, par l’utilisation de produits chimiques, la consommation d’énergie et l’émission de polluants.

Comparativement, la technique au laser femtoseconde comprenait une étape de prénettoyage, puis une structuration de la surface à l’aide d’un scanner galvanométrique. Les seules émissions notables provenaient des composants de filtration de l’air et des textiles utilisés pour le nettoyage. On peut donc parler d’un impact environnemental négligeable par rapport aux déchets chimiques issus de l’électroplastie.

Indicateurs clés : le laser l’emporte à tous points de vue

Plusieurs indicateurs environnementaux ont été pris en compte dans l’ACV. Parmi ceux-ci figuraient le potentiel d’aggravation du changement climatique, l’acidification de l’eau et des sols, l’utilisation de sources d’énergie non renouvelables, l’épuisement des ressources (minéraux et métaux) et les effets toxiques cancérigènes pour l’homme.

Indicateur environnemental	Revêtement en chrome dur	Texturation au laser femtoseconde	Réduction
Score unique PEF (mPts)	1,37	0,05	96%
Changement climatique (kg éq. CO2)	10,74	0,45	96%
Acidification (mol éq. H+)	0,06	1,42×10 ³	98%
Sources d’énergie : non renouvelables (MJ)	207,38	7,13	97%
Eutrophisation, eau douce (kg éq. P)	7,58×10 ³	6,13×10 ^{??}	99%

Toxicité pour l'homme : cancérogénicité (CTUh)	1,2×10 ^{??}	3,57×10 ^{1?}	99%
Ressources matérielles : minéraux et métaux (kg éq. Sb)	1,75×10 ^{??}	1,73×10 ^{??}	90%

Autres applications industrielles

Au-delà des roulements, les surfaces permettant de réduire le frottement sont essentielles dans de nombreux autres composants : pièces automobiles, turbines, convoyeurs industriels et pièces destinées à l'aérospatiale. Bon nombre des secteurs correspondants ont encore recours aux revêtements en chrome dur malgré les préoccupations réglementaires. En effet, l'Union européenne, par exemple, a soumis le chrome hexavalent à une réglementation stricte en raison de sa cancérogénicité avérée, et des solutions de rechange sont activement encouragées par la législation REACH.

Conclusion

La texturation des surfaces au laser femtoseconde a systématiquement surpassé les revêtements conventionnels dans les trois cas d'usage (antigivrage, protection antibactérienne et diminution du frottement) en réduisant considérablement les impacts environnementaux tels que les émissions, la toxicité et l'utilisation des ressources. Cette technologie ouvre une voie prometteuse pour les industries qui recherchent la fonctionnalité sans transiger sur le caractère écologiquement responsable de leur production. La texturation des surfaces au laser réduit la production de déchets toxiques et les émissions jusqu'à 99 %, offrant ainsi une alternative durable aux revêtements en chrome hexavalent dans les systèmes de roulements.

Découvrez le projet FEMTOFUNC

Cette étude de cas s'inscrit dans le cadre plus large des recherches du projet FEMTOFUNC sur la fonctionnalité biomimétique des surfaces.

[Découvrez le projet FEMTOFUNC](#)

Série d'études LCA sur l'utilisation des lasers femtosecondes

Dans une série de 4 parties, nous présentons brièvement nos conclusions et nous montrons que le laser femtoseconde surpasse l'utilisation de revêtements du point de vue de l'impact

environnemental:

[Partie 1: la texturation au laser femtoseconde, une solution durable pour les surfaces](#)

[Partie 2: texturation au laser vs revêtements hydrophobes dans les éoliennes](#)

[Partie 3: laser vs revêtements antibactériens sur les poignées de porte](#)

Auteurs



Felipe Baroni