

**Les revêtements superréseaux**

Les revêtements superréseaux consistent en un empilement de plusieurs centaines de revêtements d'une épaisseur de quelque nanomètres. Ils sont utilisés dans les secteurs de l'automobile et des outils depuis plusieurs années. Mais, malgré leur potentiel important, ils n'ont pas été utilisés dans des applications décoratives.

La couleur globale d'un revêtement superréseau est le résultat de l'interaction des propriétés optiques des revêtements dont il est constitué. Il correspond exactement à la couleur du revêtement qu'on aurait obtenu avec une cible de l'alliage correspondant. Les couches individuelles n'influencent pas la couleur, ce qui est confirmé par l'observation que la couche finale n'influence pas la couleur globale à cause de son épaisseur infime.

Mais plus important est le fait que les structures superréseaux conçues d'une façon appropriée montrent des propriétés mécaniques: dureté et résilience extraordinaires et qu'elles sont moins sensibles à la corrosion.

**Revêtements superréseaux couleur or**

Une méthode alternative d'améliorer la résistance à l'abrasion des mises en couleur or décrite ci-dessus consiste à les remplacer par des revêtements superréseaux du type TiN (ou ZrN) /Au et des revêtements TiN/ZrN.

- On peut ainsi obtenir les couleurs standardisées 1N14 et 2N18, mais il reste encore à améliorer leur éclat (L>80). On peut y parvenir grâce à une meilleure nanostructure telle que décrite ci-dessus

pour les revêtements outils. La *figure 8* montre la structure des nanocouches dans une coupe TEM.

Une dureté maximale de 36 GPa peut être réalisée, valeur à comparer avec les duretés individuelles pour le TiN et le ZrN, qui sont de 20 – 25 GPa. Cette dureté supérieure est due aux tensions cohérentes générées par les nanocouches.

**Revêtements superréseaux noirs**

Les revêtements noirs Ti(C,O) utilisés aujourd'hui souffrent de leur manque de dureté (≈ 3-4 GPa) qui est la cause de leur faible résistance à l'usure.

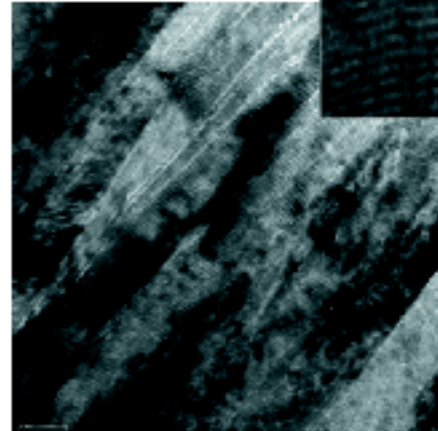
Une amélioration a été obtenue avec les superréseaux du type Ti (C,O) / Al(C,O), notamment :

- Noir plus profond
- Dureté plus élevée (≈ 12 GPa)

Rappelons que l'étude des revêtements superéseaux n'en est qu'à ses débuts.

**Considérations industrielles**

Puisqu'il est très simple de vérifier si une nanostructure répond à toutes les exigences d'une application, on peut se servir de cette observation pour introduire une nouvelle standardisation des surfaces. La difficulté de faire une prédiction précise que rencontrait la tribologie autrefois était liée à l'échelle d'observation. L'observation à l'échelle nanométrique peut même déboucher sur la certification des surfaces et donc permettre de réaliser



**Figure 8:**  
Nanostructure d'un revêtement TiN/ZrN superlattice décoratif

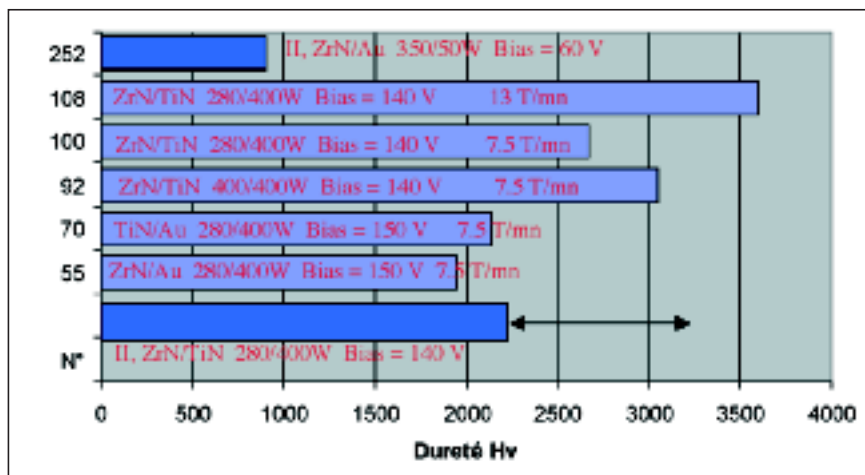
une économie énorme. Dans ce cas, la diffusion des méthodes d'observation nanométriques se fera très rapidement.

**La formation en nanotechnologie**

L'introduction de la nanotechnologie dans l'horlogerie nécessitera la formation des cadres aux techniques de caractérisation et de conception. Pour cette raison, les sept Hautes écoles spécialisées de Suisse se sont réunies pour offrir une formation ciblée dont on peut choisir les modules «à la carte». L'ensemble des modules correspond à une formation nouvelle, débouchant sur un *Master of Advanced Studies*.

Tous les renseignements sur cette formation peuvent être obtenus auprès des HES et sur le site [www.nanofh.ch](http://www.nanofh.ch).

NB: Une partie du travail de recherche dont est tiré cet article est subventionnée par le programme suisse TOPNANO 21, contrat No. 5443.



**Figure 7 Nanoduretés pour plusieurs revêtements décoratifs superlattice**

**ERIC BERGMANN**  
Ecole d'ingénieurs de Genève  
4, rue de la Prairie  
1202 Genève, Suisse  
tél. 022 3380400  
fax 022 3380410  
info@eig.unige.ch  
http://eig.unige.ch/ids

**RAYMOND CONSTANTIN,  
PIERRE-ALBERT STEINMANN**  
Ei-arc, Hôtel-de-ville 7,  
2400 Le Locle,  
Tél. 032 930 13 75,  
Fax 032 930 13 14  
info@he-arc.ch  
www.eiaj.ch