

Optimisation d'une couche d'adhérence CrN par HiPIMS pour outils de coupe

Louis CLEMENCE

Travail de bachelor 2025

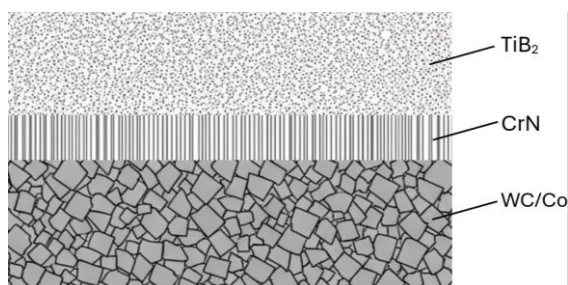
Microtechniques – Ingénierie biomédicale

Professeure : Oksana BANAKH

Expert : Marc ERARD

Description

Ce travail vise à développer une couche d'adhérence en nitrure de chrome (CrN) par la technique HiPIMS, destinée à servir de fondation pour des revêtements superdurs en diborure de titane (TiB₂) sur des outils de coupe en carbure de tungstène (WC/Co). La problématique est la faible adhérence du TiB₂ lorsqu'il est déposé directement sur le substrat. L'objectif est donc d'optimiser le procédé HiPIMS en étudiant l'influence de ses paramètres clés (rapport de flux N₂/Ar, durée d'impulsion t_{on} et tension de polarisation U_{bias}) sur les propriétés des couches CrN afin d'obtenir une adhérence maximale.



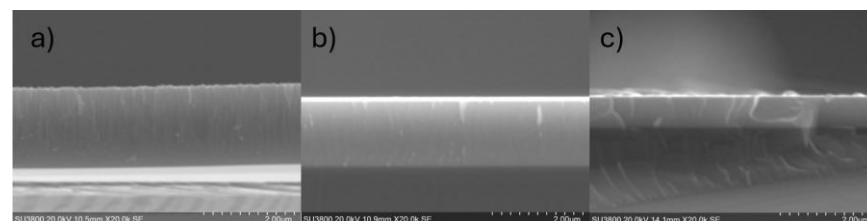
Système multicouche

Déroulement

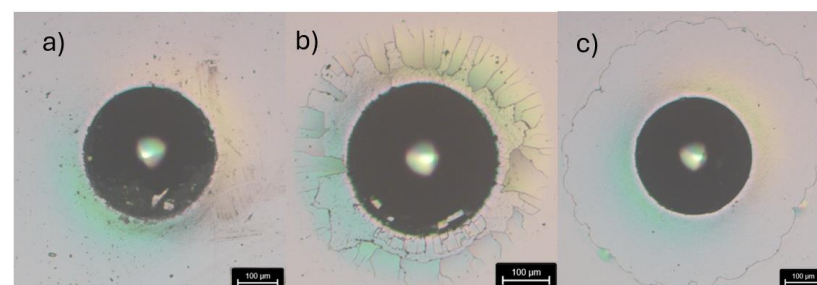
- Étude de l'influence des paramètres clés du procédé HiPIMS
- Caractérisation exhaustive des revêtements produits : analyse microstructurale (MEB), mesure des propriétés mécaniques (nano-indentation) et évaluation de l'adhérence (test Rockwell HF, test d'usure)
- Mise en place d'un second plan d'expérience pour explorer les synergies entre les paramètres et vérifier la reproductibilité du procédé
- Analyse et interprétation des résultats pour diagnostiquer les causes des défaillances d'adhérence et proposer des pistes d'optimisation

Résultats

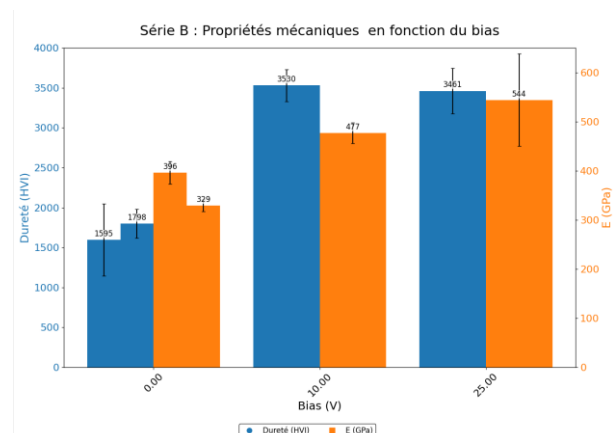
L'étude montre que la tension de polarisation (U_{bias}) est le paramètre le plus influent. Son application permet de faire passer la dureté de 1700 HVI à plus de 3500 HVI en transformant la microstructure de colonnaire à dense. Cependant, la majorité des essais ont résulté en une adhérence médiocre et un manque de reproductibilité. Les défaillances proviennent d'une interface initiale fragile causée par des instabilités du procédé.



Évolution de la microstructure en coupe (MEB) en fonction de la tension de polarisation (U_{bias}) : a) flottant (colonnaire), b) -10 V (dense), c) -25 V (vitreuse)



Exemples d'empreintes d'indentation Rockwell (VDI 3198) : a) Adhérence excellente (HF1), b) Fissuration (HF4), c) Délamination sévère (HF5/HF6)



Discussion : conclusions et perspectives

Ce travail valide le potentiel du CrN déposé par HiPIMS pour obtenir des couches très dures, avec des valeurs atteignant 4155 HVI. Toutefois, la performance fonctionnelle est limitée par une adhérence souvent insuffisante. Cette défaillance est attribuée à des instabilités du procédé (dégazage, arcs électriques, pression variable) créant une interface fragile, plutôt qu'à une faible cohésion intrinsèque de la couche. Les perspectives futures s'orientent vers une fiabilisation du procédé et une caractérisation systématique pour corréler les paramètres.