

CuttingEdgeNanoMat

Nanocrystalline Coatings for Cutting Edges: Synthesis, Properties and Performance

Programm / Ausschreibung	Produktionstechnologien, Produktionstechnologien, Schlüsseltechnologien für nachhaltige Produktion Ausschreibung 2022	Status	laufend
Projektstart	01.07.2023	Projektende	30.06.2026
Zeitraum	2023 - 2026	Projektlaufzeit	36 Monate
Keywords	coatings, nanomaterials, mechanical properties, lifetime		

Projektbeschreibung

Verschleißschutzbeschichtungen aus Übergangsmetallnitriden, die in der Metallbearbeitungs-industrie zur Verbesserung des Lebensdauer von Schneidwerkzeugen eingesetzt werden, sind während des Einsatzes hohen thermo-mechanischen Lasten ausgesetzt, insbesondere an der Schneidkante, welche das Werkstück kontaktiert. Der überwiegende Großteil wissenschaftlicher und industrieller Studien auf diesem Gebiet befasst sich mit Auslegung, Synthese, Eigenschaften und Prüfung von Schichten auf ebenen Substraten, wobei der Einfluss von Inhomogenitäten der Zusammensetzung und mikrostruktureller, sowie nanoskalierter Gradienten vernachlässigt wird, welche sich aufgrund räumlich ungleichmäßiger Abscheidebedingungen an Schneidkanten bilden. Diese markante systematische Unzulänglichkeit liegt Großteils an der Unverfügbarkeit von Untersuchungsmethoden, welche diese Gradienten auf der Mikro- und Nanoskala abbilden können. Die Hauptziele dieses kollaborativen materialwissenschaftlichen Projekts „CuttingEdgeNanoMat“ sind es, (i) die Korrelation zwischen Abscheidebedingungen und nanoskalierten Gradienten von Gefüge, Spannungen, Zusammensetzung und mechanischer Eigenschaften direkt an der Schneidkante von WC-Co und Werkzeugstahl Wendeschneidplättchen zu verstehen und, (ii) neue Beschichtungskonzepte vorzuschlagen, welche zu besserer Werkzeugeistung und -lebensdauer führen. Das Projekt konzentriert sich auf nanokristalline $\text{Al}_x\text{Ti}_{1-x}\text{N}$ und $\text{Al}_x\text{Cr}_{1-x}\text{N}$ Beschichtungen, welche mittels chemischer und physikalischer Gasphasenabscheidung (CVD und PVD) bei Böhlerit GmbH und RÜBIG Tech GmbH hergestellt werden sollen und danach intensiv vom akademischen Partner, Montanuniversität Leoben, untersucht werden.

Das Projekt soll in zwei Schritten durchgeführt werden. Zunächst wird die Korrelation zwischen Abscheideparametern, Beschichtungsgefüge, Eigenspannungen, Härte, Bruchfestigkeit und -zähigkeit, sowie Grenzflächenfestigkeit und -zähigkeit an Schneidkanten untersucht. Im zweiten Schritt werden insbesondere die Stöchiometrie und das Gefüge der CVD Beschichtungen, sowie die Eigenspannungen, das Gefüge und die Grenzflächenfestigkeit der PVD Beschichtungen optimiert. Dies wird durch Abstimmung der Abscheidetemperatur und der Zusammensetzung der Precursorgase im CVD Prozess, sowie durch Steuerung der Bias-Spannung, der Zusammensetzung der Targets und die Abscheidetemperatur und -rate im PVD Prozess erzielt.

Von den neuentwickelten und für Schneidkanten optimierten nanokristallinen Beschichtungen wird erwartet, dass sie besseren Verschleißwiderstand, sowie höhere Temperaturstabilität und Lebensdauer zeigen. Aus Nachhaltigkeitssicht werden die Projektentwicklungen zu einer verbesserten Energieeffizienz und Effektivität von Zerspanungsprozessen und

geringerem Verbrauch von WC-Co und Werkzeugstahl Substraten führen. Die gesammelten wissenschaftlichen Ergebnisse werden es uns erlauben, Designregeln für die Synthese von hochleistungsfähigen und schadenstoleranten nanokristallinen Beschichtungen mit verbesserter mechanischer und thermischer Stabilität zu verfeinern, welche für Schneidkanten optimiert sein werden. Zusätzlich soll eine neuartige experimentelle Methodik, basierend auf in-situ Röntgen Nanobeugung und Mikromechanik, entwickelt werden.

Abstract

Protective nanocrystalline transition metal nitrides coatings, used in machining industry to enhance the lifetime of cutting tools, are severely thermo-mechanically loaded during operation, especially at the tool's cutting edge, which contacts the workpiece material. The vast majority of scientific and industrial studies on this topic deal with the design, synthesis, properties and testing of coatings on flat substrates, neglecting the influence of compositional, microstructural and nanoscale near-edge gradients, which evolve as a result of the spatially inhomogeneous deposition conditions around cutting insert edges. This striking systematic inconsistency is mainly due to the unavailability of characterization approaches capable to assess some of those gradients at the micro- and nanoscale.

The principal aims of this collaborative materials science research project "CuttingEdgeNanoMat" are (i) to understand the correlation between deposition conditions and nanoscale gradients of microstructure, stresses, composition and mechanical properties directly at the cutting edges of WC-Co and tool steel cutting inserts and (ii) to propose novel coatings concepts resulting in better tool performance and lifetime. The project is focused on nanocrystalline $\text{Al}_x\text{Ti}_{1-x}\text{N}$ and $\text{Al}_x\text{Cr}_{1-x}\text{N}$ coatings, which will be produced using chemical and physical vapour deposition (CVD and PVD) techniques at Boehlerit GmbH, RÜBIG Tech GmbH and then extensively characterized by the academic partner Montanuniversität Leoben.

The project will be performed in two steps. At first, the correlation between deposition parameters, coating microstructure, residual stresses, hardness, fracture strength and toughness, as well as interfacial strength and toughness will be assessed at the cutting edges. In the second stage, especially the stoichiometry and microstructure of CVD coatings, and residual stresses, microstructure and interfacial strength of the PVD coatings will be optimized. This will be achieved by tuning the deposition temperature and the composition of the precursor gases in the CVD process and by controlling bias voltage, composition of the targets, deposition temperature and rate and substrate pretreatment in the PVD process.

The newly developed nanocrystalline coatings, optimized for cutting edges are expected to exhibit better wear resistance, temperature stability and increased lifetime. From point of view of sustainability, the project developments will result in the improvement of the energy efficiency of machining processes, in lower consumption of WC-Co and tool steel substrates and in increased time effectiveness of the cutting process.

The collected scientific results will allow us to refine design rules for the synthesis of high-performance damage-tolerant nanocrystalline coatings with enhanced mechanical and temperature stability, which will be optimized for cutting edges. Additionally, a novel experimental approach based on in-situ X-ray nanodiffraction and micro-mechanics, allowing the quantification of stress concentrations and local mechanical properties at the cutting edges, will be developed.

Projektkoordinator

- Montanuniversität Leoben

Projektpartner

- BOEHLERIT GmbH & Co.KG.
- Rübig Technologie GmbH & CO KG