

## KI-Carbid

Künstliche Intelligenz und FORC-Analyse in der Carbidproduktion

|                                 |                                                                                    |                        |               |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------|
| <b>Programm / Ausschreibung</b> | Bridge, Brückenschlagprogramm, 30. Ausschreibung Bridge 1                          | <b>Status</b>          | abgeschlossen |
| <b>Projektstart</b>             | 01.04.2020                                                                         | <b>Projektende</b>     | 31.03.2023    |
| <b>Zeitraum</b>                 | 2020 - 2023                                                                        | <b>Projektlaufzeit</b> | 36 Monate     |
| <b>Keywords</b>                 | Hartmetall; Magnetismus; Modellierung; Künstliche Intelligenz; Maschinelles Lernen |                        |               |

### Projektbeschreibung

Hartmetalle (engl. cemented carbides) finden heutzutage ein breites Anwendungsspektrum und werden entsprechend ihren Aufgaben maßgeschneidert. Hartmetall kann nur pulvermetallurgisch hergestellt werden. Über die Zusammensetzung und die Körnigkeit von Carbid-Material, Metallbinder und eventuellen Additiven werden die mechanischen Eigenschaften eingestellt. Neben Härteprüfung, Dichtetest, Analyse der Struktur und Porosität werden routinemäßig zerstörungsfreie Messungen der Magnetisierung und der Koerzitivfeldstärke zur Qualitätskontrolle gemäß DIN-ISO 3326 herangezogen. Diese magnetischen Eigenschaften liefern Rückschlüsse auf die Struktur, Zusammensetzung und Verunreinigung im gesinterten Zustand. Obwohl bei der Bewertung auf sehr viel Erfahrung zurückgegriffen wird, sind die Messergebnisse in binären bzw. ternären Systemen mit zudem komplexen Herstellungsprozessen oft nicht eindeutig interpretierbar.

Dieses Vorhaben zielt darauf ab, die magnetische Charakterisierung von Hartmetallen und deren Aussagen zu strukturellen und mechanischen Eigenschaften genauer, sicherer und eindeutiger zu gestalten. Zusätzlich zu den traditionellen Messungen der M(H)-Hysterese sollen moderne Methoden wie First-Order-Reversal-Curve (FORC) Analyse und Künstliche Intelligenz (KI) für FORC-Diagramme hinzugefügt werden, welche die Interpretierbarkeit quantitativer und eindeutiger gestalten werden.

Heutige Magnetometer erlauben es, FORC-Messungen in vernünftiger Zeit von wenigen Minuten durchzuführen. Diese liefern zusätzliche Aussagen über Phasenbildung und Verunreinigungen im Pulver und im gesinterten Zustand. FORC-Diagramme sind trotz großer Erfahrung nicht einfach zu interpretieren. Ein bisher nicht genutzter Ansatz soll helfen. Wir wollen die FORC-Diagramme mit Hilfe Künstlicher Intelligenz interpretieren lassen. Nach einer Anlernphase erwarten wir quantitative Aussagen zu Struktur, Zusammensetzung, Phasenbildung und Verunreinigung, sowie zu mechanischen Eigenschaften wie Härte, Zugfestigkeit, etc. Unterstützt werden die genannten Verbesserungen durch (mikro-)magnetische Simulationen. Diese können zum einen FORC-Diagramme von Modellsystemen berechnen und dem Deep-Learning-Algorithmus (oder ähnliches: z.B. Random Forest) zur Verfügung stellen, zum anderen können experimentelle Daten (M(H) und FORC) physikalisch interpretiert werden.

Diese Maßnahmen heben die Qualitätsüberwachung in der Hartmetallproduktion auf ein modernes, zukunftssträchtiges Niveau. Auf lange Sicht, also bei Vorhandensein von genügend Daten, könnte sich aus den vorgestellten Ansätzen ein Hilfswerkzeug erstellen lassen, welches neue Wege und Strategien in der Hartmetallproduktion aufzeigen könnte.

## Abstract

Cemented carbides today find a wide range of applications and are tailor-made according to their tasks. Carbide can only be produced by powder metallurgy. The mechanical properties are determined by the composition and granularity of the carbide material, metal binder and any additives. In addition to hardness testing, density testing, structural analysis and porosity tests, non-destructive measurements of magnetization and coercive force are routinely used for quality control according to DIN-ISO 3326. These magnetic properties provide information on the structure, composition and contamination in the sintered state. Although the evaluation draws on a great deal of experience, the measurement results in binary or ternary systems with complex manufacturing processes are often not clearly interpretable.

This project aims to make the magnetic characterization of cemented carbides and their conclusions on structural and mechanical properties more accurate. In addition to traditional measurements of  $M(H)$ -hysteresis, modern methods such as First-Order-Reversal-Curve (FORC) analysis and Artificial Intelligence (AI) for FORC diagrams will be added, which will make the interpretation more quantitative and clear.

Today's magnetometers allow FORC measurements to be done within a reasonable time of a few minutes. These provide additional information about phase formation and impurities in the powder and sintered state. Despite vast experience, FORC diagrams are not easy to interpret. A so far unused approach should help. We want to interpret the FORC diagrams using Artificial Intelligence. After a learning phase, we expect quantitative statements on structure, composition, phase formation and contamination, as well as on mechanical properties such as hardness, tensile strength, etc. The above improvements are supported by (micro)magnetic simulations. On the one hand, these can calculate FORC diagrams of model systems and make them available to the deep-learning algorithm (or similar: Random Forest for example), and on the other hand, experimental data ( $M(H)$  and FORC) can be physically interpreted.

These measures raise the quality control in the cemented carbide production to a modern, future-oriented level. In the long term, that is, if enough data is available, the presented approaches could be used to create an auxiliary tool that could show new ways and strategies in cemented carbide production.

## Projektkoordinator

- Universität für Weiterbildung Krems Department für Integrierte Sensorsysteme

## Projektpartner

- CERATIZIT Austria Gesellschaft m.b.H.