

Laserumschmelzen von gradierten Zweischicht-Legierungen aus selbstfließender NiCrBSi-Legierung

Autoren: Marco Brand, Mareen Goßling, Ion-Dragoş Uţu, Gabriela Mărginean

Theoretischer Hintergrund

NiCrBSi-Legierungen gehören zu den Colmonoy-Superlegierungen und sind ein weitverbreiteter Beschichtungswerkstoff. Durch die Bildung komplexer Karbide und Boride zeichnet sich diese Legierung durch ihre hohe Härte (bis zu 60 HRC) und, verglichen mit anderen Legierungen, gute Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit aus. Zur Beschichtung von Bauteilen wird die Legierung in Pulverform, durch z. B. einen Laser, aufgeschmolzen. Da das Metallpulver jedoch durch den geringen Partikeldurchmesser und die vorhandenen Schwermetalle karzinogen ist, liegt ein alternativer Ansatz zum Handling dieses Materials nahe [1]. Durch im Hochtemperaturvakuumofen verlötete Matten aus Metallpulver und Bindemittel kann die Legierung beschichtet werden, ohne dass Metallpulver während des Beschichtungsprozesses die Luft kontaminiert. Da die Mikrostruktur der Proben Hohlräume aufweist, wurden die Proben mit einem Laser umgeschmolzen, um die Mikrostruktur zu verbessern.

Das Ziel dieser Arbeit ist, den Einfluss verschiedener Umschmelzparameter auf die Mikrostruktur der Hochtemperaturvakuumproben zu testen. Zusätzlich kann der Einfluss der Parameter auf Hatchabstand, Verfahrensgeschwindigkeit und Leistung, unabhängig von dem Fließverhalten bzw. der Fließgeschwindigkeit des Pulvers, untersucht werden.

Umschmelzparameter und Mikrostruktur-Auswertung

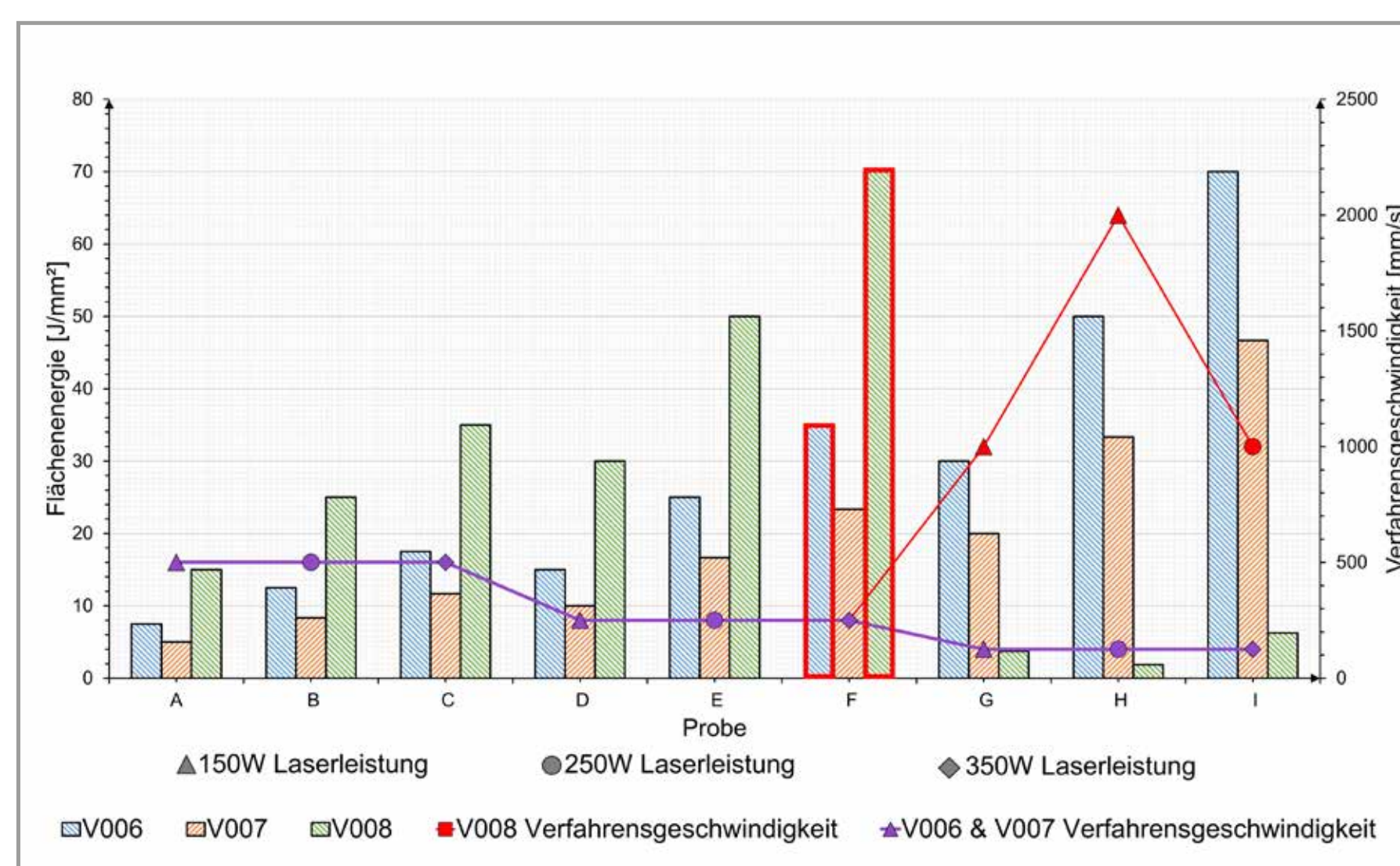


Abb. 1: Flächenenergie und Umschmelzparameter verschiedener Hochtemperaturvakuumproben (Hatchabstand V006 = 0,04 mm; V007 = 0,06 mm; V008 = 0,02 mm)

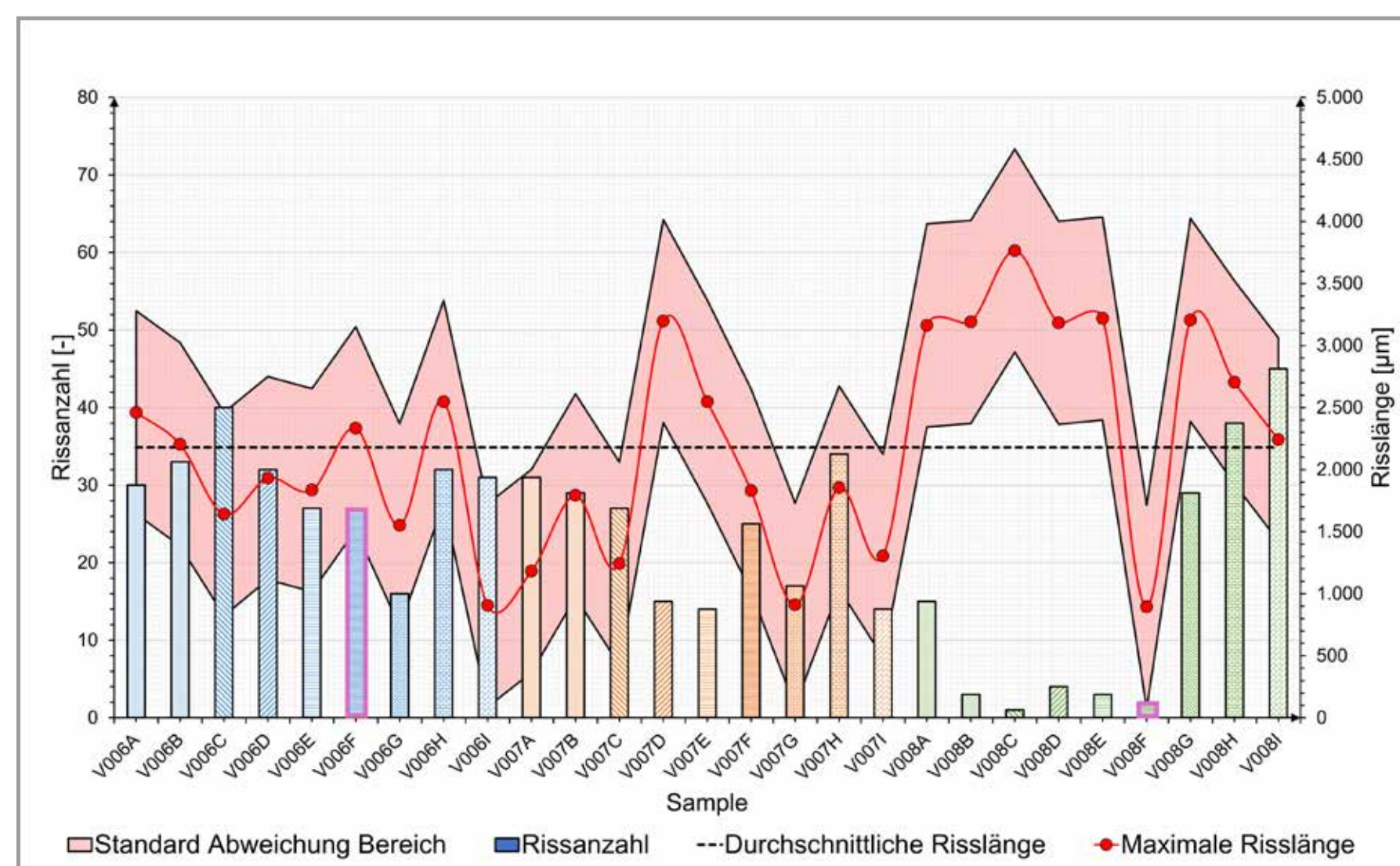


Abb. 2: Rissanzahl und Risslänge der mit Laser umgeschmolzenen Hochtemperaturvakuumproben

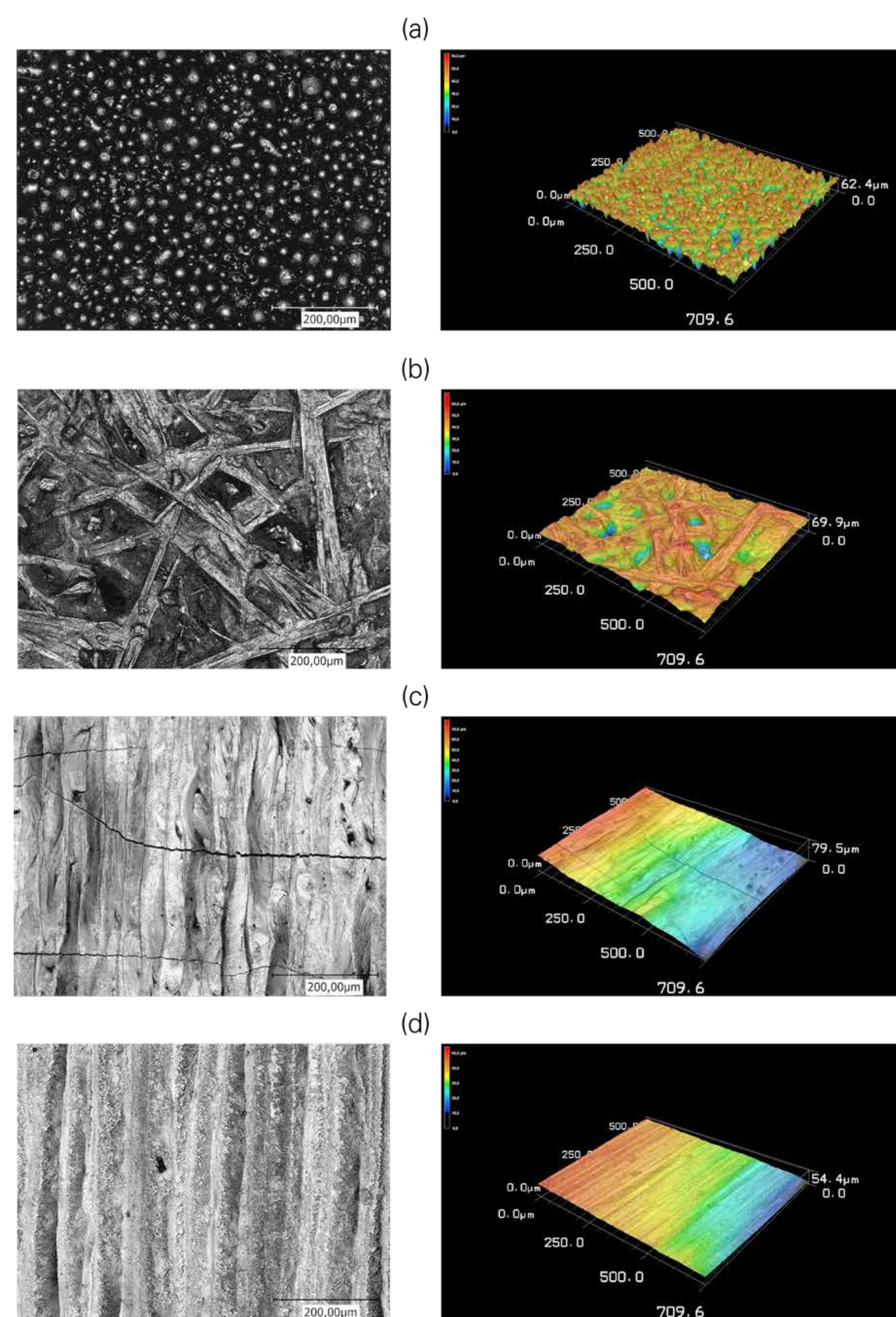


Abb. 3: Mikrostruktur verschiedener Proben: (a) Unaufgeschmolzene Partikel bei Metallpulvermatte ohne Temperaturbehandlung; (b) Raue Oberfläche mit vielen Hohlräumen nach Hochtemperaturvakuumofen; (c) Rissige, nicht ausreichende Laserumschmelzung (V006F; 350 W, 250 mm/s, 0,04 mm); (d) Gute, homogene Laserumschmelzung (V008F; 350 W, 250 mm/s, 0,02 mm)

Schlussfolgerungen und weitere Schritte

- Mit nachgelagertem Umschmelzen lässt sich die Mikrostruktur der Hochtemperaturvakuumproben homogenisieren und Hohlräume lassen sich schließen.
- Anhand der Mikrostruktur, Rissanzahl und Risslänge zeigte sich, dass bei gleicher Leistung, gleicher Verfahrensgeschwindigkeit, jedoch unterschiedlichem Hatchabstand, die Proben mit geringerem Hatchabstand und damit der größten Flächenenergie, annähernd rissfreie Umschmelzerggebnisse liefern.
- Hingegen führen hohe Verfahrensgeschwindigkeiten, geringere Laserleistung und großer Hatchabstand zu unzureichender Mikrostruktur und einer hohen Anzahl an Rissen.
- Zur genauen Klassifizierung der Einflüsse werden im nächsten Schritt die Parameter in Gruppen bewertet (z. B. gleiche Leistung, gleiche Verfahrensgeschwindigkeit bei anderem Hatchabstand). Außerdem erfolgt eine detaillierte Querschliffanalyse der vielversprechenden Parameterkombinationen.

Quellen [1] Arrizubieta, J. I.; Ukar, O.; Ostolaza, M.; Mugica, A. (2020): Study of the Environmental Implications of Using Metal Powder in Additive Manufacturing and Its Handling, Metals, Vol. 10, No. 2, S. 261. DOI: 10.3390/met10020261.

Kontakt

Marco Brand, M. Eng.
Westfälische Hochschule
E-Mail: Marco.Brand@studmail.w-hs.de
E-Mail: Marco.Brand@student.upt.ro

Dr. rer. nat. Gabriela Mărginean
E-Mail: gabriela.marginean@w-hs.de
Westfälische Hochschule
Neidenburger Str. 43
45897 Gelsenkirchen

Prof. univ. Dr.-Ing. Ion-Dragoş Uţu
Universitatea Politehnica Timișoara
Facultatea de Mecanică, Department
Ingineria Materialelor și Fabricației,
E-Mail: dragos.utu@upt.ro

Mareen Goßling, M. Sc.
Bergische Universität Wuppertal
E-Mail: gossling@uni-wuppertal.de

Westfälische Hochschule
Fachbereich Elektrotechnik und
angewandte Naturwissenschaften (FB 2)
Westfälisches Energieinstitut
www.w-hs.de

Vergleich hinsichtlich der Verschleißbeständigkeit von Thermisch gespritzten WC-Co-Cr-Schichten aus recycelten Pulvern und herkömmlichen WC-Co-Cr-Schichten

Autoren: Dino Woelk¹, Julian Eßler², Gabriela Mărginean¹
¹ Westfälische Hochschule Gelsenkirchen Bocholt Recklinghausen; ² RS Rittel GmbH, Gladbeck

Neben den immer steigenden Anforderungen in der Industrie stehen Umweltaspekte und die Gesundheit des Menschen im Vordergrund. Nicht nur in Deutschland, sondern auch auf europäischer Ebene werden Beschlüsse erlassen, nach denen sich die industriellen Firmen zu richten haben. So soll auch der Primärenergiebedarf bis 2050 um 80-95% gesenkt werden, um angestrebte Klimaziele zu erreichen [1], [2].

Im Feld des Thermischen Beschichtens werden verschiedenste Strategien verfolgt. Darunter findet sich auch das Recyceln von Filterstäuben wieder. Durch deren Verwendung wird weniger neues Material benötigt (rohstoffschonend) und es entfallen unter anderem Lieferwege, wodurch der Energieverbrauch gesenkt wird [3].

Die Abb. 1 zeigt eine Gegenüberstellung der Schicht aus gefiltertem Cermet Material (GC), welches überwiegend aus WC-Co-Cr besteht, und einer herkömmlichen WC-Co-Cr-Schicht, die sich deutlich homogener darstellt. Als Beschichtungsverfahren diente das Hochgeschwindigkeitsflamspritzen. Aus dem EDX-Mapping in der Abb. 2 ist zu erkennen, dass die chemische Zusammensetzung der GC-Schicht divers ist und neben den Carbiden auch Oxide vorliegen.

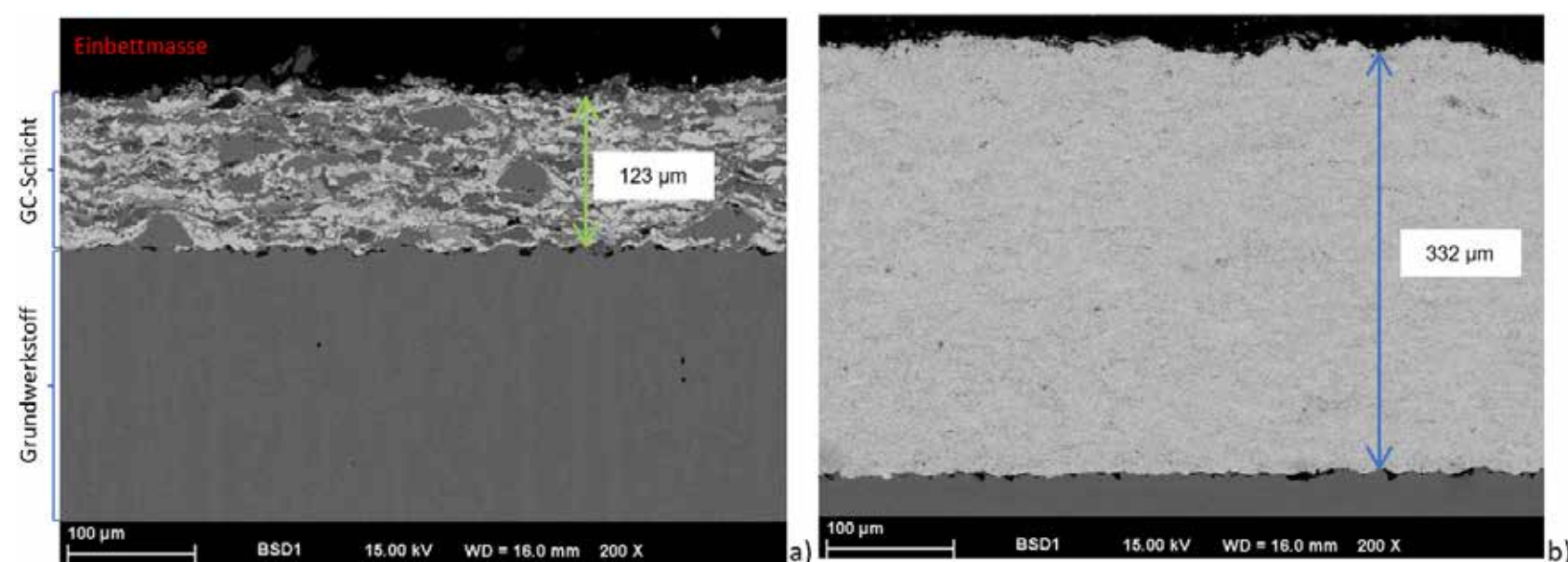


Abb. 1: REM-Aufnahmen im Querschliff bei 200x Vergrößerung im BSE-Modus
a) GC-Schicht und b) WC-Co-Cr-Schicht zwecks Übersicht

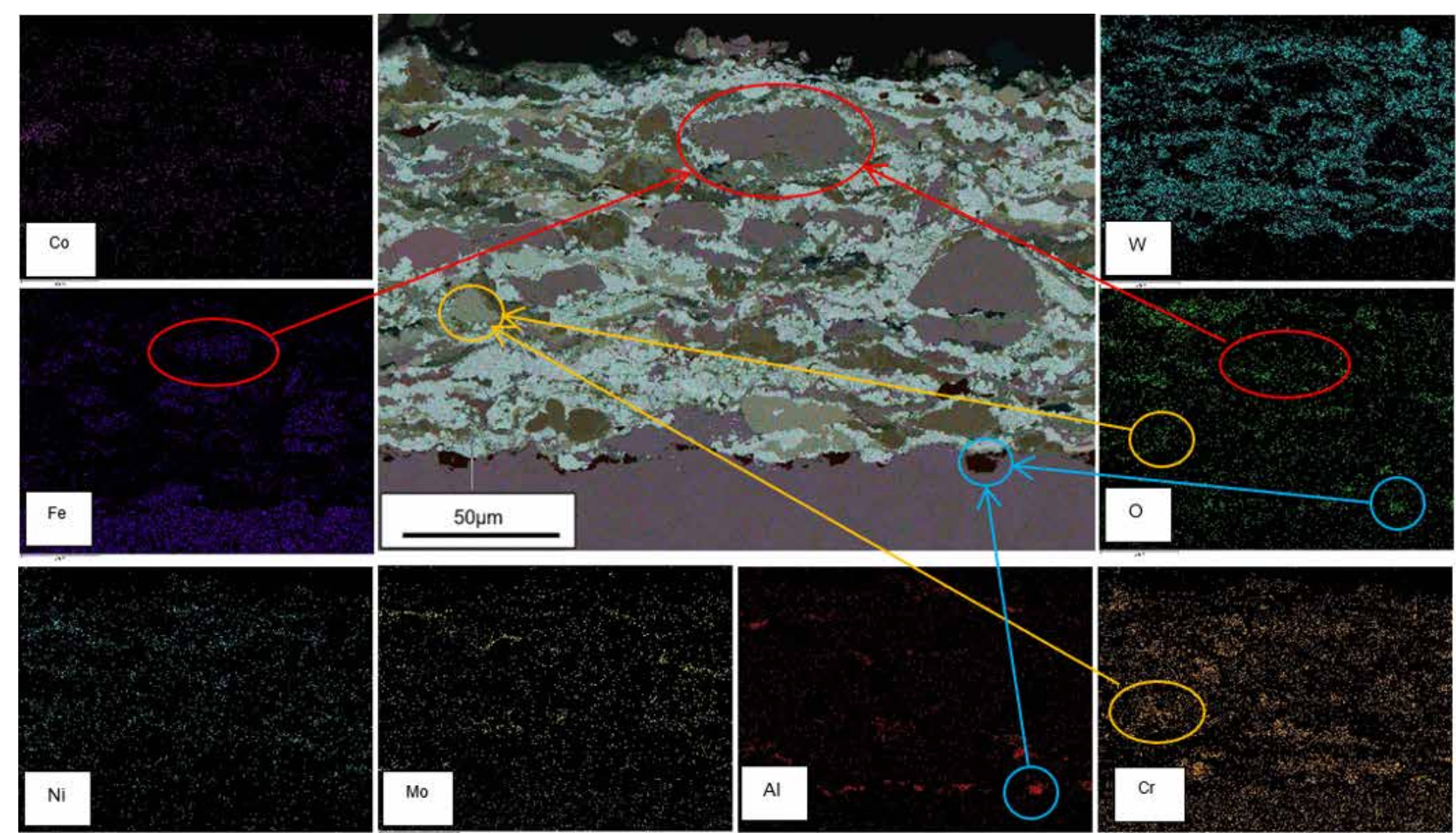


Abb. 2: REM-Aufnahme eines GC-Querschliffs bei 500x Vergrößerung; EDX-Mapping mit Elektronen-Einzelbildern

Die Härtemessungen wurden zum einen mit der Nanoindentation durchgeführt (Lastbereich von wenigen mN) und zum anderen mit dem Verfahren nach Vickers. Die Ergebnisse wurden in Abb. 3 gegenübergestellt. Durch die größere Belastung beim Vickersverfahren wird ein mittlerer Härtewert der Schichten bestimmt, wodurch auch die Standardabweichung kleiner ausfällt.

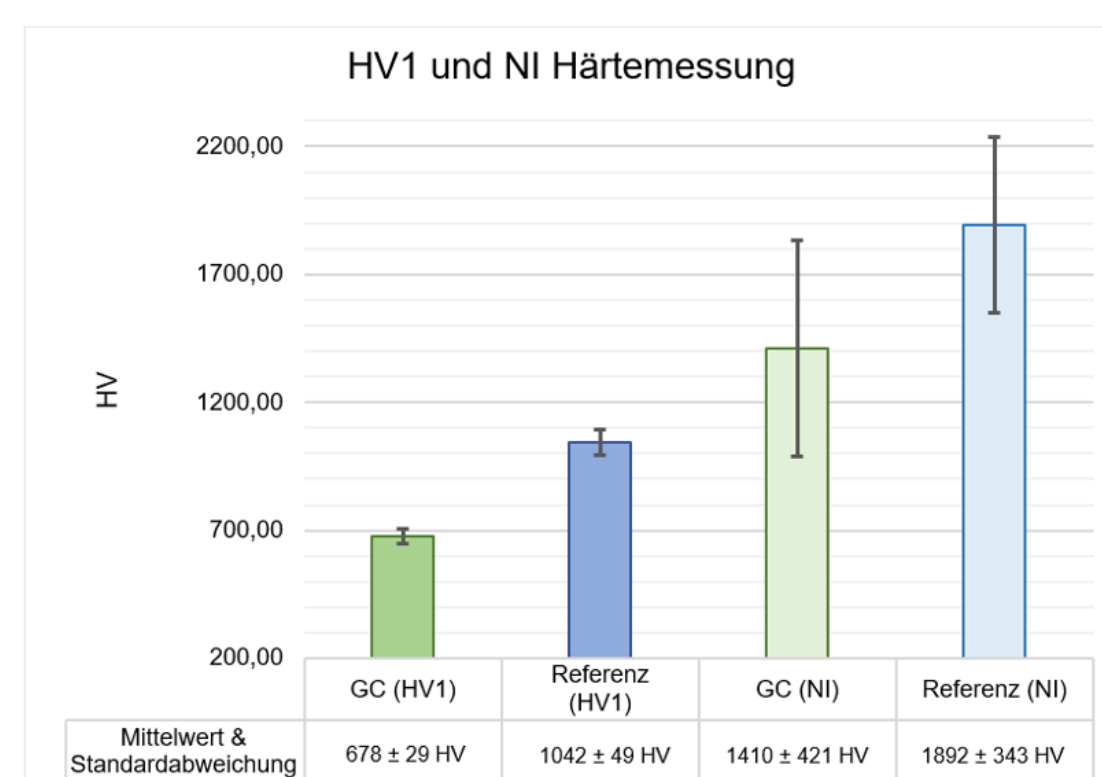


Abb. 3: Säulendiagramm der Mittelwerte und Standardabweichungen für HV1 und NI in HV umgerechnet

Mittels der Nanoindentation konnte zusätzlich auch der E-Modul bestimmt werden, wie in der Abb. 4 zu sehen ist. Der E-Modul ist bei den GC-Schichten deutlich geringer, was auch die Rissneigung zeigt. Diese ist bei den GC-Schichten deutlich größer als bei den Referenz-Schichten. Jedoch führt der Test nicht zum Abplatzen der GC-Schichten.

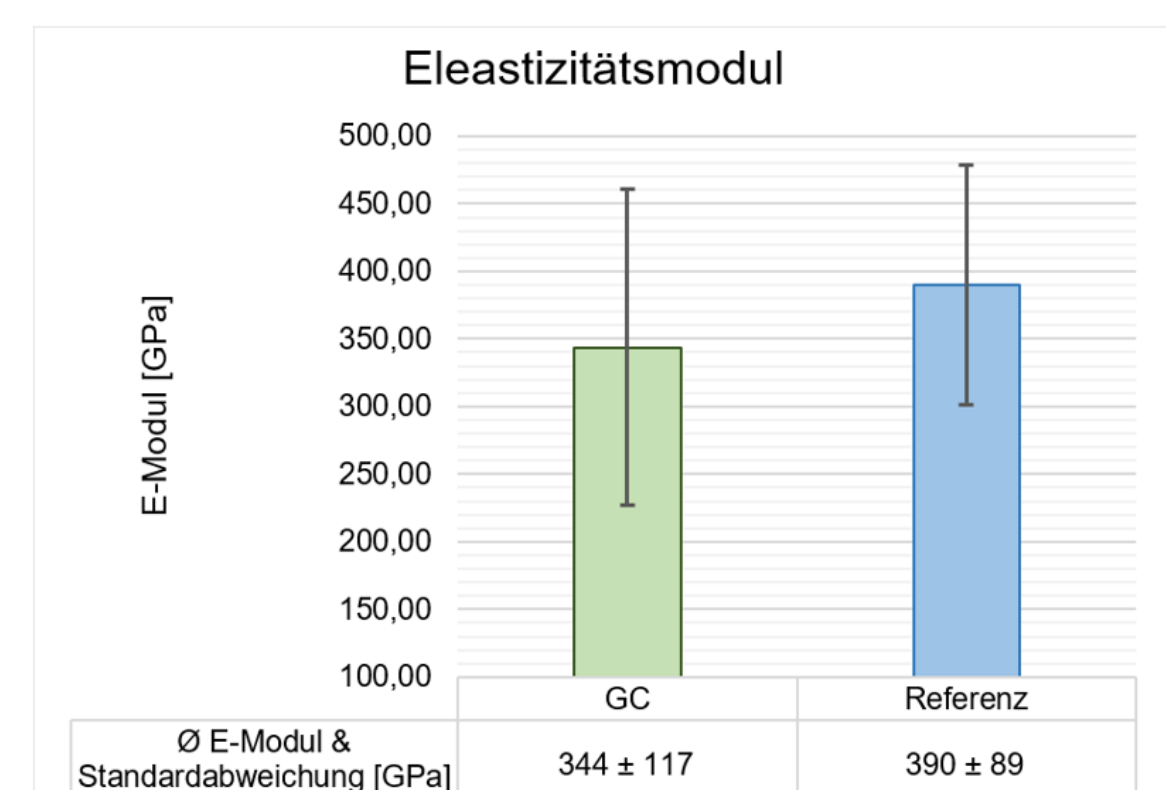


Abb. 4: Säulendiagramm des gemittelten E-Moduls für die GC- und die Referenzschicht

Aus der Abb. 5 geht hervor, dass der Reibwertverlauf der GC-Schichten deutlich oberhalb der Referenzschichten liegt und auch eine größere Einlaufphase hat. Es wurde jedoch bei beiden Schichten der Steady-State innerhalb der Messstrecke erreicht.

Zudem wurden keine größeren Risse oder Ausbrüche in den Schichten identifiziert.

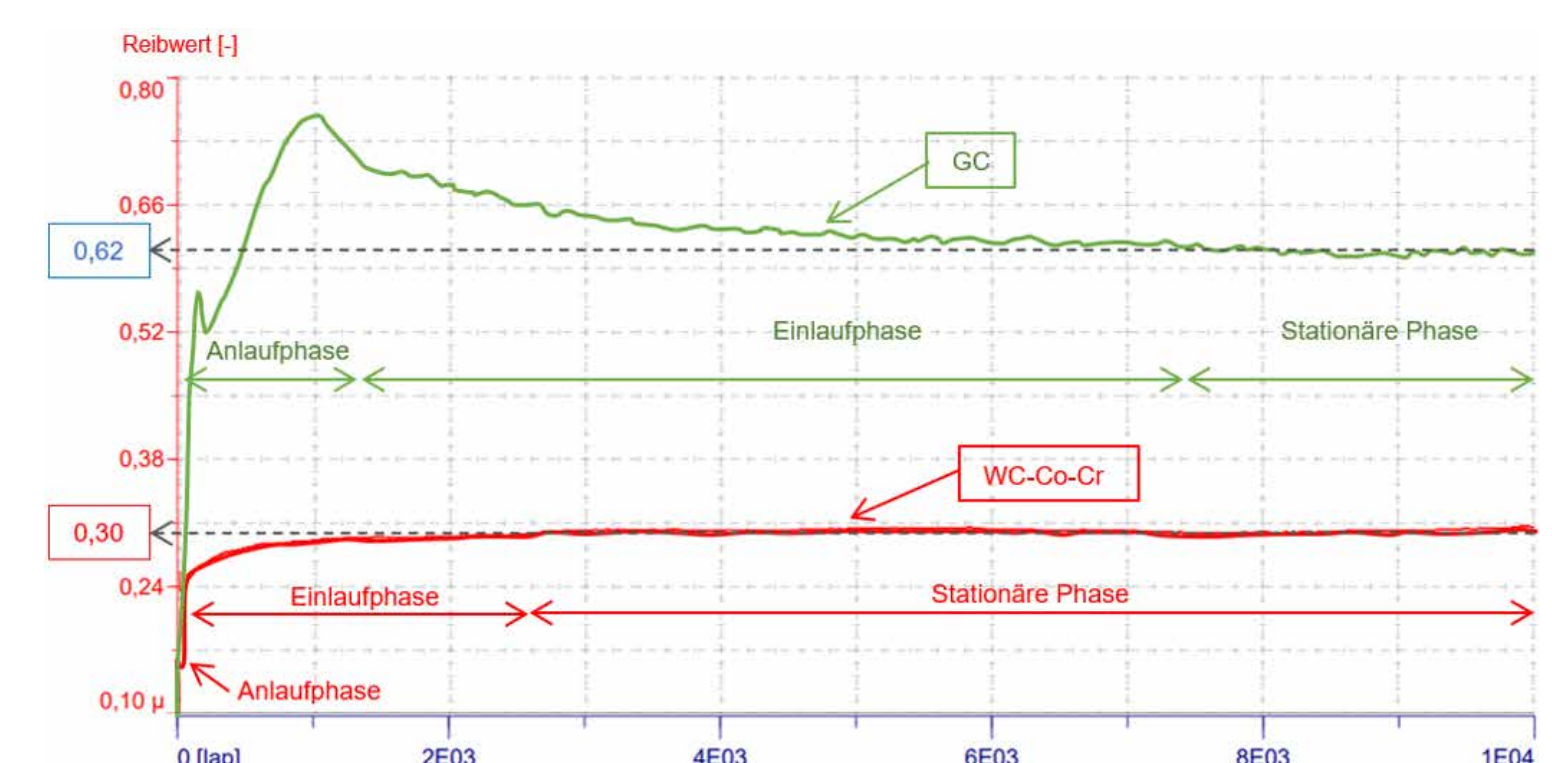


Abb. 5: Reibwertmessungen der Referenz- und der GC-Schichten; 10 N; 10 cm/s

Fazit

Die GC-Schichten zeigen ein deutlich geringeres Leistungsvermögen im Gegensatz zu der Referenz hinsichtlich mechanischen und tribologischen Eigenschaften. Jedoch bieten die GC-Schichten beispielsweise durch ihre Härte und ihre Stabilität hinsichtlich der Rissausbreitung einen ausreichenden Verschleißschutz bei Standardanwendungsfällen.

Root Cause Analysis-Modul 2023

Autoren: Simon Steinecke, Maximilian Brinkmüller, Lennard Schade, Fabio Montefusco, Aaron Reineke, Laurin Lennert Müller, Dino Woelk, Gabriela Märginean, Klaus Mecking

Im Jahr 2023 wurde im Sommersemester wieder das RCA-Modul angeboten, bei dem Studenten mit einem Industriepartner in Kontakt kommen, um in diesem Rahmen eine Untersuchung einer beschädigten Wellenhülse durchzuführen. Hierbei stehen neben der Betreuung durch Professoren auch die Hersteller und Entwickler der Komponente des kooperierenden Unternehmens – Siebtechnik GmbH – zur Seite, um die Ursache für den verfrühten Ausfall des Bauteils herauszufinden.

Die Abb. 1 zeigt das beschädigte Bauteil, welches im Rahmen einer Revision aufgefallen war. Hierbei handelt es sich um eine Wellenhülse, die nach einer entsprechenden Abnutzung mittels Thermischen Beschichtens aufgearbeitet wird. Die dargestellte Komponente ist nach einer ungewöhnlich kurzen Einsatzdauer und wegen des intensiven Schadensbildes als nicht mehr aufarbeitbar deklariert worden.

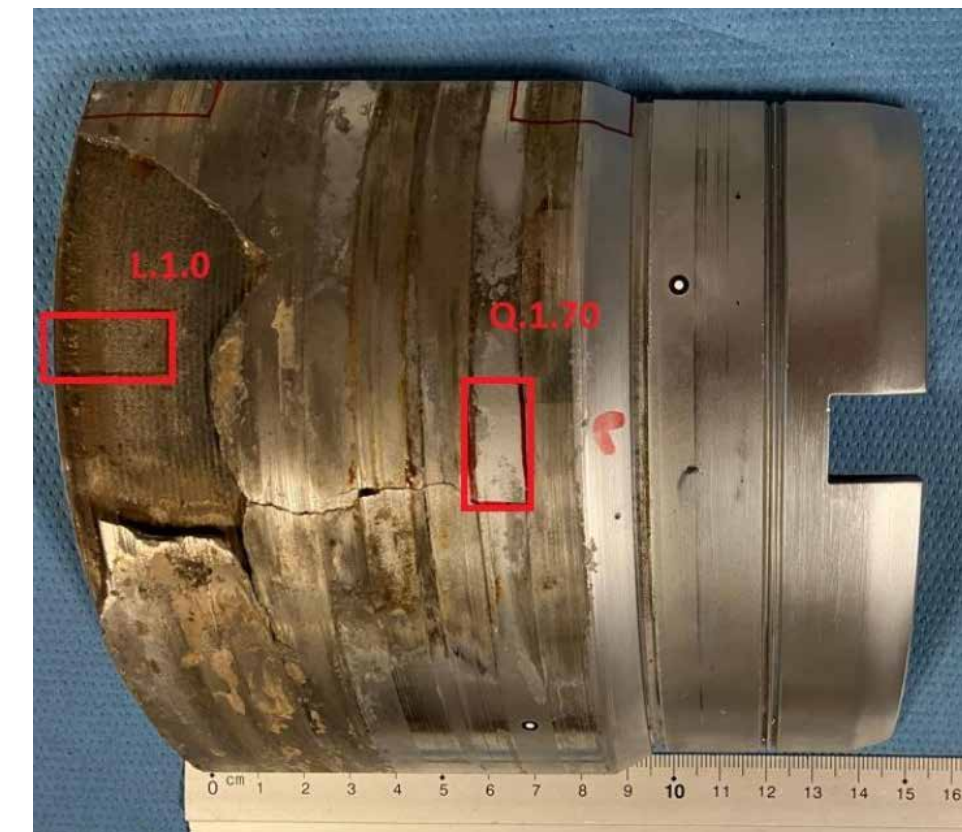


Abb. 1: Übersichtsaufnahme der beschädigten Komponente mit rot markierten Bereichen für die Probenentnahme

Die Untersuchungen zeigten, dass es sich um eine bereits neubeschichtete Hülse handelte, bei der ein Schichtsystem aufgetragen wurde (siehe Abb.2). Durch die Messung des Härteverlaufs wurde identifiziert, dass die Haftvermittlungsschicht einen unzulässig hohen Härtewert hat, wie in der Abb. 3 (siehe rote Markierung) zu erkennen ist. Im Bereich Haftvermittlungsschicht und zu den angrenzenden Bereichen wurde die Rissneigung untersucht, wie in der Abb. 4 zu sehen ist. Die Risse bilden sich entlang der Oxide aus, die sich in der Haftvermittlungsschicht gebildet haben.

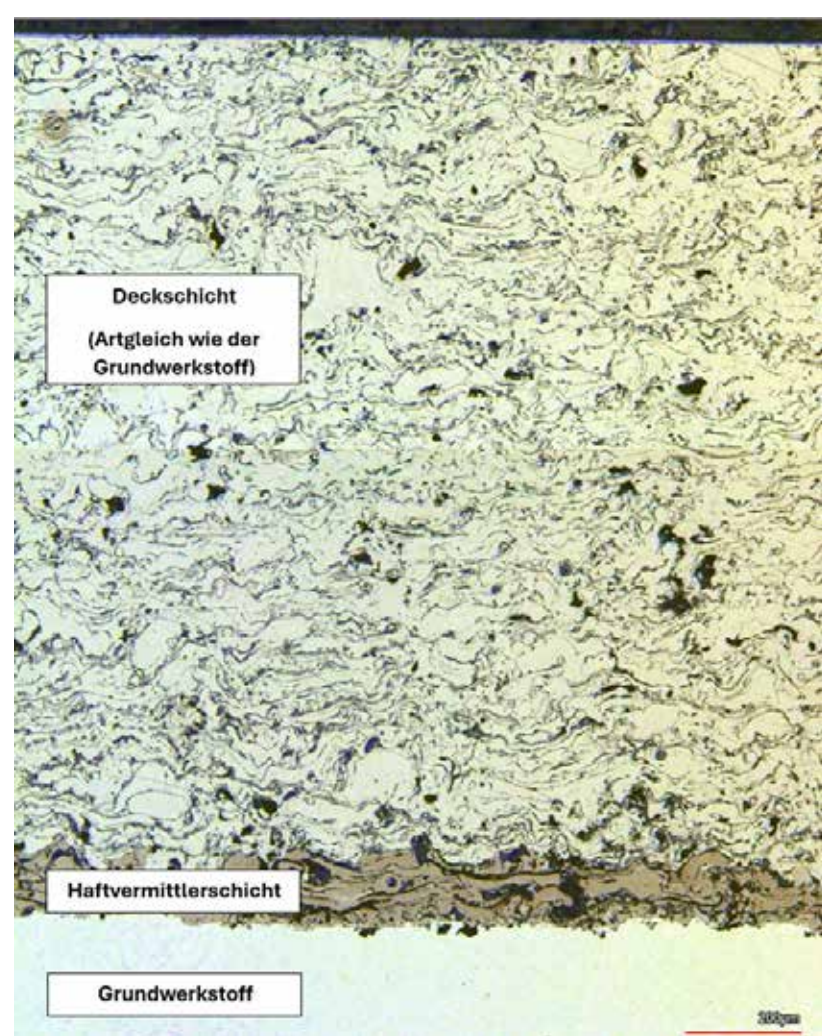


Abb. 2: CLSM-Übersichtsaufnahmen des Schichtaufbaus bei Vergrößerung x20

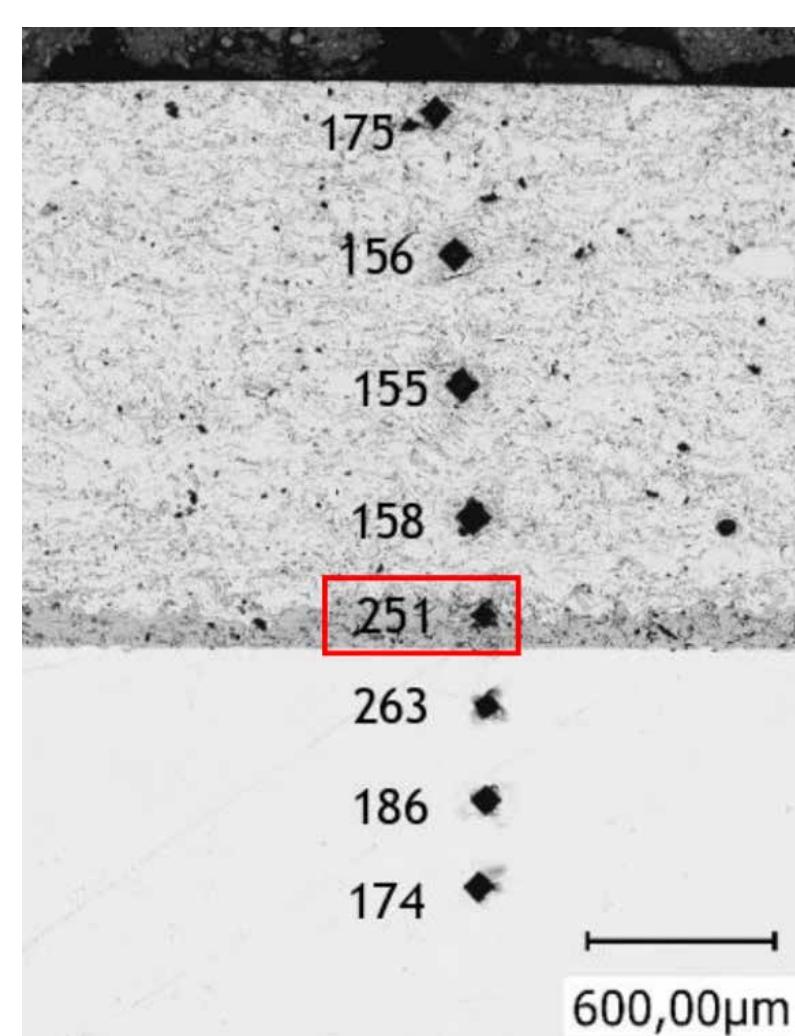


Abb. 3: Darstellung des Härteverlaufs vom Grundwerkstoff bis zur Deckschicht

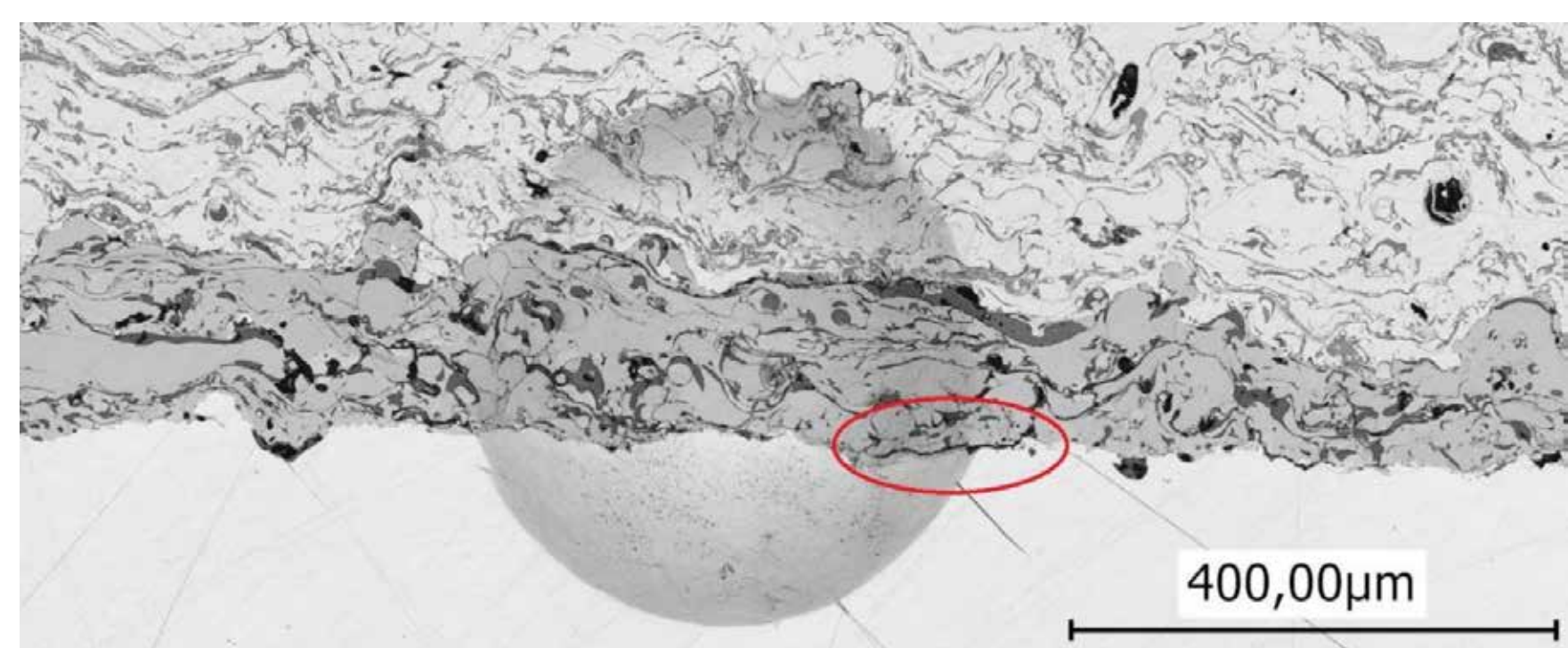


Abb. 4: CLSM-Aufnahme bei x20 Vergrößerung der Rissneigung mittels Brinell-Verfahren mit roter Markierung der Rissausbreitung entlang der Oxide innerhalb der Haftvermittlungsschicht

Bei den REM-Untersuchungen wurde festgestellt, dass ein hoher Oxidanteil in der Haftvermittlungsschicht vorliegt, was das EDX-Mapping zeigt (siehe Abb. 5). Dieser Anteil an Oxiden ist für die erhöhte Rissneigung verantwortlich und führte in erster Linie zum verfrühten Versagen der Beschichtung.

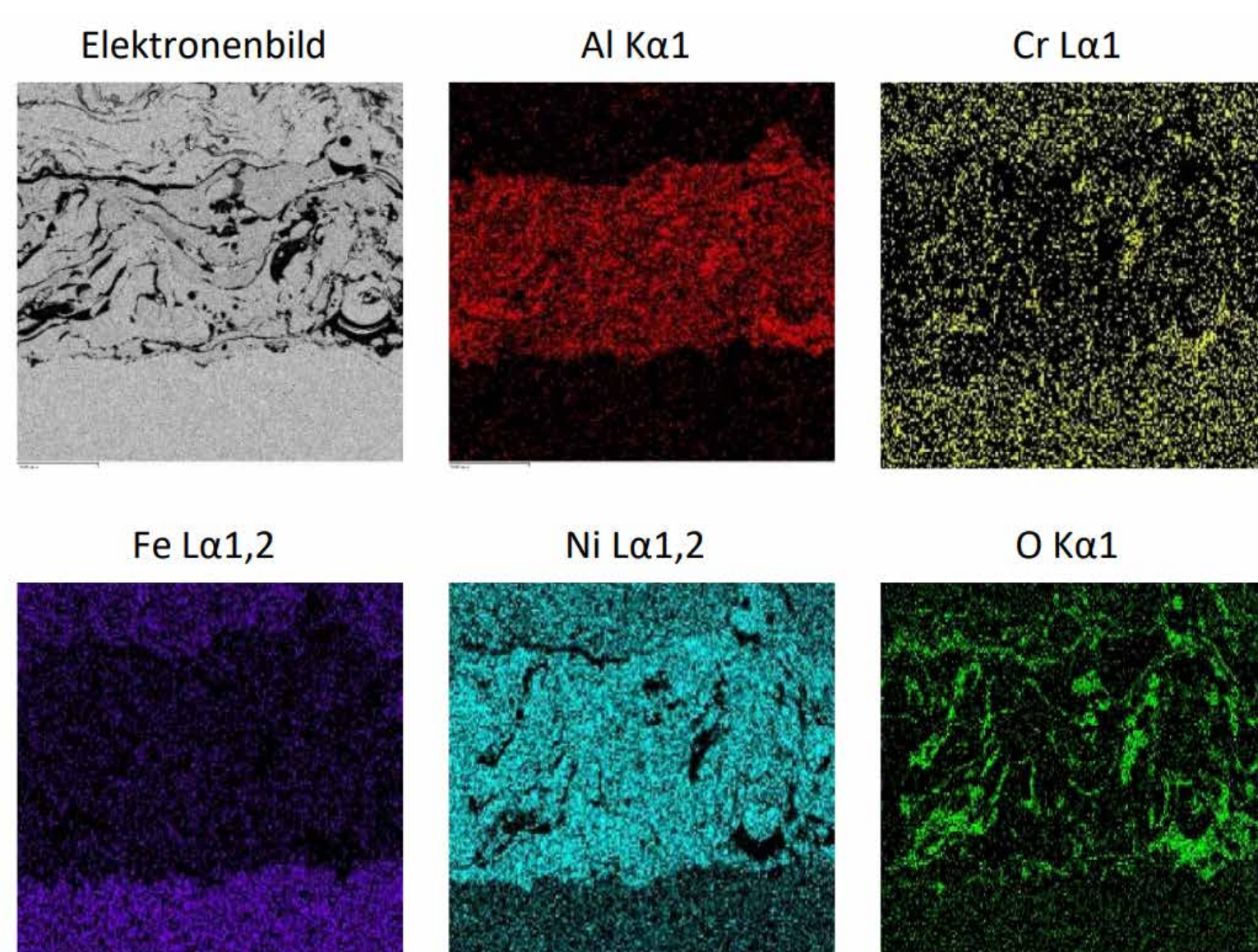


Abb. 5: EDX-Mapping der Haftvermittlungsschicht

Zusätzlich zu den mikroskopischen Untersuchungen wurde das Bauteil im Vorfeld 3D-vermessen, wie die Abb. 6 zeigt. Im Zuge dessen wurde festgestellt, dass die Innenpassungen der Hülse unzulässige Abweichungen in der Koaxialität aufwiesen. Dies erzeugte einen zusätzlichen Kippereffekt, wodurch der Schaden schneller vorangetrieben wurde.

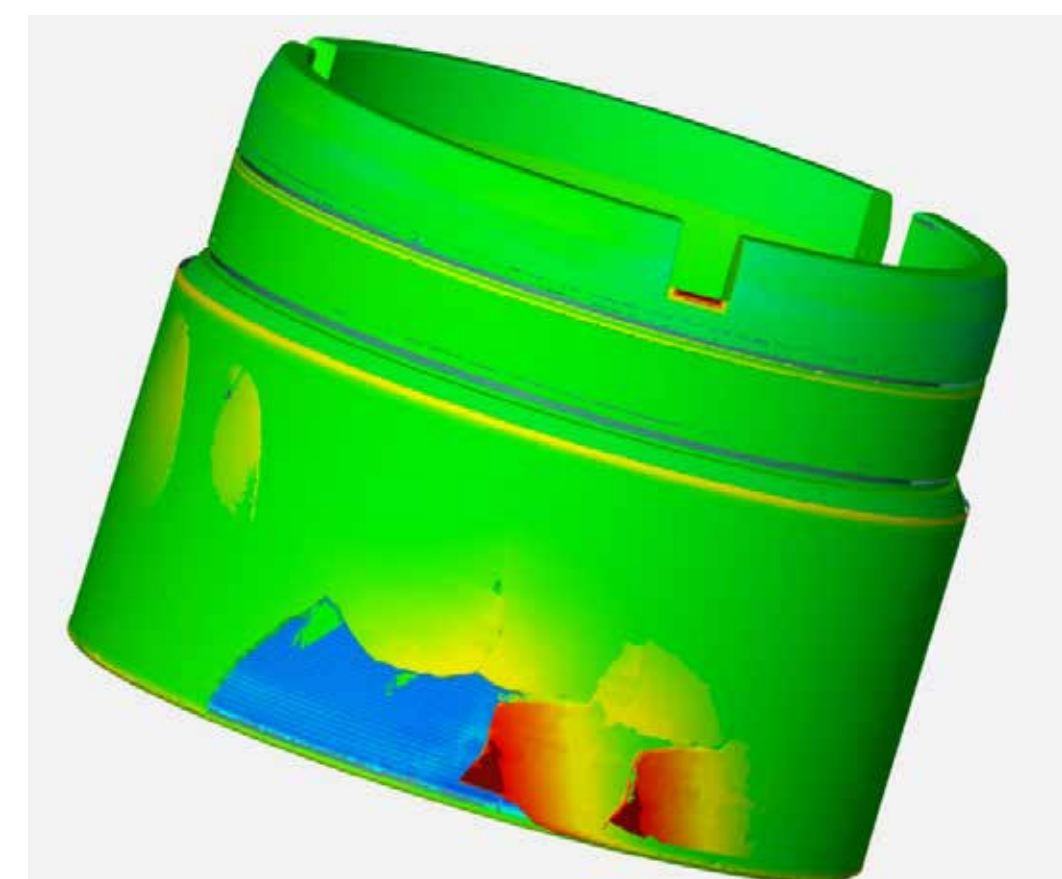


Abb. 6: Exemplarische Darstellung der 3D-Bauteilvermessung

Zusammenfassung

- Erhöhter Oxidanteil induziert eine höhere Rissneigung aufgrund einer Inhomogenität in der Haftvermittlungsschicht.
- Durch die Koaxialitätsabweichung wurde ein Verkippen der Hülse induziert, wodurch sich durch ungleichmäßige Kraftverteilung die Risse schneller ausbreiteten.
- Es sind die Beschichtungsparameter anzupassen, um die Oxidbildung zu vermeiden. Nach der Aufarbeitung ist die Koaxialität zu kontrollieren.