

EFFIZIENTE HARTMETALLBESCHICHTUNGEN FÜR HOCHTEMPERATURANWENDUNGEN

DIE AUFGABE

Verschleißschutz ist eine der wichtigsten Anwendungen für thermisch gespritzte Hartmetallschichten. Stand der Technik sind Hartmetallschichten auf der Basis von WC und Cr_3C_2 mit verschiedenen Bindern (Co, Ni oder NiCr), die vorwiegend durch Hochgeschwindigkeitsflammspritzverfahren (HVOF) hergestellt werden. Ein Problem in der industriellen Anwendung ist der geringe Auftragwirkungsgrad von nur 35 bis 40 Prozent für Flüssigbrennstoffanlagen. Mit gasbetriebenen HVOF-Brennern der dritten Generation können ca. 60 Prozent erreicht werden, allerdings nur bei reduzierter Pulverförderrate. Die Ursache für die geringen Auftragwirkungsgrade liegt u. a. in der inhomogenen Erwärmung der Partikel im Spritzstrahl. Außerdem sind hohe Auftragwirkungsgrade nicht automatisch mit hoher Schichtqualität gleichzusetzen.

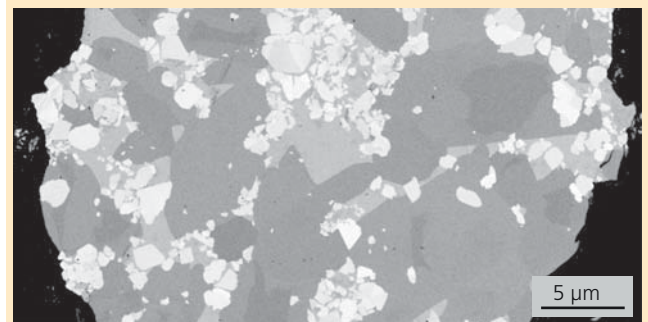
Für die Entwicklung neuer Anwendungen bestehen sowohl technische als auch wirtschaftliche Herausforderungen, beispielsweise die Verbesserung der Schichteigenschaften, auch bei hohen Temperaturen und die Senkung der Beschichtungskosten, z. B. durch Erhöhung des Auftragwirkungsgrades. Weiterhin sind die Zusammenhänge zwischen Pulvereigenschaften, Spritzparametern und den daraus resultierenden tribologischen Eigenschaften der Schichten nur ansatzweise bekannt.

Eine systematische Untersuchung von Beschichtungspulvern aus den Werkstoffsystemen Cr_3C_2 -NiCr und Cr_3C_2 -WC-Ni, sowie deren Einfluss auf die Schichteigenschaften und den Auftragwirkungsgrad beim Hochgeschwindigkeitsflammspritzen wurde in diese Studie durchgeführt. Neben den wirtschaftlichen Parametern lag der Fokus der Untersuchungen auf dem Verschleißverhalten der Schichten bis 800 °C.

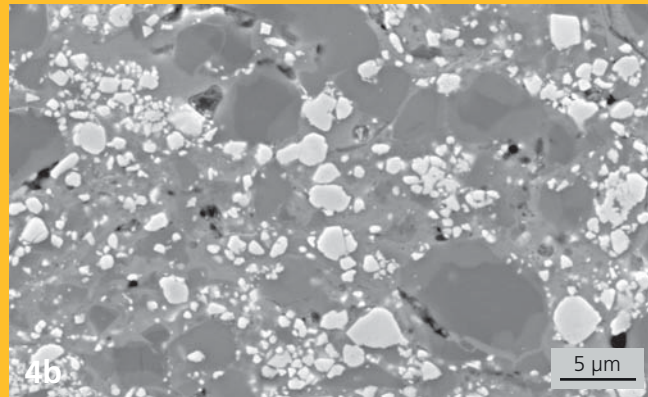
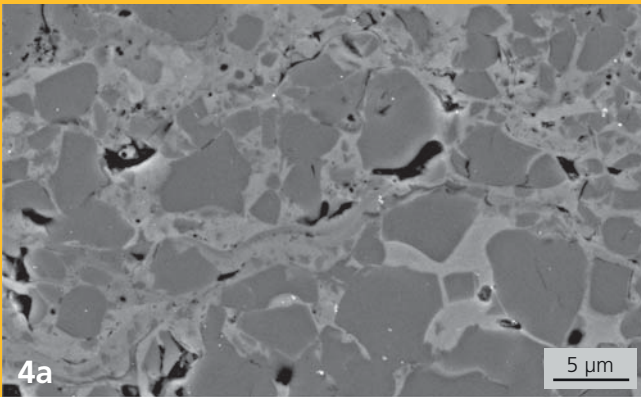
UNSERE LÖSUNG

Für die Cr_3C_2 -NiCr Pulver (C1 bis C5) wurden nach der Sprühtrocknung unterschiedliche Technologien zur Konsolidierung angewendet (Sintern oder Plasmaverdichten). Durch die verschiedenen Herstellungsverfahren unterscheiden sich die typischen Eigenschaften der Pulver (Morphologie, Porosität, Karbidkorngöße). Im Cr_3C_2 -WC-Ni (W1 und W2) Pulver liegen neben den Cr_3C_2 Partikeln sehr feine WC Körner vor. Die Binderphase besteht hauptsächlich aus Nickel (Abb. 3).

REM-Aufnahme eines Cr_3C_2 -WC-Ni (W1) Pulverpartikels mit WC (weiß), Cr_3C_2 (dunkelgrau) und Binder (hellgrau)



Die Schichten wurden mit zwei verschiedenen HVOF-Verfahren mit flüssigem (K2) und gasförmigem Brennstoff (DJ2700) sowie mit dem HVOF-Verfahren (M3) hergestellt. Im Vergleich zum HVOF ist das HVOF ein bis jetzt wenig verbreiteter Spritzprozess mit hohem Potenzial, sowohl bei der technischen Leistungsfähigkeit der Schichten, als auch bezüglich der Wirtschaftlichkeit des Spritzprozesses. Für die Beschichtung wurden Parametersätze ausgewählt, mit denen dichte Schichten bei gleichzeitig hohen Auftragwirkungsgraden hergestellt werden können.



ERGEBNISSE

Die mit Flüssigbrennstoff gespritzten HVOF-Schichten (K2) und die HVOF-Schichten (M3) sind deutlich dichter als die der gasbetriebenen HVOF-Anlage (DJ2700). Die Form der Karbide aus den Pulvern bleibt auch in den Schichten weitgehend erhalten (Abb. 4a und 4b). In den Cr_3C_2 -NiCr-Schichten wurden Cr_3C_2 und die Binderphase nachgewiesen. Die feineren WC-Körner im W1-Pulver sind auch nach dem Spritzen deutlich sichtbar (Abb. 4b).

Für die Mehrzahl der Schichten wurden Härtewerte von über 1000 HV0,3 gemessen. Damit entsprechen sie denen typischer kommerzieller Schichten oder übertreffen diese. Die E-Module liegen überwiegend im Bereich von 150 bis 200 GPa; das sind exzellente Ergebnisse für Cr_3C_2 -NiCr-Schichten. Durch die Verwendung feinerer Karbide und durch WC-Zusätze werden die mechanischen Eigenschaften positiv beeinflusst.

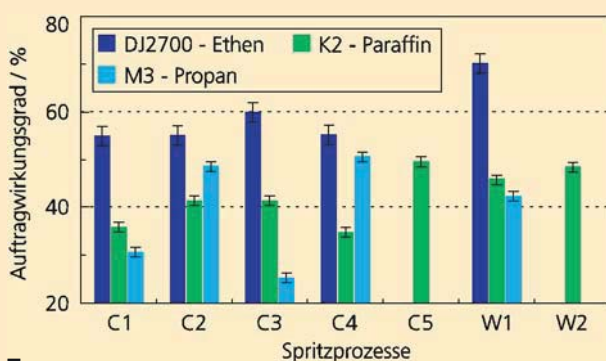
Mit dem flüssigbrennstoffbetriebenen HVOF-Verfahren und insbesondere mit dem HVOF-Verfahren werden hohe Schichtauftragraten von bis zu 4 kg h^{-1} erreicht, was eine erhebliche Zeitersparnis bei der Beschichtung der Bauteile bedeutet. Vorteil der gasbetriebenen HVOF-Verfahren sind die besseren Auftragwirkungsgrade (Abb. 5). Mit dem WC-legierten Pulver wurde sogar ein Auftragwirkungsgrad von 70 Prozent erreicht.

Bei Flüssigbrennstoff-HVOF Schichten konnte der Auftragwirkungsgrad unter Verwendung experimenteller Cr_3C_2 -(WC)-Ni-Pulver (C5 und W2) auf knapp 50 Prozent erhöht werden.

Die Untersuchungen zum Abrasionsverschleiß ergaben deutliche Trends hinsichtlich des Einflusses der Materialtypen auf den Verschleißwiderstand. Der WC-Zusatz führt bei allen untersuchten Temperaturen zu einer deutlichen Verbesserung des Verschleißwiderstandes, um etwa 100 Prozent gegenüber reinen Cr_3C_2 -NiCr-Schichten. Dies ist insbesondere bei hohen Anwendungstemperaturen und Hochlastbedingungen bemerkenswert, da rein WC-basierte Hartmetalle hier üblicherweise versagen. Bedeutsam ist auch die Erhöhung der Verschleißbeständigkeit bei Raumtemperatur nach einer Wärmebehandlung der Schichten für 8 h bei 800 °C in Argon. Durch diese einfache Nachbehandlung kann das Anwendungsspektrum der Cr_3C_2 -NiCr-Schichten deutlich erweitert werden.

Die hier vorgestellten Arbeiten erfolgten im Rahmen des binationalen Cornet-Forschungsvorhabens: In Deutschland wurde das IGF-Vorhaben 91EBR in Kooperation mit dem Fraunhofer IKTS durch die Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS gefördert, in Österreich wurde das Vorhaben 839126 der AC2T research GmbH durch die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH unterstützt.

Auftragwirkungsgrade für die verwendeten Beschichtungspulver und Spritzprozesse



- 1 Cr_3C_2 -NiCr Pulver
- 2 Equipment zum Spritzen der Hartmetallpulver
- 4 REM-Aufnahme einer Cr_3C_2 -NiCr- (a) und einer Cr_3C_2 -WC-Ni-Schicht (b)

KONTAKT

Dr. Filofteia-Laura Toma

+49 351 83391-3191

filofteia-laura.toma@iws.fraunhofer.de

