



Autorenrichtlinie



Stand: 05/2025

Das Wichtigste auf einen Blick:

- Text der Manuskripte als Word-Datei einreichen. Bitte verzichten Sie auf manuelle Silbentrennung.
- Ihr Word-Dokument wird zur Begutachtung und Redigat verwendet, anschließend wird der Beitrag von uns gesetzt.
- Bilder (Fotos, Zeichnungen, Schemadarstellungen, Diagramme) und Tabellen (Zahlentafeln, tabellarische Gegenüberstellungen) unterscheiden. Auflösung von Bilddateien mindestens 300 dpi, Dateiformate: tiff, eps, ai, jpeg, png. Bilder als separate Dateien zusenden; Tabellen separat als Word oder Excel.
- Maßeinheiten müssen zwingend Si-konform sein. Veraltete Maßeinheiten wie At.-%, Gew.-% usw. bitte nicht verwenden!
- Bitte beachten Sie auch, dass unser Zeitschriften-Design keine Platzierung von Trademark- und Copyright-Symbolen sowie keine Schreibweise in Versalien von Firmen- und Produktnamen vorsieht.
- Bitte verwenden Sie beim Zitieren den numerischen Stil: für verwendete Quellen im Fließtext Nummer in der fortlaufenden Reihenfolge vergeben. Bitte möglichst nicht die automatische Referenzerstellung von Word benutzen!

1 Inhaltliche und formale Textgestaltung

Dieses Dokument soll Ihnen zum einen als Anleitung zur Gestaltung Ihres Textes, zum anderen als Formatvorlage für Ihren Artikel dienen. Für diesen Zweck sind die üblichen Formatvorlagen von Word – Standard, Titel, Überschrift, Beschriftung – so angepasst, dass Sie in diesem Dokument mit dem Schreiben Ihres Artikels sofort loslegen können.

1.1 Dateien

Bitte reichen Sie folgende Dateien ein:

- Eine Text-Datei in Word mit am Ende des Dokuments eingebetteten Bildern und Tabellen für die redaktionelle Bearbeitung und das Peer-Review Verfahren.
- Beitragsbilder (inklusive Fotos von Autoren) als separate Dateien (tiff, jpeg, png, eps, ai) mit einer Auflösung von 300 dpi.
- (siehe auch die Hinweise im Abschnitt 2. Bilder und Tabellen).

1.2 Gliederung des Beitrages

Ihr Beitrag umfasst ca. 20.000 Zeichen inkl. Leerzeichen und besteht aus Vorspann, Hauptteil und Referenzen.

1.2.1 Vorspann

Der Vorspann enthält folgende Elemente in angegebener Reihenfolge:

- Beitragstitel: max. 100 Zeichen inkl. Leerzeichen,
- Vollständige Namen der Autoren (mit Titel), Institut und Ort
- Deutsche Kurzfassung: max. 1.500 Zeichen inkl. Leerzeichen; keine Absätze,
- englischsprachiger Titel,
- englischsprachige Kurzfassung.

1.2.2 Hauptteil

Der Hauptteil ist maximal in die dritte Ebene strukturiert. Die Einleitung benötigt wie in dieser Vorlage ausgeführt – keine Überschrift

- Abschnittüberschriften haben max. 40 Zeichen
- Am Ende des Hauptteils steht ein Fazit über eventuelle weiter geplante Untersuchungen, Ausblick auf noch offene Probleme oder Ähnliches. Bei Forschungsarbeiten: Folgerungen für die Praxis

1.2.3 Literatur

Im Text verweisen Sie über die in eckige Klammern gesetzte Nummer auf den Eintrag im Literaturverzeichnis zum Beispiel:

- [1] Matting, A., u. G. Jacoby: Die Zerrüttung metallischer Werkstoffe bei Schwingbeanspruchung in der Fraktografie. Aluminium 38 (1962), H. 10, S. 654/61.
- [2] Neumann, A.: Schweißtechnisches Handbuch für Konstrukteure, Bd. 1, S. 31/40. DVS Media, Düsseldorf 1990.

Bei allen Quellen (auch Online-Quellen) bitte nach DIN ISO 690 zitieren. Bitte verwenden Sie beim Zitieren den numerischen Stil: für verwendete Quellen im Fließtext Nummer in der fortlaufenden Reihenfolge vergeben. Bitte möglichst nicht die automatische Referenzerstellung von Word benutzen.

1.3 Formale Textgestaltung

Die maximale Länge des formatierten Beitrages beträgt 20.000 Zeichen (inkl. Leerzeichen)

- THERMAL SPRAY BULLETIN verwendet die vom Duden favorisierten Schreibungen und Regeln.
- Tabulatoren werden lediglich für Listen und Aufzählungen benötigt. Tabellen sollen in Word nicht mit Tabulatoren, sondern mit dem Tabelleneditor erfasst werden. Die Gleichungen sind mit fortlaufenden arabischen Ziffern zu nummerieren (in runden Klammern). Bitte exportieren Sie jede einzelne Formel als Bild in eine eigene pdf-Datei.

2 Bilder und Tabellen

Bilder sind wichtige ergänzende Elemente zu wissenschaftlichen Texten. Wir bitten Sie, folgende Hinweise zu beachten:

- Insgesamt 8 Bilder und Tabellen.
- Zeichnungen, Diagramme und Fotos werden in der Bildunterschrift als Bild (nicht „Abb.“ oder „Fig.“) gekennzeichnet.
- Bilder und Tabellen werden fortlaufend nummeriert (z. B. Bild 1, Bild 2 usw.) und mindestens einmal im Text zitiert.
- Die Bildunterschrift darf nicht in der Grafik stehen. Sie sollte den Inhalt des Bildes so wiedergeben, dass dieses selbsterklärend ist.
- Bilder fortlaufend nummerieren, Bildnummern im Manuskripttext einfügen.
- Tabellen (unabhängig von den Bildern) fortlaufend nummerieren, Tabellennummern im Manuskripttext einfügen.
- Benennungen, Bezeichnungen usw. nach den neuesten DIN-Normen, DVS-Merkblättern usw.
- Die Schriftart in allen Bildern sollte gleich sein.
- Effekte wie Füllmuster, Outline Fonts, Verläufe und Schatten bitte vermeiden.
- Bilder möglichst in Farbe; Mindestauflösung 300 dpi.
- Dateiformate: Wir arbeiten mit tiff, eps, ai, jpeg, png.

3 Autoren

- Titel, Vor- (ausgeschrieben) und Zuname aller Verfasser, aktuelle Berufs-/Tätigkeitsbezeichnungen mit Angabe von Institut, Arbeitgeber und (optional) E-Mail-Adressen und Porträtfotos.
- Kurzer Werdegang für unsere Datenbank.

4 Danksagung

Für die Manuskripte zu IGF-Vorhaben bitte eine Danksagung einfügen.

Kontakt zur Redaktion

Manuskripte bitte an:

nicole.stramka@dvs-media.info

Fachbeiträge zu IGF-Vorhaben:

Bitte senden Sie das Manuskript zusätzlich an philipp.okon@dvs-home.de, falls es sich um eine Veröffentlichung zu einem abgeschlossenen IGF-Vorhaben handelt, das über die Forschungsvereinigung Schweißen und verwandte Verfahren e. V. des DVS beantragt wurde.

Hinweis zur geschlechtergerechten Sprache

Die in THERMAL SPRAY BULLETIN veröffentlichten wissenschaftlichen Fachbeiträge werden im Peer-Review-Verfahren vorrangig hinsichtlich ihrer inhaltlichen Qualität geprüft. Das in den Artikeln zumeist gewählte generische Maskulinum bezieht sich dabei zugleich auf die männliche, die weibliche und andere Geschlechteridentitäten. Wir unterstützen ausdrücklich die Verwendung einer geschlechtergerechten Sprache, verzichten aber zu Gunsten der Leserlichkeit darauf.

Überschrift
max. 100
Zeichen inkl.
Leerzeichen

Kurzfassung
max. 1.000
Zeichen inkl.
Leerzeichen

Passbild
Bild mind.
300 dpi

Autorenkasten
mit allen Autoren des
Beitrags und ihrem
Porträt Namen, Titel,
Institut, Ihrer Tätigkeit
und E-Mail-Adresse

Optimierung der Temperaturleitfähigkeit in thermisch gespritzten Schichtverbunden für Leistungselektroniken

Optimization of Thermal Conductivity in Thermally Sprayed Coating Composites for Power Electronics

Kurzfassung
Das Thermische Spritzen bietet mit seiner Vielseitigkeit eine hervorragende Möglichkeit, einen Schichtverbund herzustellen, welcher sowohl elektrisch isolierend, als auch thermisch gut leitfähig ist. Bestehend aus einem Haftvermittler, einer isolierenden Al_2O_3 -Schicht und einer Metallisierung mit Kupfer, kann die Wärme von der Wärmesenke in den Wärmeüberträger (WÜ) abgeführt werden. In diesem Artikel wird vorgestellt, wie durch die Wahl eines geeigneten Haftvermittlers die Temperaturleitfähigkeit weiter erhöht werden kann. Außerdem wird der Anwendungsfall anhand eines Demonstrators aufgezeigt, bei dem ein solcher Schichtverbund zur Abkühlung eines Bipolartransistors mit isolierter Gate-Elektrode (Insulated-Gate Bipolar Transistor, IGBT) an einen WÜ verwendet wird.

Thomas Vetter, M. Sc.
Anwendungsentwickler
eike innovation gmbh, Bad Kissingen
thomas.vetter@eike-innovation.de

Dr. Harry Kanner
Leiter der Qualitätsentwicklung
Head of Quality Assurance
eike innovation gmbh, Bad Kissingen
harry.kanner@eike-innovation.de

Dr. Fabian Trenkle
Leiter der Forschung und Entwicklung/Leitung
Head of Research and Development/Management
eike innovation gmbh, Bad Kissingen
fabian.trenkle@eike-innovation.de

Dr.-Ing. Sven Hartmann, M.A. MBA (SFT)
Technische Direktor
Technical Director
eike innovation gmbh, Bad Kissingen
sven.hartmann@eike-innovation.de

Abstract
Thermal spraying, with its versatility, provides an excellent opportunity to produce a coating composite that is both electrically insulating and thermally conductive. Comprising a bonding agent, an insulating Al_2O_3 coating, and a copper metallization, heat can be efficiently dissipated from the heat source to the heat sink. This article presents how selecting a suitable bonding agent can further enhance thermal conductivity. Additionally, the application is demonstrated using a prototype in which such a coating composite is used for connecting an Insulated-Gate Bipolar Transistor (IGBT) to a heat sink.

agent, an insulating coating made of aluminum oxide (Al_2O_3), and a copper metallization for thermal coupling or soldering. While the Al_2O_3 coating ensures electrical insulation, the copper coating enables efficient heat transfer. The bonding agent plays a crucial role in reducing mechanical stresses between the coatings. The goal of this study is to optimize thermal conductivity in the coating composite by selecting an appropriate bonding agent material. Various bonding agent materials and particle sizes were systematically investigated. Additionally, a prototype is presented to illustrate the practical application of such an optimized coating composite in power electronics.

2. Methodology
To investigate the thermal conductivity of the bonding agent, two materials, NiCr 80-20 and NiAl 95-5, were selected. Each bonding agent was ap-

1. Einleitung
Die fortschreitende Miniaturisierung und steigende Leistungsdichte in der Leistungselektronik führen zu immer höheren Abwärmleistungen. Um diese effizient zu bewerkstelligen, ist eine zuverlässige Wärmeabfuhr unerlässlich. Ein zentraler Bestandteil dieser Wärmeabfuhr ist die thermische Anbindung der elektronischen Bauelemente an den Wärmeüberträger. Dies erfordert Materialien, die einerseits eine hohe elektrische Isolierung bieten und gleichzeitig eine gute Temperaturleitfähigkeit besitzen. Thermisch gespritzte Schichtverbunde bieten hierfür eine vielversprechende Lösung. Durch die Kombi-

tion verschiedener Schichten können sowohl die elektrischen als auch die thermischen Anforderungen optimiert werden. Typische Schichtaufbauten umfassen einen Haftvermittler, eine isolierende Schicht aus Aluminiumoxid (Al_2O_3) sowie eine Kupfermetallisierung für die thermische Anbindung bzw. Lötverbindung. Während die Al_2O_3 -Schicht elektrische Isolation gewährleistet, sorgt die Kupferschicht für eine effiziente Wärmeabfuhr. Entscheidend ist die mechanische Spannungsverteilung zwischen den Schichten. Ziel dieser Untersuchung ist es, durch die Wahl eines geeigneten

1. Introduction
The ongoing miniaturization and increasing power density in power electronics lead to ever higher heat dissipation within confined spaces. [1] To effectively manage this, reliable heat dissipation is essential. A key aspect of this heat dissipation is the thermal connection of electronic components to the heat sink. This requires materials that provide high electrical insulation while also possessing good thermal conductivity. Thermally sprayed coating composites offer a promising solution for this purpose. By combining different coating materials, both electrical and thermal requirements can be optimized. Typical coating structures include a bonding

Zwischenüberschrift

Haftvermittlermaterial die Temperaturleitfähigkeit im Schichtverbund weiter zu optimieren. Hierbei wurden verschiedene Haftvermittlermaterialien und Korngrößen systematisch untersucht. Zusätzlich wird ein Demonstrator vorgestellt, der die praktische Anwendung eines solchen optimierten Schichtverbunds in der Leistungselektronik zeigt.

2. Durchführung
Um die Temperaturleitfähigkeit des Haftvermittlers zu untersuchen, wurden zwei Materialien, NiCr 80-20 und NiAl 95-5, ausgewählt. Für beide Haftvermittler konnten zwei unterschiedliche Kornfraktionen zum Einsatz. Für NiCr wurde eine grobere Kornfraktion mit $f = 50 \pm 20 \mu m$ und eine feinere Kornfraktion mit $f = 25 \pm 5 \mu m$ verwendet. Bei NiAl wurde die größte Körnung mit $f = 90 \pm 45 \mu m$ gewählt und zusätzlich – eine zur gröberen NiCr-Kornfraktion ähnliche – Kornfraktion mit $f = 45 \pm 20 \mu m$ genutzt. Die 5 mm dicken Aluminium-Substrate wurden vor dem Beschichten mit F40 Feinrauhend gestrichelt. Die Beschichtung erfolgte durch atmosphärisches Plasmaspritzen (APS). Neben den Schichten mit der Zielstichstärke von $50 \mu m$, die für die Anwendung vorgesehen sind, wurden auch $150 \mu m$ dicke Schichten aufgebracht, um Unterschiede in der Temperaturleitfähigkeit besser sichtbar zu machen. Für den Demonstrator wurde der Haftvermittler auf einen Aluminium-WÜ aufgebracht. Die isolierende Al_2O_3 -Schicht ($f = 45 \pm 15 \mu m$) wurde ebenfalls mittels APS aufgetragen. Außerdem wurde mittels Kaltgasätzen eine Metallisierung aus Kupfer mit einer Kornfraktion von $f = 31 \pm 5 \mu m$ appliziert.

3. Temperaturleitfähigkeit Haftvermittler
Die Temperaturleitfähigkeit α des Haftvermittlers im Schichtverbund ist nicht vernachlässigbar. Dies zeigt auch ein Blick auf die Wärmeleitfähigkeiten der Werkstoffe. Die Wärmeleitfähigkeit λ von NiCr 80-20 als Bulkmaterial liegt mit $\lambda = 15 W/mK$ im Bereich von gespritztem Al_2O_3 mit $\lambda = 30 W/mK$. Eine thermisch gespritzte Al_2O_3 -Schicht liegt im Bereich von etwa $\lambda = 2$ bis $3 W/mK$. Als zu-

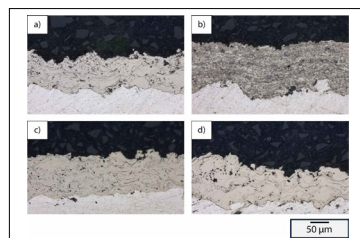


Bild 1: Lichtmikroskopische Aufnahmen der Querschnitte von Substrat mit folgenden Haftvermittlerpartikeln beschichtetes Substrat: a) NiCr $f = 50 \pm 20 \mu m$, b) NiCr $f = 25 \pm 5 \mu m$, c) NiAl $f = 45 \pm 20 \mu m$ und d) NiAl $f = 90 \pm 45 \mu m$

sätzlicher Haftvermittler wurde NiAl 95-5 gewählt, um die Temperaturleitfähigkeit zu steigern. Hier liegt die Wärmeleitfähigkeit für Bulkmaterialien bei $\lambda = 70 W/mK$ und könnte damit NiCr auch als TS-Schicht überbieten. In Bild 1 sind die lichtmikroskopischen Aufnahmen der mit den verschiedenen Haftvermittlern beschichteten Substrate zu sehen. Es ist zu erkennen, dass das feine NiCr-Pulver mit $f = 25 \pm 5 \mu m$, dargestellt in Bild 1b), aufgrund des hohen Feinanteils die Phasengrenzen aufweist. Das Schichtgefüge der beiden Pulver NiCr ($f = 50 \pm 20 \mu m$, dargestellt in Bild 1a) und NiAl ($f = 45 \pm 20 \mu m$, dargestellt in Bild 1c))

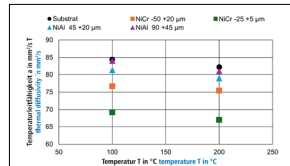


Bild 2: Temperaturleitfähigkeit der Beschichtungen mit unterschiedlichen Substraten mit einer 150 µm dicken Haftvermittlerschicht in Abhängigkeit der Temperatur

better visualize differences in thermal conductivity. For the prototype, the bonding agent was applied to an aluminum heat sink. The insulating Al_2O_3 coating ($f = 45 \pm 15 \mu m$) was also applied using APS. Furthermore, a copper metallization with a particle size of $f = 31 \pm 5 \mu m$ was deposited using cold gas spraying.

3. Thermal Conductivity of Bonding Agents
The thermal conductivity α of the bonding agent within the coating composite is significant. This is ev-

Bildunterschrift

Hauptteil

Bild
min. 300 dpi

Bildunterschrift

Fazit und Ausblick

Danksagung

Peer-reviewed Papers Wissenschaftliche Fachbeiträge

a) **#166-L7, 800 °C, 32 d**

b) **#167-L5, 900 °C, 8 d**

c) **#168-L12, 900 °C, 16 d**

d) **#176-L8, 900 °C, 32 d**

Bild 7: FESSEM-Aufnahme (BSEI) der Schichtgrenzfläche einer 750 µm Cr₂C₃/NiCr₂ Schicht aus einem experimentellen Bauteil (Kupfer) nach Wärmehärtung. Die Schichtgrenzfläche ist nach Wärmehärtung bei 800 °C nach 32 d (a), 900 °C nach 8 d (b), 900 °C nach 16 d (c) und 900 °C nach 32 d (d).

Bild 7: FESSEM Images (BSEI) of cross sections of the 750 µm Cr₂C₃/NiCr₂ coatings sprayed from an experimental and untreated powder on 2.4866 substrate after heat treatments at 800 °C for 32 d (a), 900 °C for 8 d (b), 900 °C for 16 d (c) and 900 °C for 32 d (d).

Literatur References

[1] S. Matthews, B. James, M. Hyland, The effect of heat treatment on the oxidation mechanism of blended powder Cr₂C₃/NiCr₂ coatings, *Journal of Thermal Spray Technology* 19 (2010) pp.11927. <https://doi.org/10.1007/s11666-009-9381-7>

[2] L.-M. Berger, S. Sava, M. Woydt, Heißgleichschweiß von thermisch gepregten Hartmetallschichten, in: R. Sachdev, (Ed.), *Handbuch Oberflächentechnik* 2007, Eugen G. Leuze Verlag, Bad Sauer, 2007, pp. 242–267.

[3] L.-M. Berger, *Coatings by Thermal Spray*, in: V.K. Sarin, D. Mari, L. Llanes (Eds.), *Comprehensive Hard Materials*, 2014, pp. 471–506.

[4] L.-M. Berger, *Hardmetal Coatings - History and Perspective*, in: *Conference Proceedings 11. Kolloquium HVOF Spraying*, Erling, 2018, pp. 57–72.

[5] G. Böhler, L.-M. Berger, T. Blömer, H. Kavalakto, V. Mäkeläinen, L. Luvarghi, C. Ughetti, M. Mäkeläinen, P. Nylen, P. Sansonetti, R. Trache, P. Vuorisalo, Sliding and abrasive wear behaviour of HVOF- and HVOF-sprayed Cr₂C₃-NiCr₂ hardmetal coatings, *Wear* 358–359 (2016) 32–50. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2016.03.034>

[6] S. Matthews, L.-M. Berger, Inter-diffusion between thermally sprayed Cr₂C₃/NiCr₂ coatings and an Alloy 625 substrate during long-term exposure at 500 °C, 700 °C and 900 °C, *Journal of Alloys and Compounds* 770 (2019) 1078–1079. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2018.08.189>

[7] L.-M. Berger, R. Trache, F.-L. Toma, S. Thiele, J. Norpoth, L. Janka, Development of cost-effective hardmetal coating solutions for high-temperature applications, Part two: Effect of heat treatment and tribological properties, *Thermal Spray Bulletin* 9 (2016) 45–53.

[8] S. Karmal, R. Jayaraman, S. Prakash, Evaluation of cyclic hot corrosion behaviour of detonation gun sprayed Cr₂C₃-25%NiCr₂ coatings on nickel- and iron-based superalloys, *Surface and Coatings Technology* 203 (2009) 1004–1013. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2008.09.031>

[9] L. Janka, L.-M. Berger, J. Norpoth, R. Trache, S. Thiele, C. Tomasko, V. Mäkeläinen, P. Vuorisalo, Improving the high temperature abrasion resistance of thermally sprayed Cr₂C₃/NiCr₂ coatings by WC-addition, *Surface and Coatings Technology* 337 (2018) 296–305. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2018.01.035>

[10] V. Mäkeläinen, G. Böhler, H. Kavalakto, M. Honkanen, M. Vignola, L. Luvarghi, P. Vuorisalo, A study of Cr₂C₃-based HVOF- and HVOF-sprayed Coatings: Microstructure and Carbide Retention, *Journal of Thermal Spray Technology* 26 (2017) 1239–1256. <https://doi.org/10.1007/s11666-017-0578-x>

[11] L.-M. Berger, K. Gnauck, S. Corone, Oxidation Resistance of HVOF-sprayed WC-Cr₂C₃-Ni Hardmetal Coatings, *Proc. ITSC 2020*, angenommen Beitrag / accepted paper.

[12] H.J. Maier, M.R. Diaz, K. Möhwald, A. Fromm, R. Gaulty, C. Klotz, *Stanzstofffreie Produktion im Fall von sechs Fertigungsgruppen*, in: T. Königstein, A. Wank (Eds.), *Tätungsband zum 8. GTV Kolloquium Thermisches Spritzen & Laser Cladding*, Luckenbach, 2022, pp. 31–41.

Wissenschaftliche Fachbeiträge Peer-reviewed Papers

4. Zusammenfassung

Die hier vorgestellten Arbeiten fokussierten auf die Ausfallsicherheit von Hartmetallschichten durch Oxidation und Delamination. Die Zunderfestigkeit hängt vom Cr₂C₃-Gehalt der Schichtzusammensetzung ab, nur die 750 µm Cr₂C₃/NiCr₂-Schicht erwies sich unter den untersuchten Bedingungen nicht als langzeitstabil. Die Delaminationen werden entscheidend vom Substratwerkstoff beeinflusst. Bei den Substratwerkstoffen 1.4828 (AISI 308) und 2.4856 (Alloy 625) bilden bei 900 °C Oxidlagen an den Substrat-Schicht-Grenzflächen. Im Fall von 1.4828 führte die Bildung einer SiO₂-Lage zu Delaminationen, dies wurde dagegen für die Cr₂O₃-Lage auf 2.4856 nicht beobachtet. Der Befund, dass SiO₂-Lagen zu einem Schichtabfall bei 1.4828 führen, kommt überraschend, da sich um einen um längeren im Einsatz befindlichen Stahl für Hochtemperaturanwendungen handelt. Die Si-Gehalte dieser Stähle liegt mit 1,5 bis 2,5 % vergleichsweise hoch. Bei der Auswahl von Stählen als Substratwerkstoff ist also auf die chemische Zusammensetzung zu achten. Es sind noch weitere Untersuchungen notwendig, um dies zu verifizieren. Von besonderem Interesse sind Schichten mit ungefähr gleichen Anteilen von WC und Cr₂C₃ (z. B. 42Cr₂C₃-42WC-16Ni). Sie bilden einerseits dicke Cr₂O₃-Schutzschichten an der Oberfläche und bieten so Langzeitstabilität gegen Oxidation, andererseits wird die

Bildung von Oxidlagen an der Substrat-Schicht-Grenzfläche unterdrückt.

Danksagung

Das Projekt wurde durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Das Projekt wurde durchgeführt durch die Forschungsgemeinschaft Schwermetalle und verwandte Verfahren e.V. des DVS, Aachener Straße 172, 40223 Düsseldorf. Die kommerziellen Beschichtungsanlagen und Substrate wurden von den im projektbegleitenden Ausschuss (PA) beteiligten Firmen bereitgestellt. Beschichtung und Endbearbeitung erfolgten ebenfalls durch die im Projekt beteiligten Firmen. Für die Kooperation wird hiermit allen Partnern gedankt.

Gefördert durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

state-coating interfaces at 900 °C. In the case of 1.4828, the formation of a SiO₂ layer led to delaminations, whereas this was not observed for the Cr₂O₃ layer on 2.4856. The finding that SiO₂ layers led to coating failure on 1.4828 is surprising, as this is a steel that has been in use for a long time for high temperature applications. The Si content of this steel grade is relatively high at 1.5 to 2.5 %. Therefore, when selecting steel grades as substrate materials, attention must be paid to the chemical composition. Further investigations are necessary for confirmation. Coatings with approximately equal proportions of WC and Cr₂C₃ (e.g., 42Cr₂C₃-42WC-16Ni) are of particular interest. On the one hand, they form dense Cr₂O₃ protective scales on the surface, providing long-term stability against oxidation. On the other hand, the formation of oxide layers on the substrate surface at the coating-substrate interface is suppressed.

Acknowledgement

The project is being promoted by the Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Protection (BMWK) on the basis of a resolution of the German Bundestag. The project was carried out by the research association "Schwermetalle und verwandte Verfahren e.V. of DVS". The commercial feedback powders and substrates were provided by the companies involved in the industrial advisory board (PA). Coating preparation and finishing were also carried out by the companies involved in the PA. We would like to thank all partners for their cooperation.

Supported by:
Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action
on the basis of a decision by the German Bundestag

50 THERMAL SPRAY BULLETIN 18 (2025) No. 1

Der Fachbeitrag basiert auf dem IGF-Forschungsvorhaben 01IF22054 / DVS-Nr.: 02.3457.

IGF
KOOPERATION
ZUSAMMENARBEITUNG

Insistentenverzeichnis Thermal Spray Bulletin

Adressat	Thema	Adressat	Thema	Adressat	Thema
Berlin Metallgesellschaften B.V.	KA Gießen/The Netherlands	19	GGI - Gesellschaft für Schweißtechnik International	Münster/Germany	7
Berlin Metallgesellschaften Wöhring GmbH	Herrschdorf/Germany	23	GTV Verschleißschutz GmbH	Ludwigshafen/Germany	14/16
CBM Technologies GmbH	Berchfeld/Inneren/Germany	5	Linde AG	Wuppertal/Germany	21
Dalton Wear Solutions GmbH	Koblenz/Germany	12/13	Leibniz Technik AG	Hannover/Germany	13/16
Durum Verschleißschutz GmbH	Münchensgladbach/Germany	15	Möller Josting & Cladding	Walden/Seiten/Germany	11
DVS - Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e.V.	Wittlich/Germany	30	Osaka Innovation GmbH	Bad Kissingen/Germany	16
EUROBAT GmbH	Düsseldorf/Germany	41	Osaka Ltd.	Tampere/Finland	9
	Bamberg/Germany	17	T-Spray GmbH	Lerningen/Germany	13

71 THERMAL SPRAY BULLETIN 18 (2025) No. 1