

# Mikrostruktur und Phasenzusammensetzung von im Vakuumofen umgeschmolzenen NiCrBSi-TiB<sub>2</sub> flammgespritzten Beschichtungen

Autoren: Norbert Kazamer, Petru Cristian Vălean, Dragoș-Toader Pascal, Roxana Muntean, Jennifer Koziolok, Markus Kiryc, Gabriela Mărginean, Viorel-Aurel Șerban

## Hintergrund und Ziel der Arbeit

Zu den bekanntesten Legierungen auf Nickelbasis gehört NiCrBSi, ein Material, das in industriellen Anwendungen hinsichtlich Verschleiß- und Korrosionsschutz verwendet wird. Eine der möglichen Verstärkungen für die Legierungen auf Ni-Basis ist TiB<sub>2</sub>. Das Material hat eine hohe Härte von 3460 HV, eine niedrige Dichte von 4,52 g cm<sup>-3</sup> und eine ausgezeichnete Oxidationsbeständigkeit von bis zu 1000°C. Die thermisch gespritzten NiCrBSi-Schichten zeigen eine mäßige Haftung auf dem Substrat, eine relativ hohe Porosität und unerwünschte eingeschlossene Gase in den Beschichtungen. Ein Umschmelzprozess ist daher notwendig, um die Schicht Eigenschaften zu verbessern und die zuvor erwähnten Defekte zu minimieren. Seit kurzem werden Vakuumöfen für solche Nachbehandlungen eingesetzt, da sie Reproduzierbarkeit, die Prozessflexibilität bei Werkstücken mit komplexen Geometrien und relativ niedrige Kosten mit einer kurzen Verarbeitungszeit bieten.

Ziel der Forschungsarbeiten ist die Untersuchung der Mikrostruktur und Phasenzusammensetzung von NiCrBSi-TiB<sub>2</sub> flammgespritzten und vakuumgeschmolzenen Schichten. NiCrBSi-Pulver wurde mechanisch mit TiB<sub>2</sub> in verschiedenen volumetrischen Konzentrationen gemischt, flammgespritzt und umgeschmolzen.

## Materialien und Methoden

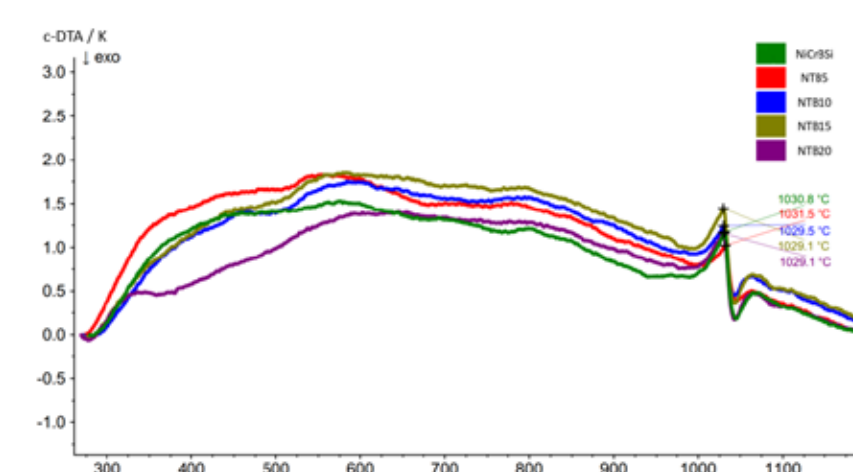
Die Legierung auf Ni-Basis wurde bei einer Partnerfirma, der Karl Schumacher GmbH, Deutschland, flammgespritzt. Vier Chargen von mechanisch gemischtem Pulver mit 5% (NTB5), 10% (NTB10), 15% (NTB15) und 20% (NTB20) vol. TiB<sub>2</sub> wurde hergestellt. Das Umschmelzen der Proben wurde in einem HITERM 80-200 Vakuumofen durchgeführt. Die Parameteroptimierung wurde durch Mikrohärtemessungen und bildbasierte Porositätsanalysen durchgeführt. Eine sorgfältige thermische Analyse des Pulvers wurde mit einem Netzsch STA 449F1-Gerät durchgeführt. Die Mikrohärtigkeit der Beschichtung wurde gemessen und eine Röntgendiffraktometrie (XRD) wurde zur Bestimmung der Phasenzusammensetzung durchgeführt. Die Morphologie, Mikrostruktur und chemische Zusammensetzung wurde unter Verwendung von Rasterelektronenmikroskopie (REM) in Kombination mit energiedispersiver Röntgenspektroskopie (EDX) analysiert.

Nominalwert der chemischen Zusammensetzung des Substrats in Gew. %

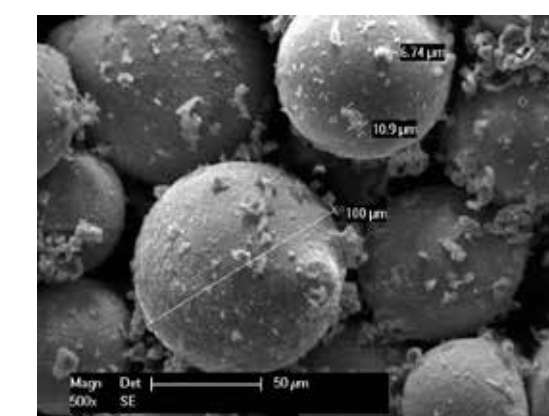
	C	Si	Mn	P	S
St 52-3	<= 0,2	<=0,55	<=1,6	<=0,0030	<=0,025

Chemische Zusammensetzung und Größenbereich des NiCrBSi- und TiB<sub>2</sub>-Pulver in %

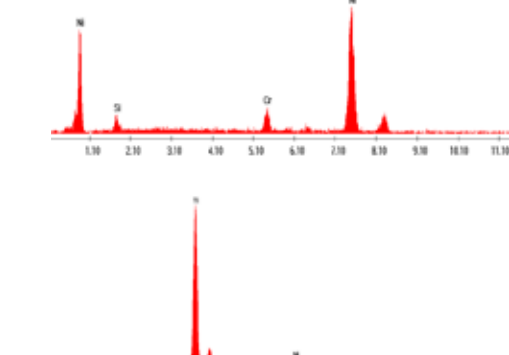
	Ni [%]	Ti [%]	Cr [%]	B [%]	Si [%]	Fe [%]	C [%]	O <sub>2</sub> [%]	Size range [µm]
NiCrBSi	bal		6	1	4	1.5	0.3		45-106
TiB <sub>2</sub>		bal		min. 30		max. 0.1	0.5	max. 1.1	6.5-10



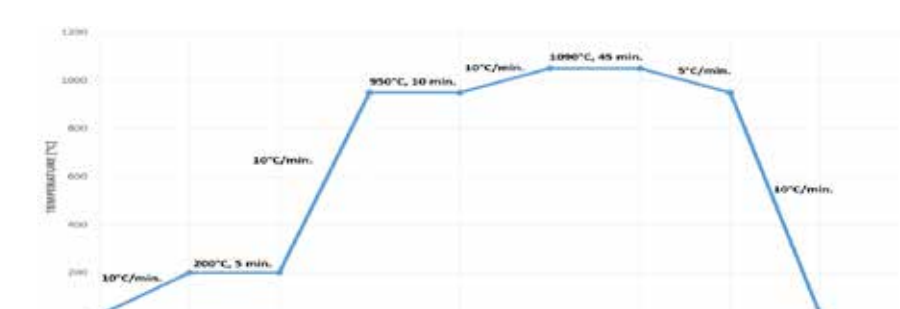
DTA-Kurve, die die Solidus- und Liquidustemperatur der NiCrBSi- und NTB-Pulver markiert



SE-Aufnahme (a) des mechanisch gemischten NiCrBSiTiB<sub>2</sub>-Pulvers zusammen mit zwei EDX-Spektren, die die chemische Zusammensetzung des (b) NiCrBSi- und (c) TiB<sub>2</sub>-Pulvers zeigen



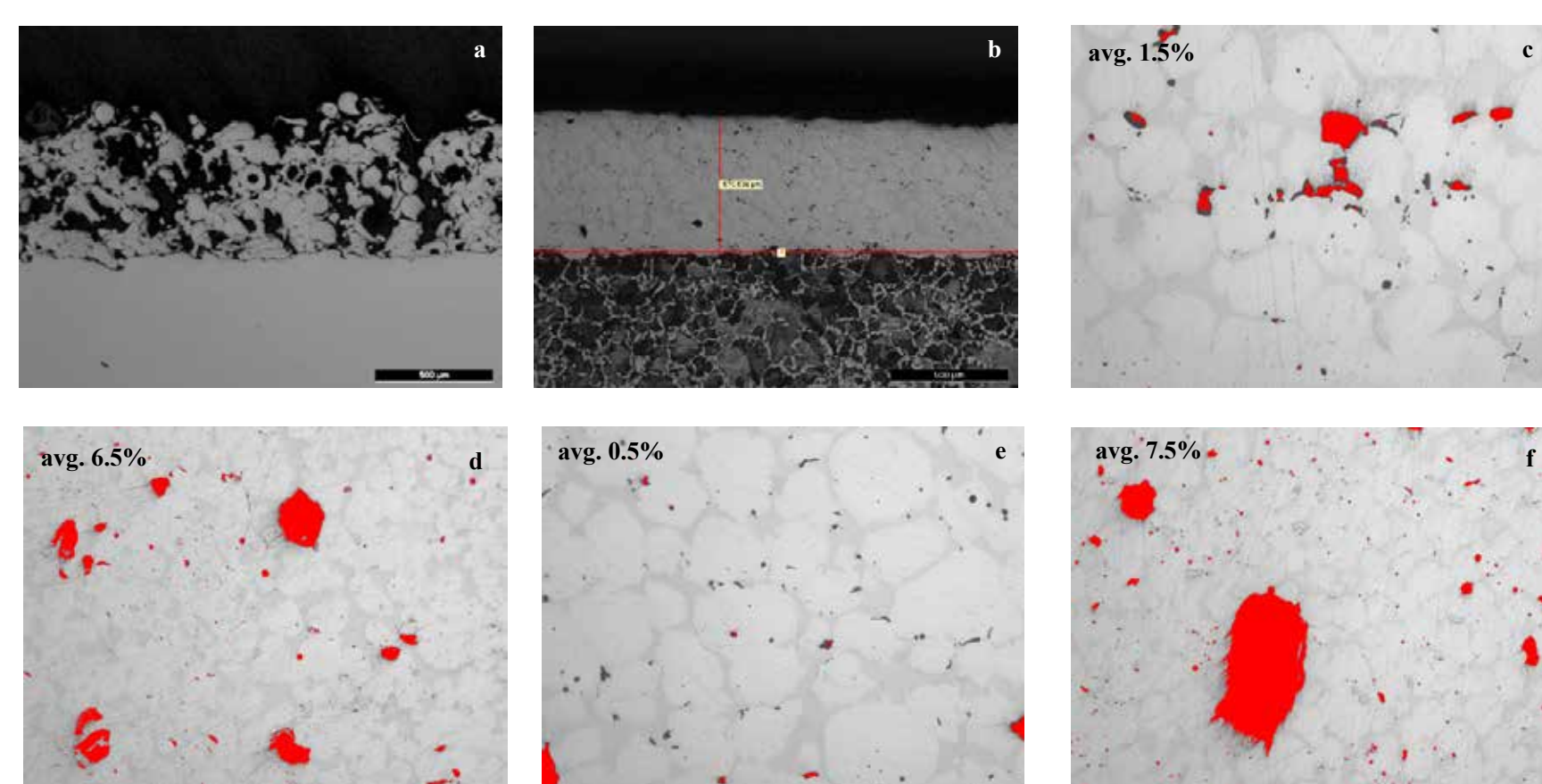
Makroskopisches Bild der aufgespritzten (links) und vakuumgeschmolzenen (rechts) Beschichtungen



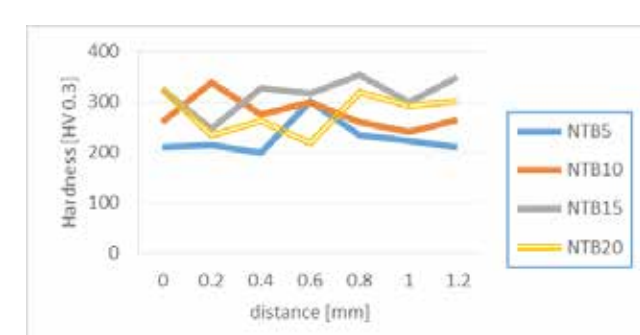
Prozessparameter des Vakuumofens

## Ergebnisse und Diskussionen

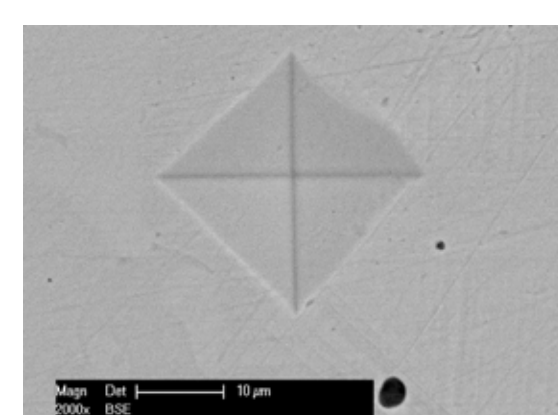
### Probenporosität und Mikrohärtigkeit



Lichtmikroskopische mikroskopische Aufnahmen im Querschnitt der (a) NTB 15 als Spritzbeschichtung, (b) NTB15 nachbehandelter Beschichtung und (c) NTB5, (d) NTB10, (e) NTB15, (f) NTB20 Porositätsmessungen

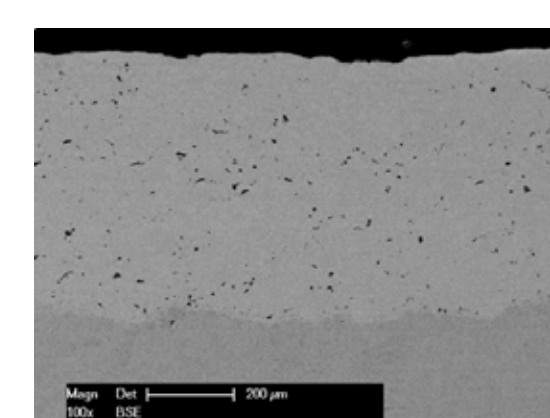


Graph, der die Variation der HV0.3-Mikroindentionen entlang der Beschichtung anzeigt

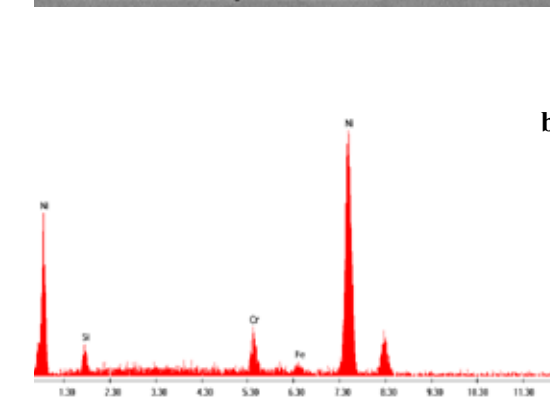
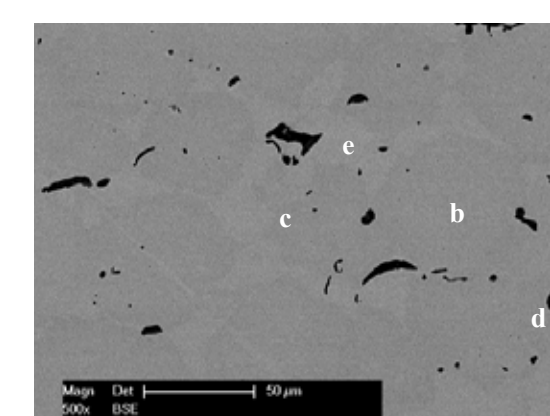


HV0.3-Mikroindention der NTB15-Probe

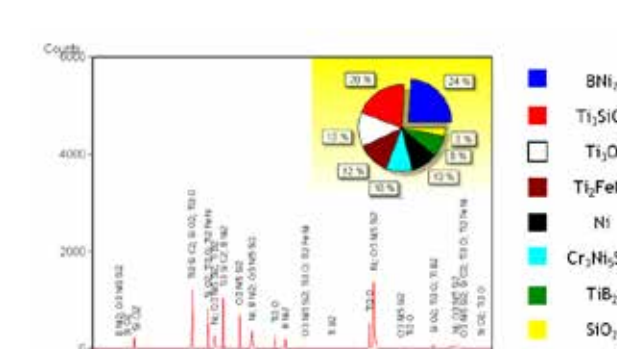
### Mikrostruktur und Phasenzusammensetzung



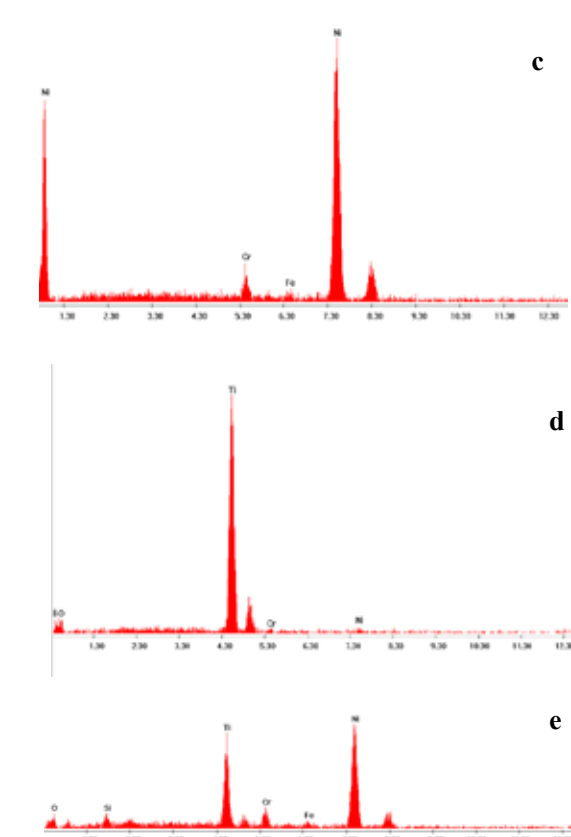
Querschnitt SEM-Aufnahmen bei geringer Vergrößerung der NTB15-Probe



REM-Aufnahme der Probe NTB15 zusammen mit den entsprechenden EDX-Spektren (b), (c), (d), (e)



XRD-Muster der NTB15-Probe



## Fazit

- Gemäß den DTA-Daten wurde gefolgert, dass die Schmelztemperatur von 1090°C angewendet werden muss, um eine dichte Beschichtung mit geringer Porosität, zufriedenstellender Rauigkeit und einer starken metallurgischen Bindung zu erhalten.
- NiCrBSi-TiB<sub>2</sub> mit 5%, 10%, 15% und 20% vol. Konzentration von TiB<sub>2</sub> wurde erfolgreich flammgespritzt und mittels Vakuumofen umgeschmolzen.
- Es wurde eine komplexe Mikrostruktur mit einer heterogenen TiB<sub>2</sub>-Verteilung erzeugt.
- Die Matrix besteht aus γ-Ni und BNi<sub>2</sub>, während die TiB<sub>2</sub>-Teilchen in der Matrix diffundieren, wodurch Phasen auf Ti-Basis erzeugt werden, die die duktilen Eigenschaften der Beschichtung bieten und Deformationen widerstehen, ohne Risse zu erzeugen.
- Anwesenheit von SiO<sub>2</sub> und Ti<sub>2</sub>O wurde beobachtet. Neuere Studien zeigen, dass Ti<sub>3</sub>O als Gleitfilm auf der Beschichtung während der Gleitverschleiß aktiviert wird, was die Verschleißrate des tribologischen Paares verringert.

## Kontakt

Dr. Gabriela Mărginean  
Neidenburger Str. 43  
45897 Gelsenkirchen  
Tel.: 0209/9596-353  
E-Mail: gabriela.marginean@w-hs.de

Westfälische Hochschule  
Fachbereich Maschinenbau und Facilities Management  
www.w-hs.de