
Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	- 5 -
2	Grundlagen und Stand der Technik.....	- 7 -
2.1	Verbundwerkstoffe	- 7 -
2.1.1	CrMnNi-Stähle mit TRIP/TWIP-Effekt	- 8 -
2.1.2	Zirkonoxid.....	- 9 -
2.1.3	Aluminiumoxid	- 10 -
2.1.4	Mullite.....	- 11 -
2.1.5	Titanoxid.....	- 12 -
2.2	Infiltration und Erstarrung	- 13 -
2.2.1	Grenzflächenbildung.....	- 13 -
2.2.2	Oberflächenbenetzung	- 14 -
2.2.2.1	Einflüsse von Legierungs- und Beschichtungselementen	- 16 -
2.2.3	Oberflächenspannung	- 19 -
2.2.3.1	Einflüsse von Legierungselementen	- 20 -
2.2.4	Ablauf der Infiltration.....	- 23 -
2.2.5	Erstarrung	- 27 -
2.2.6	Bindung Matrix-Verstärkung	- 28 -
2.3	Ausgewählte Herstellungswege von Verbundwerkstoffen	- 28 -
2.3.1	Drucklose Herstellung	- 31 -
2.3.1.1	Mechanisches Mischen	- 31 -
2.3.1.2	Rheocasting	- 31 -
2.3.1.3	Short Distance Infiltration.....	- 32 -
2.3.1.4	In situ Bildung.....	- 32 -
2.3.2	Aktivierete Infiltration	- 33 -
2.3.3	Infiltration unter Druck	- 35 -
2.3.3.1	Vakuum-Infiltration.....	- 35 -
2.3.3.2	Squeeze-Casting.....	- 35 -
2.3.3.3	Gasdruck-Infiltration	- 37 -

2.3.4	Schwerkraftinfiltration	- 38 -
2.4	Messung der infiltrierbaren Porengröße	- 41 -
2.4.1	Bolzenprobe	- 41 -
2.4.1.1	Grundlagen der Bolzenprobe.....	- 42 -
2.4.1.2	Bestimmung der infiltrierbaren Porengröße	- 44 -
2.5	Verschleißmessung	- 47 -
2.5.1	Dreikörper-Abrasivverschleiß	- 47 -
2.5.2	Klotz/Ring-Versuchsstand	- 48 -
3	Aufgabenstellung und Lösungsansatz.....	- 51 -
4	Experimentelle Durchführung	- 53 -
4.1	Probenauswahl	- 53 -
4.1.1	Stahlauswahl.....	- 53 -
4.1.2	Zirkonoxidschäume	- 53 -
4.1.3	Aluminiumoxid-Kugeln.....	- 54 -
4.1.4	Schmelzmullit	- 55 -
4.1.5	Zirkonmullit.....	- 55 -
4.1.6	Titandioxid.....	- 55 -
4.2	Infiltrationsversuche	- 56 -
4.2.1	Formenbau.....	- 56 -
4.2.2	Beschichtung der Keramiken.....	- 58 -
4.2.3	Schmelzen und Gießen	- 58 -
4.3	Bolzenprobe	- 60 -
4.4	Gießsimulation	- 63 -
4.4.1	Simulation Gießinfiltration.....	- 63 -
4.4.2	Simulation Bolzenprobe.....	- 64 -
4.5	Metallographie und chemische Analyse	- 65 -
4.6	Dichtemessung	- 67 -
4.7	Härtemessung.....	- 67 -
4.8	Messung des Verschleißwiderstands	- 67 -
5	Ergebnisse	- 71 -

5.1	Keramiken vor der Infiltration.....	- 71 -
5.1.1.1	Zirkonoxidschäume	- 71 -
5.1.1.2	Aluminiumoxid-Kugeln.....	- 72 -
5.1.1.3	Schmelzmullit	- 72 -
5.1.1.4	Zirkonmullit.....	- 73 -
5.2	Gießversuche.....	- 75 -
5.2.1	Temperaturverteilung in der Form während der Abgüsse	- 75 -
5.2.2	Infiltrationsversuche mit schwefellegierten TRIP-Legierungen... -	79 -
5.2.3	Infiltrationsversuche mit phosphorlegierten TRIP-Legierungen.. -	81 -
5.2.4	Infiltrationsversuche mit losem Aluminiumoxid.....	- 83 -
5.2.5	Infiltrationsversuche mit losem Schmelzmullit.....	- 85 -
5.2.6	Infiltrationsversuche mit losem Zirkonmullit	- 87 -
5.2.7	Titandioxidbeschichtung	- 88 -
5.2.8	Infiltrationsversuche mit Titandioxidbeschichtung	- 90 -
5.2.9	Grenzfläche der titandioxidbeschichteten Aluminiumoxidkugeln -	91 -
5.2.10	Grenzfläche der titandioxidbeschichteten Mullitpartikel.....	- 94 -
5.2.11	Analysen der Infiltrationsproben	- 95 -
5.3	Simulation	- 97 -
5.3.1	Infiltrationssimulation	- 98 -
5.3.2	Simulation der Temperaturen	- 101 -
5.4	Bolzenprobe	- 103 -
5.4.1	Schwefellegierte Bolzenproben	- 104 -
5.4.2	Phosphorlegierte Bolzenproben	- 105 -
5.4.3	Einfluss des Bolzenmaterials.....	- 106 -
5.4.4	Aluminiumoxidbolzen und Titanbeschichtung	- 107 -
5.4.5	Analysen der Bolzenproben.....	- 108 -
5.5	Mechanische Charakterisierung des Verbundwerkstoffes	- 109 -
5.5.1	Härte der Verbundwerkstoffe.....	- 109 -
5.5.2	Dichte der MMCs.....	- 111 -
5.5.3	Dreikörper-Abrasivverschleiß	- 113 -

Inhaltsverzeichnis

5.5.3.1	Keramikfreie Materialien	- 114 -
5.5.3.2	Schwefeleinfluss.....	- 115 -
5.5.3.3	Infiltrierte ZrO ₂ -Schaumstrukturen	- 115 -
5.5.3.4	Infiltrierte keramische Haufwerke.....	- 116 -
5.5.4	Mikrostruktur der Verschleißfläche	- 120 -
6	Diskussion.....	- 123 -
6.1	Benetzung während der Infiltration	- 123 -
6.2	Schwefellegierte Proben.....	- 125 -
6.3	Phosphorlegierte Proben.....	- 126 -
6.4	Infiltrierte Keramiken	- 128 -
6.4.1	Mg-PSZ-Keramiken	- 128 -
6.4.2	Al ₂ O ₃ -Keramiken	- 130 -
6.4.3	Mullite.....	- 131 -
6.4.4	Titandioxidbeschichtete Proben.....	- 133 -
7	Zusammenfassung.....	- 135 -
8	Ausblick.....	- 139 -
	Literaturverzeichnis	- 141 -
	Abkürzungen.....	- 149 -
	Indices	- 150 -
	Abbildungsverzeichnis	- 152 -
	Tabellenverzeichnis	- 156 -
	Anhang	- 158 -