

Dipl.-Ing. Thorsten Gerdes, Castrop-Rauxel

Mikrowellensintern von metallisch-keramischen Verbundwerkstoffen

Reihe **5**: Grund- und Werkstoffe

Nr. **432**

1. Einleitung	1
1.1 „Aktiviertes“ Sintern mit Mikrowellen	1
1.2 Eigenschaften und Bedeutung von metallisch-keramischen-Verbundwerkstoffen	3
1.3 Zielsetzung der Arbeit	3
2. Grundlagen	6
2.1 Sintern von metallisch-keramischen-Verbundwerkstoffen	6
2.1.1 Wolframkarbid-Kobalt-Hartmetalle	6
2.1.2 Titankarbid-Aluminiumoxid-Keramik	8
2.1.3 Reaktionssintern von Titankarbid-Aluminiumoxid-Keramik	11
2.2 Erwärmen mit Mikrowellen	13
2.2.1 Wechselwirkung elektromagnetischer Strahlung mit Materie	13
2.2.2 Energieabsorption aus dem elektromagnetischen Feld	19
2.2.3 Erwärmen von Metall-Keramik-Dispersionen im Mikrowellenfeld	20
2.3 Stand der Technik beim MW-Sintern von Keramik	23
3. Experimentelle Methoden	25
3.1 Herstellung der Grünkörper	25
3.1.1 Aluminium-Aluminiumoxid-Cermets	25
3.1.2 Titankarbid-Aluminiumoxid	25
3.1.3 Reaktionssintermischungen für Titankarbid-Aluminiumoxid-Keramik	25
3.1.3.1 Herstellung der Preßkörper	25
3.1.3.2 Zersetzung der Prekursoren	26
3.1.4 Wolframkarbid-Kobalt	27
3.2 Mikrowellentechnik	28
3.2.1 Aufbau eines Mikrowellen-Schutzgasapplikators	29
3.2.1.1 Richtlinien zum Betrieb von Mikrowellengeräten	32
3.2.2 Casketing der Sinterkörper	32
3.2.3 Untersuchung der Mikrowellenfeldverteilung im beladenen Ofen	32
3.2.4 Anpassung der Sinteratmosphäre	34
3.2.4.1 IR-Spektroskopie	35
3.2.5 Temperaturmessung im Mikrowellenfeld	35
3.3 Mikrowellensintern	37
3.3.1 Mikrowellen-Erwärmungsverhalten von Metall-Keramik-Grünkörpern	37

3.3.2	Ausbrennen von Plastifizierern im MW-Feld	37
3.3.3	Sintern mit Mikrowellen	37
3.4	Werkstoffcharakterisierung	39
3.4.1	Morphologie und Gefüge	39
3.4.1.1	Dichte und Porosität	39
3.4.1.2	Oberflächenmessungen	39
3.4.1.3	Phasenanalyse	39
3.4.1.4	Metallographische Prüfung	40
3.5	Mechanische Eigenschaften	40
3.5.1	Härte und Bruchzähigkeit	40
3.5.2	Biegebruchspannung	41
3.5.3	Indirekte Charakterisierung mechanischer Eigenschaften durch magnetische Eigenschaften	42
3.5.3.1	Koerzitivkraft	42
3.5.3.2	Magnetische Sättigung	42
3.6	Elektrische und dielektrische Eigenschaften	43
3.6.1	Messung der Gleichstromleitfähigkeit	43
3.6.2	Messung dielektrischer Eigenschaften	43
3.7	Geräteverzeichnis	45
4.	Ergebnisse	46
4.1	Erwärmungsverhalten von Metall-Keramik-Grünkörpern im MW-Feld	46
4.1.1	Erwärmungsverhalten von Al-Al ₂ O ₃	46
4.1.2	Erwärmungsverhalten von TiC-Al ₂ O ₃	50
4.1.3	Erwärmungsverhalten von WC-Co	51
4.2	Eindringtiefe von Mikrowellenstrahlung	52
4.2.1	Bestimmung der Eindringtiefe aus Wärmebilanzen bei gepulster MW-Heizung	52
4.2.2	Einfluß der Probengeometrie auf das MW-Aufheizverhalten	55
4.2.3	Zusammenhang zwischen Perkulations- und Aufheizverhalten	56
4.2.4	Einfluß der Feldstärke auf die Eindringtiefe	58
4.3	Dielektrische Eigenschaften	59
4.3.1	Aluminiumoxid	59
4.3.2	Titankarbid-Aluminiumoxid	60
4.3.3	Wolframkarbid-Kobalt	60
4.4	Untersuchung der Mikrowellenfeldverteilung für unterschiedliche Beladungen des Applikators	61

4.5 Mikrowellensintern von Aluminiumoxid-Titankarbid-Keramik	65
4.6 MW-Reaktionssintern von Aluminiumoxid-Titankarbid-Keramik	69
4.7 Mikrowellensintern von Wolframkarbid-Kobalt	73
4.7.1 Verdichtungsverhalten	73
4.7.2 Mechanische Eigenschaften und Gefüge von im Mikrowellenfeld gesinterten WC-Co Hartmetallen	78
4.7.2.1 WC-Co25	78
4.7.2.2 WC-Co6	80
4.7.3 Entbindern von WC-Co-Preßkörpern mit Mikrowellen	82
4.7.4 Einfluß der Sinteratmosphäre	82
5. Diskussion	88
5.1 Erwärmungsverhalten von Metall-Keramik-Grünkörpern im Mikrowellenfeld	88
5.1.1 Aufheizverhalten von Al-Al ₂ O ₃ bei niedrigen Temperaturen	88
5.1.2 Aufheizverhalten von TiC-Al ₂ O ₃ bei niedrigen Temperaturen	90
5.1.3 Erwärmungsverhalten von TiC-Al ₂ O ₃ bis zur Sintertemperatur	92
5.1.4 Erwärmungsverhalten von WC-Co bei niedrigen Temperaturen	94
5.1.4 Erwärmungsverhalten von WC-Co bis zur Sintertemperatur	97
5.2 Mikrowellensintern	99
5.2.1 Mikrowellensintern von Aluminiumoxid-Titankarbid-Keramik	99
5.2.2 MW-Reaktionssintern von Aluminiumoxid-Titankarbid-Keramik	102
5.2.3 Mikrowellensintern von Wolframkarbid-Kobalt	103
5.2.3.1 Verdichtungsverhalten	103
5.2.3.2 Mechanische Eigenschaften	105
5.3 Mikrowellentechnik	106
5.3.1 Einfluß der Mikrowellen-Feldverteilung auf das Erwärmungsverhalten	107
5.3.2 Bewertung des Mikrowellen-Prozesses	107
5.3.3 „Scale up“-Möglichkeiten für ein Mikrowellensintern stark absorbierender Werkstoffe	107
6. Zusammenfassung	109
7. Anhang	112
8. Literaturverzeichnis	118