

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis	XI
Formelzeichen und Abkürzungen	XIII
1 Einleitung	1
2 Grundlagen und Wissensstand	3
2.1 Hartmetalle.....	3
2.2 WC-Co-Hartmetalle.....	4
2.2.1 Wolframcarbide.....	6
2.2.2 Cobaltreicher Binder.....	7
2.3 Herstellung von WC-Co-Hartmetallen	8
2.3.1 Das drucklose Flüssigphasen-Sintern von WC-Co-Hartmetallen	9
2.4 Vorgänge während des Sinterns von WC-Co-Hartmetallen	10
2.4.1 Phasengleichgewichte bei WC-Co-Hartmetallen.....	10
2.4.2 Sintertheorie.....	13
2.4.3 Kornwachstum.....	15
2.4.4 Besondere Aspekte beim Sintern ultrafeiner Hartmetalle.....	17
2.4.5 Einfluss des externen Drucks	18
2.5 Das feld- und druckunterstützte Sinterverfahren FAST.....	19
2.5.1 Verdichtungsvorgänge während des FAST-Sinterverfahrens	21
2.5.2 Einfluss der Heizrate	22
2.5.3 Einfluss des elektrischen Stroms.....	22
2.6 Mechanische Eigenschaften der WC-Co-Hartmetalle	23
2.6.1 Härte und Bruchzähigkeit der WC-Co-Hartmetalle bei Raumtemperatur	24
2.6.2 Festigkeit und Verformung der WC-Co-Hartmetalle bei Raumtemperatur	28
2.6.3 Grundlagen zur Auswertung von Biegeprüfungen.....	33
2.7 FAST von WC-Co-Hartmetallen.....	38
2.8 Fazit aus dem Stand der Technik.....	40

3	Aufgabenstellung und Lösungsweg	43
4	Versuchsmaterial und Versuchsmethodik	45
4.1	Ausgangspulver	45
4.2	Versuchsprogramm.....	46
4.2.1	FAST-Presswerkzeuge	47
4.2.2	Probenherstellung mittels FAST.....	48
4.2.3	FAST-Versuchsprogramm.....	50
4.2.4	Probenherstellung mittels Vakuumsintern und Sinter-HIP.....	50
4.3	Charakterisierung des Ausgangsmaterials und der Sinterproben	52
4.3.1	Bestimmung der Probendichte	52
4.3.2	Gefügeanalyse	53
4.3.3	Röntgendiffraktometrie	55
4.3.4	Magnetische Eigenschaften	55
4.3.5	Härte- und Risszähigkeitsprüfung	56
4.3.6	Rauheitsmessung.....	56
4.4	Biegebruchfestigkeitsprüfung.....	56
4.4.1	Drei-Punkt-Biegeprüfung	56
4.4.2	Vier-Kugel-Biegeprüfung	58
4.4.3	Fraktographische Analyse	60
5	Ergebnisse und Diskussion	61
5.1	Eigenschaften des Ausgangspulvers	61
5.2	Sinter- und Verdichtungsverhalten	62
5.3	Untersuchung der Parametereinflüsse.....	67
5.3.1	Variation der Sintertemperatur, des Pressdrucks und der Haltezeit.....	67
5.3.2	Einfluss des elektrischen Stroms.....	69
5.3.3	Variation der Heizrate.....	76
5.4	Makro- und mikroskopische Werkstoffanalyse der Sinterproben	80
5.5	Analyse der Biegebruchfestigkeit.....	90

5.5.1	Fraktographische Analyse der Biegebruchproben.....	90
5.5.2	Biegebruchfestigkeit von FAST-gesinterten Hartmetallen.....	92
5.5.3	Biegebruchfestigkeit des WC-6,1 Co nach FAST-50(25) im Vergleich zum konventionellen Sintern	96
5.5.4	Übertragbarkeit von Biegebruchfestigkeiten des 4K auf 3PB sowie deren Vergleich	102
5.5.5	Optimierungsansatz zur Erhöhung der Biegebruchfestigkeit von FAST-Hartmetallen	106
6	Zusammenfassung und Ausblick	109
7	Literatur	113
8	Anhang	126
8.1	Ergänzende Bilder und Tabellen	126