

Inhaltsverzeichnis

1	Motivation	1
2	Grundlagen	3
2.1	Nickelbasis-Superlegierungen	3
2.2	Feingussprozess	6
2.2.1	Konventionelle Methode	6
2.2.2	Verwendung von 3D-Druck-Technologien	7
2.3	Einkristallherstellung	9
2.4	Dendritische, einkristalline Erstarrung	10
2.5	Hochtemperaturverformung	14
2.5.1	Kriechverhalten ausscheidungsgehärteter Nickelbasis-Superlegierungen	14
2.5.2	Stand der Wissenschaft bezüglich Kriechverhalten dünner Wandstärken	16
3	Material und Methoden	18
3.1	Ausgangsmaterial: Nickelbasis-Superlegierung MAR M247LC	18
3.2	Prozess zur Herstellung einkristalliner, dünnwandiger Strukturen	18
3.3	Formschalenherstellung	19
3.3.1	Herstellung von Kunststoff-Positivmodellen mittels 3D-Druck	19
3.3.2	Aufbau keramischer Formschalen durch Beschlickern und Besanden	20
3.3.3	Ausbrennprozesse	21
3.3.4	Variation der Gussprobegeometrie	22
3.4	Einkristallguss nach Bridgman	23
3.5	Wärmebehandlung	25
3.6	Charakterisierungsmethoden zur Validierung des Feingussprozesses	26
3.6.1	Profilometrie	26
3.6.2	Thermogravimetrische und thermomechanische Analyse	26
3.6.3	Wandstärkenmessung mittels 3D-Scanner	27
3.7	Mikrostrukturelle Charakterisierung	29
3.7.1	Probenpräparation	29
3.7.2	Lichtmikroskopie	30
3.7.3	Bestimmung der Dendritenarmabstände	30
3.7.4	Rasterelektronenmikroskopie und energiedispersive Röntgenspektroskopie	32
3.7.5	Elektronenrückstreuung	32

3.7.6	Lamellenpräparation und Transmissionselektronenmikroskopie.....	33
3.8	Charakterisierung des Kriechverhaltens	33
4	Ergebnisse	37
4.1	3D-gedruckte Kunststoff-Positivmodelle für die Herstellung dünnwandiger Einkristalle mittels Feingussprozess	37
4.1.1	Ausbrennverhalten	37
4.1.2	Analyse des Zersetzungsverhaltens und der thermischen Ausdehnung.....	38
4.1.3	Rauigkeitsmessungen	40
4.2	Einfluss der Gussprobengeometrie auf die Wandstärkenverteilung.....	42
4.3	Variation der primären und sekundären Dendritenarmabstände durch unterschiedliche Abzugsgeschwindigkeiten	45
4.4	Mikrostrukturelle Untersuchungen.....	49
4.4.1	Mikrostruktur im Gusszustand	49
4.4.2	Mikrostruktur nach der Wärmebehandlung	51
4.4.3	Chemische Zusammensetzung der sich ausbildenden Randschichten	54
4.4.4	TEM-Untersuchungen der Randschichten	55
4.4.5	Mikrostruktur der Kriechproben vor der Kriechverformung.....	58
4.5	Charakterisierung des Kriechverhaltens	60
4.6	Mikrostrukturentwicklung nach der Kriechverformung.....	68
5	Diskussion	71
5.1	Eignung von 3D-gedruckten Kunststoff-Positivmodellen für den Feingussprozess. 71	
5.2	Ausbauchen der keramischen Formschale	74
5.3	Anisotropes Wachstum der primären Dendriten	78
5.4	Rekristallisation und Randschichtbildung nach der Wärmebehandlung	81
5.5	Kriechverhalten einkristalliner, dünnwandiger Strukturen	84
6	Ausblick	92
7	Zusammenfassung.....	94
8	Summary	96
9	Literatur.....	98
10	Abkürzungsverzeichnis	107
11	Lebenslauf	108
	Danksagung	109