

Forschungsberichte des Lehrstuhls für Werkstofftechnik der
Universität Rostock

Band 10

Christian Rowolt

**Untersuchungen zur Wärmebehandlung additiv
gefertigter, metallischer Bauteile auf Basis von
in-situ Analysen der Phasenumwandlungen**

Shaker Verlag
Düren 2021

1	Einleitung	1
2	Stand der Technik	7
2.1	Laser-Beam-Melting	7
2.2	Wärmebehandlung konventionell hergestellter Bauteile	11
2.2.1	Aluminiumlegierung AlSi10Mg	11
2.2.2	Stahl X5CrNiCuNb16-4	16
2.3	Wärmebehandlung additiv gefertigter Bauteile	22
2.3.1	Aluminiumlegierung AlSi10Mg	22
2.3.2	Stahl X5CrNiCuNb16-4	27
3	Werkstoffe und Methoden	31
3.1	Untersuchte Werkstoffe	31
3.1.1	Aluminiumlegierung AlSi10Mg	31
3.1.2	Stahl X5CrNiCuNb16-4	32
3.2	Parameter der additiven Fertigung	34
3.2.1	Aluminiumlegierung AlSi10Mg	34
3.2.2	Stahl X5CrNiCuNb16-4	37
3.3	Untersuchte Wärmebehandlungen	39
3.4	Verwendete Methoden	40
3.4.1	Dynamische Differenzkalorimetrie	40
3.4.2	Dilatometrie	55
3.4.3	Mikrostrukturelle Untersuchungen	61
3.4.4	Härteprüfung	63
3.4.5	Zugversuch	63
3.4.6	Kerbschlagbiegeversuch	65
4	Ergebnisdarstellung und Diskussion zu AlSi10Mg	67
4.1	Zustand wie gebaut und nach Standardwärmebehandlung	67
4.1.1	Metallografie	67

4.1.2	Härteprüfung.....	72
4.1.3	Zugversuch.....	74
4.2	In-situ Analyse von Phasenumwandlungen.....	76
4.2.1	Erwärmversuche.....	76
4.2.2	Lösungsglühversuche.....	82
4.2.3	Abkühlversuche.....	89
4.2.4	Versuche zur Direktauslagerung.....	96
4.3	Festgelegte Parameter für angepasste Wärmebehandlungen.....	98
4.4	Zustand nach angepasster Wärmebehandlung.....	99
4.4.1	Metallografie.....	99
4.4.2	Härteprüfung.....	101
4.4.3	Zugversuch.....	102
4.4.4	Schlussfolgerungen.....	103
5	Ergebnisdarstellung und Diskussion zu X5CrNiCuNb16-4.....	105
5.1	Zustand wie gebaut und nach Standardwärmebehandlung.....	105
5.1.1	Metallografie.....	105
5.1.2	Härteprüfung.....	108
5.1.3	Zugversuch.....	109
5.1.4	Kerbschlagbiegeversuch.....	112
5.2	In-situ Analyse von Phasenumwandlungen.....	113
5.2.1	Erwärmversuche.....	113
5.2.2	Abkühlversuche.....	122
5.2.3	Mikrostrukturuntersuchungen.....	136
5.2.4	Versuche zur Direktauslagerung.....	147
5.3	Festgelegte Parameter für angepasste Wärmebehandlungen.....	150
5.4	Zustand nach angepasster Wärmebehandlung.....	151
5.4.1	Metallografie.....	151

5.4.2	Härteprüfung	153
5.4.3	Zugversuch.....	154
5.4.4	Kerbschlagbiegeversuch	157
5.4.5	Schlussfolgerungen	158
5.5	Vergleich unterschiedlicher Chargen und Baujobs	159
5.5.1	In-situ Charakterisierung von Phasenumwandlungen	162
5.5.2	Metallografie.....	165
5.5.3	Härteprüfung	169
5.5.4	Zugversuch.....	170
6	Zusammenfassung.....	173
	Selbständigkeitserklärung.....	I
	Literaturverzeichnis	II
	Anhang	XII
A.	Abkürzungsverzeichnis	XII
B.	Symbolverzeichnis.....	XII
C.	Abbildungsverzeichnis	XIV
D.	Tabellenverzeichnis	XXII
E.	Betreute studentische Arbeiten im Rahmen der Promotion	XXIII
	Danksagung	XXIV
	Akademischer Lebenslauf	XXVII