

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG	1
2	LITERATURÜBERSICHT	5
2.1	Entwicklung und Klassifizierung von Superlegierungen.....	5
2.1.1	Knetlegierungen	6
2.1.2	PM-Superlegierungen	7
2.1.3	Gusslegierungen	7
2.2	Aufbau und Mikrostruktur von Nickelbasis- und Nickel-Eisen-Basis-Superlegierungen	9
2.2.1	Matrix: Die γ -Phase.....	9
2.2.2	Ausscheidung zur Verfestigung: Die γ' -Phase	9
2.2.3	Zusätzliche Ausscheidung zur Verfestigung: Die γ'' -Phase	10
2.2.4	Die Gleichgewichtsphasen: Die η - und die δ -Phase	10
2.2.5	Unerwünschte Gleichgewichtsphasen: Topologisch dichtgepackte intermetallische Phasen (TCP-Phasen)	11
2.2.6	Begleitphasen (minorphasen): Carbide, Carbonitride und Boride.....	12
2.2.7	Wirkung der Legierungselemente.....	13
2.3	Wärmebehandlung	14
2.3.1	Homogenisierung	14
2.3.2	Lösungsglühbehandlung	14
2.3.3	Stabilisierungsglühung	15
2.3.4	Ausscheidungsglühung	15
2.4	Phasenstabilität	18
2.4.1	Das γ' - und γ'' -Wachstum.....	19

2.4.2	Die Bildung der η -Phase	21
2.5	Phasenmodellierung	24
2.5.1	Thermo-Calc	24
2.5.2	Phascalc.....	26
2.6	Methoden zur Gefügeuntersuchung	28
2.6.1	Elektronenmikroskopie	28
2.6.2	Elektronenenergieverlustspektroskopie	29
2.6.3	Energiedispersive Röntgenanalytik (EDX)	31
2.6.4	Neutronenkleinwinkelstreuung	31
3	EXPERIMENTE	35
3.1	Versuchswerkstoffe und Wärmebehandlungen	35
3.1.1	Inconel 706 und Modifikation DT 706	36
3.1.2	Waspaloy und Modifikation DT 750	38
3.2	Untersuchungsmethoden und Probenpräparation	42
3.2.1	Auslagerungsversuche	42
3.2.2	Gefügeuntersuchungen und Probenpräparation	42
3.2.3	Bildanalyse-Verfahren	44
3.2.4	Neutronenkleinwinkelstreuung	45
4	ERGEBNISSE UND DISKUSSION	47
4.1	Legierung DT 706	47
4.1.1	Wärmebehandlung	47
4.1.2	Anlieferungszustand	50
4.1.3	Mikrostruktur nach Auslagerungen	53

4.1.4	Härtemessungen	58
4.1.5	Gefügeuntersuchungen an Stauchproben	59
4.1.6	Phasenberechnungen mittels Thermo-Calc und Phascalc	62
4.2	Legierung DT 750	65
4.2.1	Wärmebehandlung	65
4.2.2	Mikrogefüge im Anlieferungszustand	67
4.2.3	Homogenisierung	71
4.2.4	Mikrostruktur nach Auslagerungen	71
4.2.5	Härtemessungen	75
4.2.6	Bestimmung der γ' -Teilchengröße mittels NKWS	75
4.2.7	Gefügeuntersuchungen an Stauchproben	78
4.2.8	Bruchflächenuntersuchungen	81
4.2.9	Phasenberechnungen mittels Thermo-Calc und Phascalc	84
5	ZUSAMMENFASSUNG	89
6	LITERATURVERZEICHNIS	93
7	FORMELZEICHEN UND ABKÜRZUNGEN	103