

Westfälische Wilhelms-Universität
Münster

Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät

Fachbereich Physik

Institut für Materialphysik

Diplomarbeit

**Transportkinetik von Gleichgewichts- und
Nicht-Gleichgewichtskorngrenzen in feinkörnigem Nickel**

vorgelegt von
Gerrit Reglitz

Februar 2009

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Theoretische Grundlagen der Diffusion	3
2.1	Theorie der Volumendiffusion	3
2.1.1	Phänomenologische Beschreibung und Fick'sche Gleichungen	3
2.2	Theorie der Korngrenzendiffusion in Metallen	6
2.2.1	Das Korngrenzendiffusionsmodell von Fischer	6
2.2.2	Die Lösung von Whipple	8
2.2.3	Die Lösung von Suzuoka	9
2.2.4	Diffusion in polykristallinen Materialien: Die Stadien von Harrison	10
2.2.5	Die Temperaturabhängigkeit der Diffusion: Arrheniusbeziehung	14
2.2.6	Der Einfluss der Segregation	15
3	Vorbereitung und Durchführung der Experimente	17
3.1	Vorbereitung der grobkristallinen Nickel-Proben	17
3.2	Herstellung und Vorbereitung der feinkristallinen Nickel-Proben	18
3.3	Die Radiotracer-Methode	21
3.3.1	Fehlerabschätzung der experimentellen Durchführung	25
3.4	Beschreibung weiterer verwendeter Messmethoden	27
3.4.1	FIB	27
3.4.2	Rasterelektronenmikroskop mit EBSD-Verfahren	27
3.4.3	TEM	28
3.4.4	Röntgenbeugung	28
3.4.5	Mikrokalorimetrie: TG-DTA/DSC	29
4	Darstellung und Auswertung der Untersuchungen an grobkristallinem Nickel verschiedener Reinheit	31
4.1	Grobkristallines Material hoher Reinheit	31
4.1.1	Bestimmung von Reinheit und Korngröße	31
4.1.2	Ergebnisse der Korngrenzselbstdiffusion von Nickel im Stadium B-Kinetik	32

4.1.3	Ergebnisse der Korngrenzselbstdiffusion von Nickel im Übergangsbereich	35
4.1.4	Ergebnisse der Korngrenzselbstdiffusion von Nickel in der Stadium C-Kinetik	35
4.1.5	Zusammenfassung der Ergebnisse der Korngrenzselbstdiffusion von Nickel	39
4.1.6	Minimierung der Verschleppung	40
4.2	Grobkristallines Material niedrigerer Reinheit	41
4.2.1	Bestimmung von Reinheit und Korngröße	41
4.2.2	Ergebnisse der Korngrenzselbstdiffusion von Nickel	43
5	Darstellung und Auswertung der Untersuchungen an feinkristallinem Nickel	47
5.1	Feinkristallines Material niedrigerer Reinheit	47
5.1.1	Bestimmung von Korngröße und Reinheit	47
5.1.2	Ergebnisse der Korngrenzselbstdiffusion von Nickel in der Stadium C-Kinetik	48
6	Entwicklung einer Kombination aus Schichtteilungs- und Autoradiographie-Methode	59
6.1	Allgemeine Überlegungen	59
6.2	Die verwendete Komponenten	61
6.2.1	Das verwendete Probenmaterial	61
6.2.2	Der Röntgenfilm	61
6.2.3	Die Belichtungsvorrichtung	62
6.3	Test der Belichtungsvorrichtung	63
7	Zusammenfassung und Diskussion der Messergebnisse	67
7.1	Ergebnisse der Messungen im grobkristallinen Nickel	67
7.2	Ergebnisse der Messungen im feinkristallinen Nickel	73
7.2.1	Hierarchie von Korngrenzen in ultra-feinkörnigen Materialien	73
7.2.2	Diffusion entlang Nicht-Gleichgewichtskorngrenzen in ultra-feinkörnigem Nickel	75
7.2.3	Berechnung der Relaxationszeit von Nichtgleichgewichtskorngrenzen	86
7.2.4	Diskussion des Anstiegs der Diffusivitäten nach der zweiten Auslagerung	88
7.2.5	Berechnung der Korngrenzenenergie	90
8	Fazit und Ausblick	93
9	Danksagung	95