

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einführung und Motivation</b>	<b>1</b>
<b>2. Literaturübersicht</b>	<b>3</b>
2.1. Mechanismen der Schädigung durch Wasserstoff	3
2.1.1. Wasserstoffdiffusion und -löslichkeit	4
2.1.2. Druckblasenbildung	6
2.1.3. Hydridbildung	6
2.1.4. Wasserstoffangriff	8
2.1.5. Senkung der Oberflächenenergie	9
2.1.6. Dekohäsion	11
2.1.7. Einfluß auf Versetzungen	12
2.2. Experimentelle Realisierung von Wasserstoffumgebungen	13
2.2.1. Beladung mit Hochdruckwasserstoff bei hoher Temperatur	13
2.2.2. Beladung mit Wasserstoff von Atmosphärendruck bei hoher Temperatur	13
2.2.3. Versuch unter Hochdruckwasserstoff bei Raumtemperatur	14
2.2.4. Kontinuierliche elektrolytische Beladung	14
2.2.5. Elektrolytische Vorbeladung	14
2.2.6. Vergleichsbedingungen	14
2.3. Zusammenstellung von Meßdaten aus der Literatur	15
2.3.1. Bruchfestigkeit	15
2.3.2. Brucheinschnürung	18
2.3.3. Bruchdehnung	20
2.3.4. Vergleich dreier Legierungssysteme	20
2.3.5. Diskussion der dargestellten Daten	23
2.3.6. In dieser Arbeit untersuchte Legierungssysteme	30
2.3.6.1. Das System Nickel - Aluminium	31
2.3.6.2. Das System Titan - Aluminium	33
2.3.6.3. Nickelbasis-Superlegierungen	35
<b>3. Experimentelles</b>	<b>37</b>
3.1. Versuchsaufbauten	37
3.1.1. Prüfmaschinen	37
3.1.2. Glühanlage	37
3.1.3. Wasserstoffanalysen	40
3.1.4. Elektrolytische Beladung	40
3.2. Proben	41
3.2.1. Materialien	41
3.2.1.1. NiAl	41
3.2.1.2. TiAl	41
3.2.1.3. CMSX-6	43

3.2.2. Probenherstellung und Einkristallzucht	45
3.2.3. Probenformen	48
3.2.3.1. Proben für mechanische Versuche	48
3.2.3.2. Proben für Diffusions- und Löslichkeitsmessungen	50
3.3. Versuchsführung	51
3.3.1. Beladung mit Wasserstoff bei hoher Temperatur	51
3.3.2. Automatisierung	51
3.3.3. Biegeversuche	53
3.3.4. Anschwingen	54
3.3.5. Langsame Reißausbreitung	54
3.3.6. Weitere mechanische Versuche	55
3.4. Auswertung der Versuche	55
3.4.1. Bestimmung des Diffusionskoeffizienten durch Ausgasen	55
3.4.2. Auswertung der Löslichkeitsmessungen	57
3.4.3. Auswertung der Zug- und Druckversuche	58
3.4.4. Auswertung der 4-Punkt-Biegeversuche	58
3.4.5. Detektion stabilen Reißwachstums	59
<b>4. Ergebnisse</b>	<b>63</b>
4.1. Chemisch-physikalische Untersuchungen	63
4.1.1. Diffusion und Löslichkeit von Wasserstoff	63
4.1.2. Hydride	67
4.2. Mechanische Untersuchungen	69
4.2.1. Anrisse	69
4.2.2. Biegeversuche	74
4.2.2.1. Polykristalle	74
4.2.2.2. Bikristalle	80
4.2.2.3. Einkristalle	80
4.2.3. Druckversuche	90
4.2.3.1. NiAl-Einkristalle	90
4.2.4. Zugversuche	91
4.2.4.1. NiAl-Fe-Einkristalle	91
4.2.4.2. CMSX-6	92
4.2.5. Ermüdung	94
4.2.5.1. CMSX-6	94
4.2.5.2. TiAl elektrolytisch beladen	94
4.3. Metallographische Untersuchungen	95
4.3.1. Bruchflächen	95
4.3.1.1. Einfluß der Umgebung	95
4.3.1.2. Einfluß der Verformungsgeschwindigkeit	97
4.3.2. Poren	100

<b>5. Diskussion</b>	<b>101</b>
5.1. Wasserstoffumgebungen	101
5.1.1. Die Oxidation während der Hochtemperatur-Beladung	101
5.1.2. Innere Oxidation	103
5.1.3. Die Anreicherung von Wasserstoff an Korn- und Phasengrenzen	103
5.1.4. Anreicherung an der Rißspitze	105
5.2. Der Spröde-Duktil-Übergang	106
5.2.1. Modelle zum Spröde-Duktil-Übergang	106
5.2.1.1. Versetzungsemission oder Versetzungsbewegung als thermisch aktivierter Prozeß	106
5.2.1.2. Kooperative Dissoziation von Versetzungsdipolen	107
5.2.1.3. Der Einfluß von Verunreinigungen	107
5.2.2. Die eigenen Ergebnisse	108
5.2.2.1. Die Spannungsüberhöhung an der Rißspitze	108
5.2.2.2. Der Einfluß der Wärmebehandlung	113
5.2.2.3. Der Einfluß der Mikrolegierung	114
5.2.2.4. Der Einfluß von Wasserstoff im Bereich des Spröde-Duktil-Übergangs	114
5.3. Versprödungsmodelle	116
<b>6. Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>117</b>
<b>7. Literaturverzeichnis</b>	<b>119</b>