

F R E I B E R G E R F O R S C H U N G S H E F T E
Herausgegeben vom Rektor der TU Bergakademie Freiberg

B 389 Werkstofftechnik

**Statisches und zyklisches Verformungsverhalten
fein- und ultrafeinkörniger sowie additiv
gefertigter Werkstoffzustände eines
metastabilen austenitischen Stahls**

Matthias Droste

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen und Symbole	III
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	XV
1. Einleitung und Zielstellung	1
2. Theoretische Grundlagen und Kenntnisstand	3
2.1. Metastabile austenitische Stähle	3
2.1.1. Thermodynamische Triebkräfte	3
2.1.2. Verformungsmechanismen und Einfluss der Stapelfehlerenergie	5
2.2. Ultrafeinkörnige austenitische Stähle	7
2.2.1. Herstellung ultrafeinkörniger austenitischer Stähle	7
2.2.2. Mechanismen der Rückumwandlung $\alpha' \rightarrow \gamma$	8
2.2.3. Mikrostruktur nach dem TMCP	13
2.2.4. Einfluss des TMCP auf die quasi-statischen mechanischen Eigenschaften	14
2.2.5. Einfluss der Korngröße auf die α' -Martensitbildung	15
2.3. Additive Fertigung	17
2.3.1. Funktionsweise des Electron Beam Melting	17
2.3.2. Herausforderungen der additiven Fertigung	18
2.3.3. Electron Beam Melting eines austenitischen 16Cr-7Mn-6Ni Stahls	21
2.4. Kenntnisstand zur Materialermüdung	23
2.4.1. Ermüdungsverhalten austenitischer Stähle	23
2.4.2. Merkmale des Ermüdungsverhaltens ultrafeinkörniger austenitischer Stähle	27
2.4.3. Merkmale des Ermüdungsverhaltens additiv gefertigter austenitischer Stähle	29
3. Werkstoffe und experimentelle Methoden	31
3.1. Werkstoffe	31
3.2. Herstellungsrouten	32
3.2.1. Heißpressen (HIP)	32
3.2.2. Thermo-Mechanically Controlled Processing (TMCP)	33
3.2.3. Electron Beam Melting (EBM)	36
3.3. Prüfmethodik	38
3.3.1. Quasi-statische Prüfung	38
3.3.2. Gesamtdehnungsgeregelte Ermüdung	40
3.3.3. Plastisch-dehnungsgeregelte Ermüdung	42
3.4. Analyseverfahren	45
3.4.1. Ferritsonde	45
3.4.2. Elektronenmikroskopie	45
3.4.3. Computertomographie	47

4. Ergebnisse und Diskussion	49
4.1. Herstellungsrouten Heißpressen (HP)	49
4.1.1. Mikrostruktur nach dem HP-Prozess.....	49
4.1.2. Mechanisches Verhalten und Mikrostrukturentwicklung	50
4.1.3. Lebensdauer.....	57
4.2. Herstellungsrouten Thermo-Mechanically Controlled Processing (TMCP)	58
4.2.1. Rückumwandlungsverhalten $\alpha' \rightarrow \gamma$	58
4.2.2. Mikrostruktur nach dem Thermo-Mechanically Controlled Processing.....	62
4.2.3. Mechanisches Verhalten und Mikrostrukturentwicklung	68
4.2.4. Lebensdauer.....	84
4.3. Herstellungsrouten Electron Beam Melting (EBM)	87
4.3.1. Mikrostruktur und Defektverteilung nach dem EBM-Prozess	87
4.3.2. Mechanisches Verhalten und Mikrostrukturentwicklung	92
4.3.3. Lebensdauer und Fraktographie.....	97
5. Bewertung spezieller Einflussfaktoren	103
5.1. Einfluss einer plastisch-dehnungsgeregelten Versuchsführung	103
5.1.1. Betrachtungen zur α' -Martensitevolution	103
5.1.2. Betrachtungen zur Lebensdauer	105
5.2. Einfluss der Korngröße.....	108
5.2.1. Mechanisches Verhalten.....	108
5.2.2. Mikrostrukturentwicklung unter zyklischer Verformung.....	112
5.2.3. α' -Martensitgehalt.....	113
5.3. Einfluss der zyklischen Verfestigungskapazität auf die Schadenstoleranz ...	115
5.4. Bewertung der beiden TMCP-Varianten	117
6. Zusammenfassung und Ausblick.....	119
Literaturverzeichnis.....	123
A. Anhang.....	141
A.1. Ergänzende Angaben zu den Werkstoffzuständen.....	141
A.2. Geometrie der Einspannadapter für die Flachproben	143
A.3. Mathematische Herleitung der Formeln aus Kapitel 3.3.3	144
A.4. Ergänzende Abbildungen	145