

Contents

symbols	v
Einleitung	ix
1. Introduction	1
1.1. Literature survey	2
1.1.1. Mechanical properties of ultrafine-grained materials	2
1.1.2. Thermal stability of ultrafine-grained materials	6
1.1.3. Deformation mechanisms of ultrafine-grained materials	6
1.1.4. Microstructure and mechanical properties of materials subjected to other SPD processes	8
1.1.5. Remarks on literature	10
1.2. Research goals	11
2. Experimental methods	13
2.1. Experimental Materials	14
2.2. Mechanical Tests	16
2.2.1. Specimen Preparations	16
2.2.2. Experimental Apparatus	17
2.2.3. Deformation Conditions	17
2.2.4. Evaluation of experimental Data	18
2.3. Microstructure	19
3. Results	21
3.1. Evolution of deformation resistance with strain	22
3.1.1. Coarse-grained Cu	22
3.1.2. Ultrafine-grained Cu	23
3.1.3. Transition from strengthening to softening with strain	29
3.2. Strain rate sensitivity of flow stress	34
3.2.1. Coarse-grained Cu	34
3.2.2. Ultrafine-grained Cu	37
3.2.3. Comparison of strain rate sensitivity in m - σ field	40
3.3. Maximum deformation resistance	41
3.4. Evolution of deformation behavior with increasing predeformation	44
3.4.1. Deformation resistance	44

3.4.2. Strain rate sensitivity of flow stress	50
3.5. Stability of grain structure	53
4. Discussion	57
4.1. Hall-Petch effect at small strain	58
4.2. Softening effect in steady state of deformation	58
4.2.1. Indirect contribution of high-angle grain boundaries	59
4.2.2. Direct contribution of high-angle grain boundaries	64
4.3. Influence of predeformation on microstructure and deformation resistance .	66
4.3.1. Evolution of microstructure	66
4.3.2. Deformation resistance	73
4.4. Strain rate sensitivity of flow stress	80
5. Summary	83
5.1. English	83
5.2. German	85
Figures	88
Tables	93
Bibliography	95
A. Appendix	105
A.1. Kocks-Mecking T-normalization	106
A.2. Determination of length change of specimen	106
Acknowledgments	109
Curriculum vitae	111

Inhalt

symbole	v
	ix
1. Einleitung	1
1.1. Zustand der Literatur	2
1.1.1. Mechanische Eigenschaften von ultrafeinkörnigen Materialien	2
1.1.2. Thermische Stabilität der ultrafeinkörnigen Materialien	6
1.1.3. Verformungsmechanismen der ultrafeinkörnigen Materialien	6
1.1.4. Mikrostruktur und mechanische Eigenschaften der durch andere Verfahren der Extremverformung hergestellten Materialien	8
1.1.5. Bemerkungen zur Literatur	10
1.2. Zielsetzung der Arbeit	11
2. Experimentelle Methoden	13
2.1. Probenmaterial	14
2.2. Mechanische Versuche	16
2.2.1. Probenpräparation	16
2.2.2. Verformungsapparaturen	17
2.2.3. Verformungsbedingungen	17
2.2.4. Auswertung der experimentellen Daten	18
2.3. Mikrostruktur	19
3. Ergebnisse	21
3.1. Entwicklung der Verformungswiderstand mit der Dehnung	22
3.1.1. Grobkörniges Cu	22
3.1.2. Ultrafeinkörniges Cu	23
3.1.3. Übergang von Verfestigung zu Entfestigung mit der Dehnung	29
3.2. Geschwindigkeitsempfindlichkeit der Fließspannung	34
3.2.1. Grobkörniges Cu	34
3.2.2. Ultrafeinkörniges Cu	37
3.2.3. Vergleich der Geschwindigkeitsempfindlichkeit in m - σ Feld	40
3.3. Maximaler Verformungswiderstand	41
3.4. Entwicklung der Verformungsverhalten mit zunehmenden Vorverformung	44
3.4.1. Verformungswiderstand	44

3.4.2. Geschwindigkeitsempfindlichkeit der Fließspannung	50
3.5. Stabilität der Kornstruktur	53
4. Diskussion	57
4.1. Hall-Petch Effekt bei kleiner Dehnung	58
4.2. Entfestigung bei stationärer Verformung	58
4.2.1. Indirekter Beitrag der Großwinkelkorngrenzen	59
4.2.2. Direkter Beitrag der Großwinkelkorngrenzen	64
4.3. Einfluss der Vorverformung auf Mikrostruktur und Verformungswiderstand	66
4.3.1. Entwicklung der Mikrostruktur	66
4.3.2. Verformungswiderstand	73
4.4. Geschwindigkeitsempfindlichkeit der Fließspannung	80
5. Zusammenfassung	83
5.1. Englisch	83
5.2. Deutsch	85
Abbildungen	88
Tabellen	93
Literatur	95
A. Anhang	105
A.1. Kocks-Mecking T-Normierung	106
A.2. Bestimmung der Probenlängenänderung	106
Danksagung	109
Lebenslauf	111