Technische Universität
Kaiserslautern

Lehrstuhl für Werkstoffkunde

Marcus Klein

Einfluss der Fertigungsprozesskette auf die Mikrostruktur und das Ermüdungsverhalten von Proben mit Dehnschraubengeometrie aus vergütetem 42CrMo4

Werkstoffkundliche Berichte
Band 24/2010
Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. habil. D. Eifler

1. MOTIVATION UND ZIELSETZUNG DER ARBEIT 1

2. STAND DER TECHNIK 3

2.1. Fertigungsprozessketten 3
2.1.1. Definition 3
2.1.2. Werkstoff 4
2.1.3. Chargeneinfluss 4
2.1.4. Fertigungsprozesse 5
2.1.5. Beeinflussung der Mikrostruktur 13
2.2. Morphologie der Oberfläche 13
2.2.1. Topographie 14
2.2.2. Härteverteilung 16
2.2.3. Oberflächennahe Eigenspannungen 16
2.2.4. Halbwertsbreite und Integralbreite 18
2.3. Dehnschraube 20
2.3.1. Aufbau und Funktion 20
2.3.2. Einsatzgebiete 21
2.4. Ermüdungsverhalten 22
2.4.1. Grundlagen 22
2.4.2. Charakterisierung und Bewertung des Ermüdungsverhaltens 23
2.4.3. Einfluss der oberflächennahen Randzone 28
2.4.4. Einfluss der Geometrie 30
2.4.5. Einfluss von Mittelbeanspruchungen 32
2.4.6. Grundlagen empirischer Lebensdauerberechnungen 32
2.4.7. PHYBAL 34

3. VERSUCHSTECHNIK 40

3.1. Fertigungsbegleitende Messtechnik 40
3.1.1. Messung der Zerspankräfte 40
3.1.2. Geradheits- und Formmessungen 40
3.1.3. Messung der Topographie 41
3.2. Mikroskopische und analytische Untersuchungsverfahren 42

3.2.1. Lichtmikroskopische Untersuchungen ... 42
3.2.2. Quantitative Metallographie ... 42
3.2.3. Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen ... 42
3.2.4. Röntgenographische Eigenspannungsmessungen ... 42
3.2.5. Röntgenographische Halbwerts- und Integralbreitenmessungen ... 43
3.3. Servohydraulisches Schwingprüfsystem ... 43
3.4. Messverfahren zur Bewertung zyklischer Verformungsvorgänge ... 44
3.4.1. Spannung-Dehnung-Hysteresismessung ... 44
3.4.2. Thermometrie ... 45
3.4.3. Resistometrie ... 49
3.4.4. Messdatenerfassung ... 50
3.5. Beanspruchungsarten ... 52
3.5.1. Laststeigerungsversuche ... 52
3.5.2. Einstufenversuche ... 52
3.5.3. Einstufenversuche mit lastfreien Haltezeiten ... 52
3.5.4. Betriebsnahe Beanspruchung ... 53

4. WERKSTOFFE, GEOMETRIEN, PROZESSKETTEN ... 56

4.1. Werkstoff ... 56
4.1.1. Chemische Zusammensetzung ... 56
4.1.2. Quasistatisches Verformungsverhalten ... 57
4.2. Probengeometrien ... 61
4.3. Untersuchte Prozesskettenvarianten ... 62
4.3.1. Drehprozesse ... 63
4.3.2. Schleifprozesse ... 66

5. VERSUCHSERGEBNISSE ... 69

5.1. Geradheits- und Formmessungen ... 69
5.2. Messung der Topographie ... 69
5.3. Zerspanbarkeitsuntersuchungen ... 73
5.4. Einflüsse der Fertigungsprozesse auf die Mikrostruktur ... 76
5.4.1. Beeinflussung des gesamten Gefüges ... 76

5.4.2. Beeinflussungen der oberflächennahen Bereiche 84
5.5. Ermittlung der Dauerfestigkeit bei R = -1; R = 0, Ermüdungsprobe 91
5.6. Laststeigerungsversuch für eine Probe mit Dehnschraubengeometrie 93
5.7. Stabilität der Eigenspannungen während zyklischer Beanspruchung 94
5.8. Einfluss der Wärmebehandlungen auf das Ermüdungsverhalten 96
5.9. Einstufenversuche an Proben mit Dehnschraubengeometrie 98
5.10. Schädigungsparameter nach SMITH-WATSON-TOPPER 102
5.11. Einfluss der Prozessketten 104
5.11.1. Korrelation der Ergebnisse der Ermüdungsuntersuchungen mit den Fertigungsprozessen 104
5.12. Einstufenversuche mit lastfreien Haltezeiten 105
5.13. Lebensdauerberechnung für Proben mit Dehnschraubengeometrie auf der Basis von PHYBAL 108

6. ZUSAMMENFASSUNG 111

LITERATUR 115

AUSGEWÄHLTE PUBLIKATIONEN 125

Projektseminararbeiten 126
Studienarbeiten 126
Diplomarbeiten 126

LEBENSLAUF 128