

Inhaltsverzeichnis

1. <u>Einleitung und Ziel der Arbeit</u>	1
2. <u>Kenntnisstand</u>	3
2.1 Auswirkungen von Eigenspannungen bei Schwingbeanspruchung	3
2.1.1 Definition von Eigenspannungen	3
2.1.2 Einfluß von Eigenspannungen auf das Dauerschwingverhalten	3
2.1.3 Einfluß einer Schwingbeanspruchung auf den Eigenspannungszustand	6
2.2 Eigenspannungserzeugung durch Schleifen und durch Kugelstrahlen	8
2.2.1 Schleifinduzierte Eigenspannungen	8
2.2.1.1 Besonderheiten bei der röntgenographischen Ermittlung von Schleifeigenspannungen	8
2.2.1.2 Eigenspannungserzeugender Mechanismus beim Schleifen	10
2.2.2 Kugelstrahlinduzierte Eigenspannungen	16
2.2.2.1 Kenngrößen beim Kugelstrahlen	16
2.2.2.2 Eigenspannungserzeugender Mechanismus beim Kugelstrahlen	17
2.3 Auswirkungen einer Schleifbearbeitung oder Kugelstrahlbehandlung auf die Schwingfestigkeit	22
2.3.1 Einflußgrößen auf das Dauerschwingverhalten	22
2.3.2 Berechnung der örtlichen Dauerfestigkeit auf der Grundlage von Eigenspannungs- und Härtetiefenverläufen	24
2.3.3 Beispiele für eine gezielte Ausnutzung von Druckeigenspannungen zur Verbesserung der Schwingfestigkeit	26
3. <u>Werkstoffe, Probenformen und Wärmebehandlung</u>	29
3.1 Chemische Zusammensetzung der Probenwerkstoffe	29
3.2 Probenformen	29
3.3 Wärmebehandlung der Probenwerkstoffe	30
3.4 Festigkeitskennwerte der wärmebehandelten Schwingprobenwerkstoffe	34

4. <u>Versuchseinrichtung und Versuchsdurchführung</u>	36
4.1 Bearbeitung der Probenoberflächen durch Schleifen	36
4.1.1 Schleifmaschine	36
4.1.2 Schleifbearbeitungen mit Korund	37
4.1.3 Schleifbearbeitungen mit kubischem Bornitrid	38
4.2 Behandlung der Probenoberflächen durch Kugelstrahlen	40
4.3 Ermittlung der Oberflächen- und Randschichteigenschaften	40
4.3.1 Röntgenographische Messungen	40
4.3.1.1 Eigenspannungsmessungen	40
4.3.1.2 Ermittlung von Eigenspannungstiefenverläufen	42
4.3.1.3 Eigenspannungsveränderungen bei Schwingbeanspruchung	43
4.3.2 Härte- und Rauhtiefenmessungen	43
4.4 Biegewechseluntersuchungen und Fraktographie	44
4.4.1 Biegewechselmaschinen	44
4.4.2 Auswertung der Biegewechselversuche	44
4.4.3 Fraktographische Beurteilung von Schwingbruchflächen und Ermüdungsrissen	45
4.5 Versuchsdurchführung in korrosiver Umgebung	46
4.5.1 Korrosionsverhalten von vergüteten und gehärteten Ck45-Proben	47
4.5.2 Biegewechselversuche in künstlichem Meerwasser	48
4.5.2.1 Versuchsaufbau	48
4.5.2.2 Durchführung der potentiostatisch kontrollierten SwRK - Versuche	49
5. <u>Versuchsergebnisse</u>	52
5.1 Zugeigenspannungserzeugung durch Schleifen mit Korund	52
5.1.1 Randschichtuntersuchungen	52
5.1.1.1 Eigenspannungszustände	52
5.1.1.2 Halbwertsbreiten und Kleinlasthärtewerte	54
5.1.1.3 Rauhtiefenmessungen	54
5.1.2 Biegewechselversuche	55

5.2	Druckeigenspannungserzeugung durch Schleifen mit CBN	57
5.2.1	Randschichtuntersuchungen an Proben aus Ck45 mit unterschiedlicher Härte	57
5.2.1.1	Eigenspannungszustände	58
5.2.1.2	Halbwertsbreiten und Kleinlasthärte­werte	63
5.2.1.3	Rauhtiefenmessungen	66
5.2.2	Randschichtuntersuchungen an Proben aus 16MnCr5 in ein­satzgehärtetem Zustand	67
5.2.2.1	Eigenspannungszustände	67
5.2.2.2	Halbwertsbreiten und Kleinlasthärte­werte	68
5.2.2.3	Rauhtiefenmessungen	68
5.2.3	Untersuchungen zum Einfluß einer Probenvorspannung auf die Eigenspannungsentstehung	69
5.2.3.1	Eigenspannungszustände von vergüteten und gehärteten Proben aus Ck45	69
5.2.3.2	Eigenspannungszustände von ein­satzgehärteten Proben aus 16MnCr5	73
5.2.3.3	Halbwertsbreiten und Kleinlasthärte­werte	74
5.2.3.4	Rauhtiefenmessungen	76
5.2.4	Biegewechselversuche	76
5.2.4.1	Wöhlerlinien von vergüteten und gehärteten Proben	76
5.2.4.2	Wöhlerlinien von ein­satzgehärteten Proben	80
5.2.4.3	Abbau der Eigenspannungen bei Biegewechselbeanspruchung von unter Vorspannung geschliffenen Proben	81
5.3	Druckeigenspannungserzeugung durch Kugelstrahlen	82
5.3.1	Randschichtuntersuchungen nach dem Strahlen mit Stahlkugeln oder Keramikperlen	83
5.3.1.1	Eigenspannungszustände	83
5.3.1.2	Halbwertsbreiten und Kleinlasthärte­werte	85
5.3.1.3	Rauhtiefenmessungen	88
5.3.2	Randschichtuntersuchungen "doppelt" kugelgestrahlter Proben	89
5.3.2.1	Eigenspannungszustände	89
5.3.2.2	Halbwertsbreiten und Kleinlasthärte­werte	91
5.3.2.3	Rauhtiefenmessungen	92

5.3.3	Biegewechselversuche	93
5.3.3.1	Wöhlerlinien von vergüteten und gehärteten Proben aus Ck45	93
5.3.3.2	Wöhlerlinien von einsatzgehärteten Proben aus 16MnCr5	97
5.3.3.3	Abbau der Eigenspannungen bei Biegewechselbeanspruchung	98
5.4	Ergänzende Untersuchungen zum Biegewechselverhalten von Proben aus Ck45 unter Meerwasser	101
5.4.1	Biegewechselversuche von Proben in vergütetem und gehärtetem Zustand	101
5.4.2	Schädigungsverlauf an vergüteten Proben bei Schwingungsrißkorrosion (SwRK)	105
5.4.2.1	Eigenspannungsabbau bei SwRK-Beanspruchung	105
5.4.2.2	SwRK-Spuren an den Probenoberflächen nach ausgewählten Lastwechselzahlen	108
5.4.2.3	Korrosionsstromantwort bei potentiostatisch durchgeführten Versuchen	110
5.4.2.4	Verläufe des Wechselbiegemoments bei weggesteuerter Versuchsführung	111
6.	<u>Diskussion und Bewertung der Ergebnisse</u>	112
6.1	Zugeigenspannungserzeugung durch Schleifen mit Korund	112
6.2	Druckeigenspannungserzeugung durch Schleifen mit CBN	113
6.2.1	Einfluß der Probenhärte auf den Eigenspannungszustand	113
6.2.2	Einfluß von Probenvorspannungen auf die Druckeigenspannungsbeträge	119
6.2.3	Einfluß der Probenhärte und der Probenvorspannung auf die röntgenographischen Messungen der Eigenspannungen	123
6.2.4	Einfluß der CBN-Schleifbearbeitungen auf die Halbwertsbreiten und Kleinlasthärtewerte	127
6.2.5	Einfluß der CBN-Schleifbearbeitungen auf die Rauhtiefenwerte	130
6.3	Druckeigenspannungserzeugung durch Kugelstrahlen	131
6.3.1	Einfluß der Kugelstrahlbehandlungen auf den Eigenspannungszustand	132
6.3.2	Einfluß der Kugelstrahlbehandlungen auf die Halbwertsbreiten und Kleinlasthärtewerte	134
6.3.3	Einfluß der Kugelstrahlbehandlungen auf die Rauhtiefenwerte	135

6.4	Biegewechselverhalten von geschliffenen und von kugelgestrahlten Proben	136
6.4.1	Einfluß der Bearbeitungs- und Behandlungseigenstressungen bei vergüteten Ck45-Proben	141
6.4.2	Einfluß der Bearbeitungs- und Behandlungseigenstressungen bei gehärteten Ck45-Proben	148
6.4.3	Einfluß der Bearbeitungs- und Behandlungseigenstressungen bei einsatzgehärteten 16MnCr5-Proben	160
6.5	Biegewechselverhalten von geschliffenen und von kugelgestrahlten Ck45-Proben unter Meerwasser	171
6.5.1	Einfluß der Oberflächenbearbeitung auf das Schwingverhalten unter Korrosion	171
6.5.2	Einfluß druckeigenstressungsbehafteter Randschichten auf die Ribildung und Ribausbreitung	175
7.	<u>Zusammenfassung</u>	180
8.	<u>Literaturverzeichnis</u>	186