

Gliederung:

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Einleitung | 1 |
| 2. Stand der Kenntnis - Literaturübersicht | 2 |
| 2.1 Verbreitung und Anwendung von Gußeisen mit Kugelgraphit | 2 |
| 2.2 Isothermische Umwandlung von bainitischem Gußeisen mit Kugelgraphit | 2 |
| 2.3 Randschichtwärmebehandlung von bainitischem Gußeisen mit Kugelgraphit | 6 |
| 2.4 Homogenität und Stabilität des Restaustenits | 6 |
| 2.4.1 Homogenität | 7 |
| 2.4.2 Einfluß auf die Restaustenitstabilität | 8 |
| 2.4.3 Spannungsinduzierte bzw. verformungsinduzierte Martensitbildung | 8 |
| 2.5 Verhalten unter Zugbeanspruchung | 12 |
| 2.6 Schwingfestigkeitsverhalten | 14 |
| 2.6.1 Wechselverformungsverhalten | 14 |
| 2.6.2 Lebensdauerorientierte Untersuchungen | 14 |
| 2.6.3 Wirkung von Kerben | 16 |
| 2.6.4 Ribbildung und Ribfortschritt | 25 |
| 2.6.5 Einfluß der induzierten Restaustenit-Martensit-Umwandlung | 29 |
| 2.7 Zusammenfassung | 30 |
| 3. Werkstoffe und Wärmebehandlung | 31 |
| 3.1 Übersicht der untersuchten Werkstoffe | 33 |
| 3.2 Vergleichende Untersuchungen zur isothermischen Wärmebehandlung von Gußeisen mit Kugelgraphit | 35 |
| 3.2.1 Meßeinrichtungen zur Untersuchung des Abkühlverlaufs | 35 |
| 3.2.2 Aufnahme der Temperatur-Abkühlcharakteristiken | 36 |
| 3.2.3 Abkühlbedingungen beim Umsetzen | 37 |
| 3.2.4 Untersuchung der wärmebehandelten Gußsorten | 43 |
| 3.2.5 Diskussion der vergleichenden Untersuchungen | 47 |
| 3.2.6 Zusammenfassende Bewertung | 54 |
| 3.3 Darstellung der Werkstoffzustände nach isothermischer Umwandlung | 57 |
| 3.4 Induktive Randschichtwärmebehandlung | 64 |
| 4. Versuchseinrichtungen | 71 |
| 4.1 Versuchsproben für Schwingfestigkeitsuntersuchungen | 71 |
| 4.2 Versuche zum Nachweis der induzierten Martensitumwandlung | 73 |
| 4.2.1 Grundlagen des Meßverfahrens | 73 |
| 4.2.2 Durchführung | 74 |
| 4.3 Zug/Druck-Schwingversuche | 75 |
| 4.4 Wechselbiegeversuche | 77 |
| 4.5 Untersuchung von Ribbildung und Ribfortschritt | 77 |
| 4.6 Röntgenographische Bestimmung der Eigenspannungen und des Restaustenitgehalts | 79 |
| 4.6.1 Röntgenographische Eigenspannungsanalyse | 79 |
| 4.6.2 Röntgenographische Bestimmung des Restaustenitgehalts | 81 |
| 4.7 Mikrostrukturuntersuchungen | 82 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5. Versuchsergebnisse | 83 |
| 5.1 Stabilität des Restaustenits unter einsinniger Zugbeanspruchung | 83 |
| 5.2 Ergebnisse der Dauerschwingversuche an nicht randschichtgehärtetem Gußeisen mit Kugelgraphit | 88 |
| 5.2.1 Wechselverformungsverhalten glatter Proben unter Zug/Druck-Beanspruchung | 88 |
| 5.2.2 Ermüdungsverhalten glatter Proben unter Biegewechsel-Beanspruchung | 99 |
| 5.2.3 Ermüdungsverhalten glatter und gekerbter Proben unter Zug/Druck-Beanspruchung | 103 |
| 5.2.4 Entstehung von Rissen | 105 |
| 5.2.5 Rißausbreitungsverhalten | 114 |
| 5.3 Ergebnisse der Dauerschwingversuche an randschichtgehärtetem Gußeisen mit Kugelgraphit | 121 |
| 5.3.1 Wechselverformungsverhalten glatter Proben unter Zug/Druck-Beanspruchung | 121 |
| 5.3.2 Ermüdungsverhalten glatter und gekerbter Proben unter Zug/Druck-Beanspruchung | 123 |
| 5.3.3 Entstehung von Rissen und Rißausbreitungsverhalten nach Randschichthärtung | 126 |
| 5.4 Versuchsergebnisse begleitender röntgenographischer Messungen | 132 |
| 5.4.1 Restaustenit-Martensit-Umwandlung gekerbter Probekörper unter schwingender Beanspruchung | 132 |
| 5.4.2 Tiefenprofile von Eigenspannungen und Restaustenit randschichtgehärteter Probekörper | 134 |
| 5.5 Untersuchung mikrostruktureller Änderungen | 137 |
| 6. Diskussion der Ergebnisse | 149 |
| 6.1 Wechselverformungsverhalten | 150 |
| 6.1.1 Wechselverformungsverhalten von Gußeisen mit Kugelgraphit | 150 |
| 6.1.2 Wechselverformungsverhalten von Gußeisen mit Kugelgraphit nach Randschichthärtung | 156 |
| 6.2 Ermüdungsverhalten, lebensdauerorientierte Untersuchungen | 159 |
| 6.2.1 Verhalten von bainitischem Gußeisen mit Kugelgraphit unter Wechselbiegebeanspruchung | 159 |
| 6.2.2 Verhalten unter Zug/Druck-Beanspruchung | 160 |
| 6.3 Rißbildung und Rißausbreitungsverhalten | 165 |
| 6.3.1 Untersuchungen an nicht randschichtgehärteten Proben | 165 |
| 6.3.2 Untersuchungen an randschichtgehärteten Proben | 174 |
| 6.4 Mikrostrukturuntersuchungen | 175 |
| 6.4.1 Mikrostrukturelle Veränderungen unter schwingender Beanspruchung | 175 |
| 6.4.2 Einfluß des Gefüges auf das Rißausbreitungsverhalten | 176 |
| 7. Zusammenfassung | 177 |
| Anhang I - Bildtafeln zu Kap. 3.2 | 179 |
| Anhang II - Bildtafeln zu Kap. 3.2 | 201 |
| Anhang III - Werkstoffe: Übersicht der verwendeten Bezeichnungen und der durchgeführten Untersuchungen | 212 |
| Literaturverzeichnis | 213 |