

Inhaltsverzeichnis:

1 Einleitung 1

2 Schliffherstellung und -präparation 2

3 Durchführung einer Gefügeanalyse 2

3.1 Gefügestand und Beschaffenheit 2

3.2 Grundlagen der Gefügeanalyse 4

3.2.1 Verwendung von Zeugnissen, Spezifikationen und Normen 5

3.2.2 Verwendung von Zustands- und Phasendiagrammen 5

Phasendiagramm / Eisen-Kohlenstoff -Diagramm / Stahlbereich / Gusseisenbereich / Zustandsdiagramme - Einfluss Abkühlgeschwindigkeit und Legierungselemente (Stahl) / Phasendiagramm - Aluminiumlegierungen / Thermodynamische Phasenberechnung

3.2.3 Bestimmung der Korngröße 31

3.2.4 Zusammenfassung Grundlagen Gefügeanalyse 36

3.3 Gefügeanalyse bei Halbzeugen 40

3.3.1 Ort der Schliffentnahme 40

3.3.2 Herstellungsbedingte Einflüsse auf die Gefügeausbildung 42

3.4 Fallbeispiel 45

3.4.1 Überprüfung der ordnungsgemäßen Wärmebehandlung und des Gefüges 45

3.5 Gefüge- und Strukturanalyse bei Bauteilen 48

3.5.1 Einfluss der Herstellungsbedingungen auf die Gefügeausbildung 49

Erstarren und Abkühlen / Umgebungsbedingte Oberflächenveränderungen / Umformung / Bearbeitete Oberflächen / Wärmebehandlungen

3.5.2 Randschichthärten - Stahl 64

3.5.3 Einsatzhärten - Stahl 65

3.5.4 Thermochemische Diffusionsbehandlung 66

3.5.5 Oberflächenbeschichtungen 67

Verzinkungen / Hartchromschichten / Titanaluminiumbeschichtung / Beschichtungen über Lichtbogen

3.5.6 Optimale metallographische Präparation von Randeckten und Schichten 71

Bestimmung der Dicke von Metall- und Oxidschichten / Lose anhaftende, poröse Schichten - Korrosions- und Oxidationsschichten / Sehr dünne Schichten

3.5.7 Einfluss des Betriebs auf die Gefügeausbildung 80

Temperatur / Medium

3.5.8 Fehlstellen in Stahlguss und Schmiedestücken 91

3.6 Fallbeispiel 94

3.6.1 Gebrochene einsatzgehärtete Rolle 94

3.6.2 Kesselrohre mit Heißwasseroxidation 100

3.6.3 Prüfung einer auftragsgeschweißten Hartstahlschicht in einem Lagerkörper 103

3.6.4 Sanitär-Metallschlauch mit abgerissenem Gewinde 105

3.7 Übungen zur Gefügeinterpretation 108

4 Metallographische Methoden zur Untersuchung von Bauteilen 113

4.1 Mobile Härteprüfung 115

4.1.1 Einschränkungen 116

4.1.2 Fehlerquellen 116

4.1.3 Fallbeispiel 117

Überprüfung der sachgemäßen Schweißung einer Stutzenrundnaht / Beanstandung der Oberflächenhärte eines Kesselrohrs / Einfluss der Betriebstemperatur auf die Oberflächenrandzone einer Nickellegierung

4.2 Ambulante Metallographie 123

4.2.1 Allgemeine Anwendung 123

4.2.2 Bewertung von Kriechschädigung 128

4.2.3 Einschränkungen 134

4.2.4 Fehlerquellen 137

- 4.3 Minimalinvasive Kleinprobenuntersuchung 139
 - 4.3.1 Einschränkungen 140
 - 4.3.2 Fehlerquellen 140
- 4.4 Bohrkerne 141
 - 4.4.1 Einschränkungen 141
 - 4.4.2 Fehlerquellen 141
- 4.5 Fallbeispiel 142
 - 4.5.1 Überprüfung von Schweißnähten in einem Pumpengehäuse 142
- 4.6 Metallographische Untersuchung mit Schlifffen 143
 - 4.6.1 Einschränkungen 143
 - 4.6.2 Fehlerquellen 143
 - 4.6.3 Makroschliffuntersuchung 144
 - 4.6.4 Ort der Schliffentnahme 150
 - 4.6.5 Auswahl der Schliffebene 151
- 4.7 Fallbeispiel 156
 - 4.7.1 Rissbildungen in einer austenitischen Mischschweißverbindung 156

5 Metallographische Untersuchung von Fehlern in der Bauteilstruktur 160

- 5.1 Ziele und Vorgehensweise 160
- 5.2 Besondere Maßnahmen bei der Schliffherstellung 162
- 5.3 Metallographische Untersuchung von Fehlern im Schweißnahtbereich 163
 - 5.3.1 Makroskopische Unregelmäßigkeiten 163
 - 5.3.2 Mikroskopische Unregelmäßigkeiten 164
- 5.4 Analyse herstellungsbedingter Fehlstellen 167
- 5.5 Quantifizierung von Anzeigen der zerstörungsfreien Prüfung 170
 - 5.5.1 Aufgabe der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung 170
 - 5.5.2 Anforderungen an die Schliffherstellung und Präparation 172
 - 5.5.3 Festlegung der Sägeschnitte und Schliffentnahme 173
 - 5.5.4 Besondere Maßnahmen bei der Schliffherstellung 174
- 5.6 Besondere Präparationstechniken 174
 - 5.6.1 Vibrationspolieren für mikroskopische Fehlstellen und Gefügefeinstrukturen 174
 - 5.6.2 Aufbrechen von Rissen/Fehlstellen 176
- 5.7 Fallbeispiel 181
 - 5.7.1 Metallographische Untersuchung von Anzeigen einer Durchstrahlungsprüfung 181
 - 5.7.2 Rissbildung in einem Rotorgehäuse 187
 - 5.7.3 Oberflächenrisse in einem Rohr unter Innendruck 189
 - 5.7.4 Herstellungsbedingte Oberflächenrisse in einem Gehäuse aus austenitischem Ferritguss 192

6 Metallographische Untersuchung gebrochener Teile 200

- 6.1 Vorbereitung der Bruchfläche 200
- 6.2 Makroskopische Bruchflächenanalyse 201
 - 6.2.1 Analyse der Bruchfläche 201
 - 6.2.2 Identifizierung der Bruchausgangsstelle 205
- Dauerbruch / Gewaltbruch bzw. statischer Anriss
- 6.3 Anforderungen an die Schliffherstellung und Präparation 208
- 6.4 Fallbeispiel 210
 - 6.4.1 Gewaltbruch in Halteringen 210
 - 6.4.2 Dauerbruch einer Kurbelwelle 214
 - 6.4.3 Bruch eines Eckventils mit Verlängerungsstück 217

7 Begriffserläuterungen 221

8 Zusammenstellung der wichtigsten Ätzmittel 244

Literatur 250

Index 251