

Inhalt

1	Die Schliffherstellung	1
1.1	Begriffe: Schliff, Gefüge	1
1.2	Ablauf	1
1.3	Die Schliffpräparation	2
1.3.1	Probennahme und Kennzeichnung	3
1.3.2	Einbetten	5
1.3.2.1	Allgemeines Vorgehen	5
1.3.2.2	Kalteinbetten	7
1.3.2.3	Warmeinbetten	8
1.3.3	Schleifen der ausgewählten Schlifffläche	8
1.3.4	Polieren der geschliffenen Oberfläche	11
1.3.4.1	Maschinelles Polieren	13
1.3.4.2	Elektrolytisches Polieren	16
1.3.4.3	Vibrationspolieren	18
1.3.5	Anwendung polierter Schliffe	19
1.3.5.1	Schliffbilder ungeätzter Metallproben	20
1.3.6	Ätzen polierter Schliffe	21
1.3.7	Gefügeentwicklung	23
1.4	Praktische Übungen	26
1.5	Praktische Tipps für die Schliffherstellung	26
1.6	Fehler und Probleme	28
2	Makroskopische Untersuchung	30
2.1	Anwendungsbereich	30
2.1.1	Einteilung makroskopischer Verfahren	31
2.1.2	Flachätzverfahren	31
2.1.2.1	Ätzung nach Fry	32
2.1.2.2	Das Heyn'sche Verfahren	33
2.1.2.3	Das Oberhoffer-Verfahren	35
2.1.2.4	Makroätzung mit alkoholischer Salpetersäure	36
2.1.2.5	Makroätzung nach Adler	38
2.1.2.6	Makroätzung von Aluminium	39
2.1.2.7	Makroätzung von Nickellegierungen	41
2.1.3	Tiefätzverfahren	42
2.1.4	Abdruckverfahren	43
2.1.5	Praktische Übungen	45
2.2	Weitere Ätzverfahren	46

2.3	Praktische Tipps für makroskopische Untersuchungen	46
2.4	Fehler und Probleme bei makroskopischen Untersuchungen	49
3	Gefüge unlegierter Eisen-Kohlenstoff-Werkstoffe.....	50
3.1	Der Kohlenstoff als Zementit; Gefüge des metastabilen Fe-C-Systems	50
3.1.1	Gefüge des metastabilen Systems im Stahlbereich	53
3.1.1.1	Gefüge untereutektoider Stähle	54
3.1.1.1.1	Grobkorngefüge und nadeliges Umwandlungsgefüge	58
3.1.1.1.2	Entartetes Gefüge	60
3.1.1.1.3	Gefügezeiligkeit	60
3.1.1.2	Gefüge eutektoider Stähle.....	62
3.1.1.3	Gefüge übereutektoider Stähle	66
3.1.2	Praktische Tipps für die Präparation von ferritisch-perlitischem Stahl.....	70
3.1.3	Fehler und Probleme bei der Gefügeinterpretation.....	71
3.2	Gefüge des metastabilen Systems im Gusseisenbereich.....	71
3.2.1	Gefüge von untereutektischem weißem Gusseisen.....	72
3.2.2	Gefüge von eutektischem weißem Gusseisen.....	75
3.2.3	Gefüge von übereutektischem weißem Gusseisen.....	76
3.3	Der Kohlenstoff als Graphit; Gefüge des stabilen Fe-C-Systems	78
3.3.1	Die häufigsten Formen des Graphits.....	80
3.3.1.1	Die Lamellenform.....	80
3.3.1.2	Die Kugelform	84
3.3.1.3	Gusseisen mit Vermiculargraphit.....	87
3.3.1.4	Die Flockenform	89
3.3.2	Hartguss – Schalenhartguss und meliertes Gusseisen.....	91
3.4	Praktische Tipps für die Präparation von Gusseisen.....	92
3.5	Fehler und Probleme bei der Gefügeinterpretation.....	93
3.6	Der im Eisengitter gelöste Kohlenstoff – Umwandlungsgefüge des Stahls	94
3.6.1	Zerfall des unterkühlten Austenits	95
3.6.1.1	Das Härtegefüge	95
3.6.1.2	Das Zwischenstufengefüge (Bainit).....	102
3.6.1.3	Die Perlitbildung	105
3.6.2	Anlassgefüge	105
3.6.2.1	Gefüge nach niedrigem Anlassen (1. Anlassstufe) .	106
3.6.2.2	Gefüge nach mittlerem Anlassen (2. und 3. Anlassstufe)	106

3.6.2.3 Gefüge eines hoch angelassenen Stahls (4. Anlassstufe)	108
3.7 Praktische Tipps für die Präparation und Gefügeinterpretation von Stählen mit Härtingsgefügen.....	110
3.8 Gefüge von Stählen mit mehrphasigem Gefüge	111
3.9 Praktische Übungen	114
4 Gefüge ausgewählter Nichteisenmetalle	118
4.1 Kupferlegierungen	119
4.1.1 Cu-Sn-Legierungen, Zinnbronzen	122
4.1.1.1 Cu-Sn-Knetlegierungen	122
4.1.1.2 Cu-Sn-Gusslegierungen	127
4.1.1.3 Cu-Sn-Sinterlegierungen (Sinterbronzen)	129
4.1.2 Mehrstoff-Bronzen	130
4.1.2.1 Mehrstoff-Knetbronzen	130
4.1.2.2 Mehrstoff-Gussbronzen	131
4.1.3 Speziallegierungen	134
4.1.3.1 Kupfer-Aluminiumlegierungen (Aluminiumbronzen) ..	134
4.1.3.1.1 Erstarrungsgefüge von Kupfer-Aluminiumlegierungen (Aluminiumbronzen)	135
4.1.3.1.2 Gefügeveränderungen von Aluminiumbronzen beim Abkühlen im festen Zustand	136
4.1.3.2 Kupfer-Beryllium-Legierungen (Berylliumbronzen)	141
4.1.3.3 Kupfer-Chrom-Legierungen	144
4.1.3.4 Kupfer-Blei-Legierungen (Bleibronzen)	145
4.1.4 Cu-Zn-Legierungen (Messing)	146
4.1.4.1 Cu-Zn-Knetlegierungen	148
4.1.4.1.1 Einphasige Cu-Zn-Knetlegierungen	148
4.1.4.1.2 Zweiphasige Cu-Zn-Knetlegierungen	150
4.1.4.2 Cu-Zn-Gusslegierungen	155
4.1.5 Kupfer-Nickel-Legierungen	156
4.2 Praktische Tipps für die Präparation und Gefügeinterpretation von Kupferlegierungen	158
4.3 Fehler und Probleme bei der Gefügeinterpretation.....	161
4.4 Aluminiumlegierungen	161
4.4.1 Al-Knetlegierungen	162
4.4.1.1 Nicht aushärtbare Al-Knetlegierungen	162
4.4.1.2 Aushärtbare Al-Knetlegierungen	164
4.4.2 Typische Al-Gusslegierungen	168
4.4.3 Al-Sinterlegierungen	174

4.5	Praktische Tipps für die Präparation und Gefügeinterpretation von Aluminiumlegierungen	175
4.6	Fehler und Probleme bei der Gefügeinterpretation.....	177
4.7	Titanlegierungen	177
4.7.1	Einphasige α -Legierungen	178
4.7.2	Einphasige β -Legierungen	179
4.7.3	Zweiphasige ($\alpha+\beta$)-Legierungen.....	179
4.8	Praktische Tipps für die Präparation und Gefügeinterpretation von Titanlegierungen	183
4.9	Fehler und Probleme bei der Gefügeinterpretation.....	185
4.10	Nickellegierungen.....	185
4.10.1	Superlegierungen	188
4.10.2	Phasen in Ni-Fe-Cr-Knetlegierungen	188
4.10.2.1	Mischkristallhärtende Legierungen	192
4.10.2.2	γ' aushärtende Legierungen	194
4.10.3	Gusslegierungen.....	198
4.11	Praktische Tipps für die Präparation und Gefügeinterpretation von Nickellegierungen.....	200
4.12	Fehler und Probleme bei der Gefügeinterpretation	201
4.13	Praktische Übungen zu Kapitel 4	201
5	Gefüge von Schweißverbindungen.....	205
5.1	Schweißverbindungen aus Stahl	205
5.1.1	Metallographische Präparation	205
5.2	Schweißverbindungen aus Nichteisenmetallen	212
5.2.1	Bewertung von Schweißverbindungen	214
5.3	Besondere Schweißverfahren	214
5.3.1	Widerstandpressschweißen	214
5.3.2	Rührreibschweißen.....	216
5.4	Praktische Tipps für die Präparation und Gefügeinterpretation von Schweißverbindungen.....	217
5.5	Praktische Übungen	217
6	Gefüge von additiv gefertigten Werkstoffen	219
7	Literatur	224
8	Index	225