

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| 1 Übersicht über die Werkstoffe | 1 |
| 2 Metallische Werkstoffe | 2 |
| 2.1 Metalle im Periodensystem der Elemente | 3 |
| 2.2 Kennzeichnende Eigenschaften der Metalle | 4 |
| 3 Grundlagen der Metallkunde und der Metallphysik | 6 |
| 3.1 Erstarrung der metallischen Schmelzen | 6 |
| 3.1.1 Keimbildung und Kristallwachstum | 6 |
| 3.1.2 Kristallisation im Gußblock | 9 |
| 3.2 Kristallgitter | 10 |
| 3.3 Allotropie | 11 |
| 3.4 Millersche Indizes | 13 |
| 3.5 Anisotropie – Kornorientierung | 14 |
| 3.6 Gitterbaufehler | 15 |
| 3.7 Mechanische Eigenschaften | 18 |
| 3.8 Verfestigungsmechanismen | 24 |
| 3.9 Diffusion | 28 |
| 3.10 Legierungsbildung | 30 |
| 3.11 Zustandsdiagramme – Zweistoffsysteme | 31 |
| 3.12 Zweistoffdiagramm Fe-C | 38 |
| 3.13 Metallographische Untersuchungen | 44 |
| 3.14 Wärmebehandlungen von Stählen im Eisen-Kohlenstoff-Diagramm | 47 |
| 3.15 Martensitische Umwandlung | 51 |
| 3.16 Ausscheidungshärtung | 58 |
| 3.17 Alterung von Stählen – Sprödbbruch | 61 |
| 3.18 Plastisches Verhalten der Metalle | 68 |
| 3.18.1 Mechanismus der plastischen Formänderung | 68 |
| 3.18.2 Fließspannung und Fließkurve | 69 |
| 3.18.3 Whisker | 72 |
| 3.18.4 Erholung und Rekristallisation | 73 |
| 3.18.5 Warmumformung | 77 |
| 3.19 Ferromagnetismus | 79 |
| 3.20 Elektrische Leitfähigkeit | 82 |
| 3.21 Korrosion der Metalle | 85 |
| 4 Metallkunde der Stähle | 89 |
| 4.1 Übersicht über die Stähle | 89 |
| 4.2 Bemerkungen zur Metallurgie der Stähle | 90 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 4.3 | Einfluß der Legierungselemente des Stahles | 94 |
| 4.4 | Rein- und Weicheisen | 95 |
| 4.5 | Stähle für Kaltumformzwecke | 96 |
| 4.5.1 | Unlegierte weiche Stähle | 96 |
| 4.5.2 | Höherfeste Bleche und Bänder | 102 |
| 4.6 | Allgemeine Baustähle | 102 |
| 4.6.1 | Grundlagen der unlegierten Baustähle | 102 |
| 4.6.2 | Feinkornbaustähle | 103 |
| 4.6.3 | Perlitreduzierte Stähle | 104 |
| 4.6.4 | Wetterfeste Baustähle | 105 |
| 4.6.5 | Bewehrungsstähle – Betonstahl | 106 |
| 4.7 | Weichmagnetische Silizium-Stähle | 107 |
| 4.8 | Chemisch beständige Stähle | 110 |
| 4.8.1 | Nichtrostende Stähle | 110 |
| 4.8.2 | Hitzebeständige Stähle | 118 |
| 4.8.3 | Stähle für die Kerntechnik | 120 |
| 4.9 | Edelbaustähle | 121 |
| 4.9.1 | Einsatzstähle | 121 |
| 4.9.2 | Vergütungsstähle | 125 |
| 4.9.3 | Stähle für die Oberflächenhärtung | 130 |
| 4.9.4 | Automatenstähle | 130 |
| 4.9.5 | Nitrierstähle | 131 |
| 4.9.6 | Verschleißfeste Stähle | 133 |
| 4.9.7 | Warmfeste Stähle | 135 |
| 4.9.8 | Druckwasserstoffbeständige Stähle | 138 |
| 4.9.9 | Kaltzähe Stähle (Tieftemperaturstähle) | 139 |
| 4.9.10 | Federstähle | 140 |
| 4.9.11 | Walzlagerstähle | 142 |
| 4.9.12 | Hochfeste Stähle | 143 |
| 4.9.13 | Nichtmagnetisierbare Stähle (Amagnetische Stähle) | 143 |
| 4.10 | Werkzeugstähle | 144 |
| 4.10.1 | Unlegierte Werkzeugstähle | 145 |
| 4.10.2 | Legierte Kaltarbeitsstähle | 146 |
| 4.10.3 | Warmarbeitsstähle | 148 |
| 4.10.4 | Schnellarbeitsstähle | 150 |
| 4.11 | Stahlguß – Stahlformguß | 155 |
| 5 | Gußeisenwerkstoffe | 156 |
| 5.1 | Gußeisen mit Lamellengraphit | 157 |
| 5.2 | Gußeisen mit Kugel- und Vermiculargraphit | 160 |
| 5.3 | Temperguß | 162 |
| 5.3.1 | Schwarzer Temperguß GTS | 162 |
| 5.3.2 | Weißer Temperguß GTW | 164 |
| 5.4 | Hartguß- und Schalenhartguß | 165 |
| 5.5 | Legiertes Gußeisen | 166 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 6 | Metallkunde der Nichteisenmetalle | 168 |
| 6.1 | Kupfer und Kupferlegierungen | 168 |
| 6.1.1 | Reinkupfer und niedriglegiertes Kupfer | 168 |
| 6.1.2 | Kupfer-Zink-Legierungen (Messinge) | 170 |
| 6.1.3 | Kupfer-Zinn-Legierungen (Zinnbronzen) | 172 |
| 6.1.4 | Kupfer-Aluminium-Legierungen (Aluminiumbronzen) | 173 |
| 6.1.5 | Kupfer-Nickel-Legierungen | 174 |
| 6.1.6 | Kupfer-Nickel-Zink-Legierungen | 175 |
| 6.2 | Nickel und Nickellegierungen | 176 |
| 6.2.1 | Reinnickel | 176 |
| 6.2.2 | Nickel-Kupfer-Legierungen | 176 |
| 6.2.3 | Nickel-Chrom-Eisen-Legierungen | 177 |
| 6.2.4 | Nickel-Molybdän-Legierungen | 177 |
| 6.2.5 | Hochwarmfeste Nickellegierungen (Superlegierungen) | 178 |
| 6.2.6 | Ni-Cr- und Ni-Cr-Fe-Heizleiterlegierungen | 179 |
| 6.2.7 | Ni-haltige magnetische Legierungen | 180 |
| 6.2.8 | Nickellegierungen mit besonderen physikalischen Eigenschaften | 182 |
| 6.3 | Kobalt und Kobaltlegierungen | 182 |
| 6.3.1 | Reines Kobalt | 182 |
| 6.3.2 | Kobaltlegierungen | 183 |
| 6.4 | Aluminium und Aluminiumlegierungen | 184 |
| 6.4.1 | Reinaluminium | 184 |
| 6.4.2 | Aluminiumlegierungen | 186 |
| 6.5 | Magnesium und Magnesiumlegierungen | 189 |
| 6.6 | Beryllium und Berylliumlegierungen | 191 |
| 6.7 | Titan und Titanlegierungen | 191 |
| 6.7.1 | Unlegiertes Titan | 191 |
| 6.7.2 | Titanlegierungen | 194 |
| 6.8 | Zirkonium und Zirkoniumlegierungen | 196 |
| 6.8.1 | Reinzirkonium | 196 |
| 6.8.2 | Zirkoniumlegierungen | 197 |
| 6.9 | Zink und Zinklegierungen | 197 |
| 6.9.1 | Reines Zink | 197 |
| 6.9.2 | Zinklegierungen | 198 |
| 6.10 | Blei und Bleilegierungen | 199 |
| 6.10.1 | Reinblei | 199 |
| 6.10.2 | Bleilegierungen | 200 |
| 6.11 | Zinn und Zinnlegierungen | 200 |
| 6.11.1 | Reinzinn | 200 |
| 6.11.2 | Zinnlegierungen | 201 |
| 6.12 | Hochschmelzende Metalle | 202 |
| 6.13 | Edelmetalle | 205 |
| 6.14 | Kontaktwerkstoffe | 206 |
| 7 | Verbund- und Sinterwerkstoffe | 208 |
| 7.1 | Verbundwerkstoffe | 208 |
| 7.2 | Sinterwerkstoffe | 210 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 7.2.1 | Sinterhartmetall | 210 |
| 7.2.2 | Technische Keramik | 213 |
| 7.2.3 | Dauermagnetwerkstoffe | 215 |
| 8 | Kunststoffe | 217 |
| 8.1 | Kunststoffe als Werkstoffe | 217 |
| 8.2 | Kunststoffe, Entsorgung und Umwelt | 218 |
| 8.3 | Morphologie der Kunststoffe | 218 |
| 8.3.1 | Makromoleküle: Form und Anordnung | 218 |
| 8.3.2 | Bindungskräfte zwischen und innerhalb von Makromolekülen | 221 |
| 8.4 | Bildungsreaktionen und technische Ausführung | 222 |
| 8.4.1 | Polymerisation | 223 |
| 8.4.1.1 | Technische Ausführung der Polymerisation | 224 |
| 8.4.1.2 | Methoden der Polymerisation | 225 |
| 8.4.2 | Polykondensation | 226 |
| 8.4.3 | Polyaddition | 227 |
| 8.5 | Kunststoffsorten und Nomenklatur | 227 |
| 8.6 | Thermische Zustandsformen | 228 |
| 8.6.1 | Amorphe Thermoplaste | 230 |
| 8.6.2 | Teilkristalline Thermoplaste | 231 |
| 8.6.3 | Duroplaste | 232 |
| 8.6.4 | Elastomere | 232 |
| 8.7 | Formgebung und Bearbeitung der Kunststoffe | 233 |
| 8.7.1 | Spritzgießen von Thermoplasten | 233 |
| 8.7.2 | Extrudieren von Thermoplasten | 234 |
| 8.7.3 | Kalandrieren von Thermoplasten | 235 |
| 8.7.4 | Warmformen von Thermoplasten | 235 |
| 8.7.5 | Formgebung von Duroplasten | 237 |
| 8.7.6 | Bearbeitung von Kunststoffen | 238 |
| 8.8 | Modifikation von Kunststoffen | 239 |
| 8.8.1 | Copolymere und Polyblends (Legierungen) | 239 |
| 8.8.2 | Weichmachung von Thermoplasten | 239 |
| 8.8.3 | Füllen und Verstärken | 240 |
| 8.8.4 | Schäumen von Kunststoffen | 240 |
| 8.8.5 | Vernetzen von Thermoplasten | 241 |
| 8.8.6 | Additive | 241 |
| 8.9 | Polymerisate | 242 |
| 8.9.1 | Polyethylen PE | 242 |
| 8.9.2 | Polypropylen PP | 246 |
| 8.9.3 | Polybuten PB | 247 |
| 8.9.4 | Polyisobutylen PIB | 247 |
| 8.9.5 | Polymethylenpenten PMP | 248 |
| 8.9.6 | Polyvinylchlorid PVC | 248 |
| 8.9.6.1 | PVC-hart (PVC-U und PVC-HI) | 249 |
| 8.9.6.2 | PVC-weich (PVC-P) | 251 |
| 8.9.6.3 | PVC-Schaumstoffe | 252 |
| 8.9.7 | Styrol-Polymere | 252 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 8.9.7.1 | Polystyrol PS | 252 |
| 8.9.7.2 | Modifikationen des PS (SB, SAN, ABS, ASA) | 253 |
| 8.9.7.3 | Styrolschaumstoffe PS-E | 255 |
| 8.9.8 | Fluor-Polymere | 256 |
| 8.9.8.1 | Polytetrafluorethylen PTFE | 256 |
| 8.9.8.2 | Andere fluorhaltige Polymere | 258 |
| 8.9.9 | Acryl-Polymere | 259 |
| 8.9.9.1 | Acrylester | 259 |
| 8.9.9.2 | Polyacrylnitril PAN | 260 |
| 8.9.9.3 | Polymethylmethacrylat PMMA | 260 |
| 8.9.10 | Polyoxymethylen POM (Polyazetal) | 262 |
| 8.10 | Polykondensate | 263 |
| 8.10.1 | Phenolformaldehyd PF (Phenoplast) | 263 |
| 8.10.2 | Aminoplaste | 265 |
| 8.10.2.1 | Harnstoffharz UF | 265 |
| 8.10.2.2 | Melaminharz MF | 267 |
| 8.10.3 | Polyester | 267 |
| 8.10.3.1 | Polyterephthalate PET, PBT | 267 |
| 8.10.3.2 | Ungesättigte Polyester UP | 269 |
| 8.10.4 | Polyamide PA | 272 |
| 8.10.5 | Polycarbonate PC | 275 |
| 8.10.6 | Polyphenylenoxid PPO | 277 |
| 8.10.7 | Polyetheretherketon PEEK | 278 |
| 8.10.8 | Schwefelhaltige Polymere PPS, PES, PSU | 278 |
| 8.10.9 | Polyimide PI | 280 |
| 8.10.10 | Silikone SI (Polysiloxane) | 282 |
| 8.11 | Polyaddukte | 283 |
| 8.11.1 | Epoxidharz EP | 283 |
| 8.11.2 | Polyurethane PUR | 286 |
| 8.12 | Zusammenfassung der Eigenschaften und spezielle Werkstoffprüfung | 290 |
| 8.12.1 | Dichte | 290 |
| 8.12.2 | Mechanische Festigkeit | 290 |
| 8.12.2.1 | Kurzzeitprüfungen | 290 |
| 8.12.2.2 | Langzeitverhalten | 291 |
| 8.12.2.3 | Einfluß der Temperatur | 292 |
| 8.12.3 | Thermische Eigenschaften | 293 |
| 8.12.4 | Elektrische Eigenschaften | 294 |
| 8.12.5 | Beständigkeit und Gasdurchlässigkeit | 296 |
| 8.12.6 | Bestimmung der Kunststoffart | 298 |
| 9 | Naturstoffe | 299 |
| 9.1 | Holz | 299 |
| 9.2 | Papier | 302 |
| 9.3 | Abgewandelte Naturstoffe | 304 |
| 9.3.1 | Zellulose-Derivate | 304 |
| 9.3.1.1 | Hydrat-Zellulose = Regenerierte Zellulose | 304 |
| 9.3.1.2 | Zellulose-Ester | 305 |
| 9.3.2 | Casein-Derivat Kunstthorn CS | 306 |

| | |
|--|----------------|
| 10 Elastomere | 307 |
| 10.1 Naturgummi NR | 307 |
| 10.2 Synthesegummi | 308 |
| 10.2.1 Polyisopren IR | 308 |
| 10.2.2 Butadien-Kautschuke BR, SBR, NBR | 309 |
| 10.2.3 Ethylen-Propylen-Kautschuk EPM/EPDM | 310 |
| 10.2.4 Chloropren-Kautschuk CR | 310 |
| Literatur | 311 |
| Sachwortverzeichnis | 314 |