目　　次

まえおき ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

主要条件記号 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3

1章　低温技術における金属材料への要求 ・・・ 7

1.1　低温装置の各種要素の作動の温度水準 ・・・・・・ 7
1.2.　機械的性質 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 12
1.3.　作用媒質の化学的作用 ・・・・・・・・・・・・・ 16
1.4.　物理的性質 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 17
1.5.　加工性 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 20
1.6.　経済的制約 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 22

2章　低温度における金属の変形と破壊 ・・・・ 24

2.1.　金属の変形に関する基礎知識 ・・・・・・・・・・ 24
2.2.　塑性変形機構 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 26
2.3.　降伏点の温度関係 ・・・・・・・・・・・・・・・ 28
2.4.　脆性破壊と靱性破壊 ・・・・・・・・・・・・・・ 30
2.5.　破壊特性を決定づける因子 ・・・・・・・・・・・ 33
2.6.　割れの頂部の応力状態 ・・・・・・・・・・・・・ 35
2.7.　応力度係数 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 40
2.8.　破壊靱性に対する金属の強度水準と変形温度および速度の影響 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 45
2.9.　破壊靱性に対する周辺環境の影響 ・・・・・・・・ 48
2.10.　破壊靱性に対する組織と組成および非金属介在物の影響 50

3章　低温度における金属材料の機械的性質の試験法 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 52

3.1.　機械的試験の種類 ・・・・・・・・・・・・・・・ 52
3.2.　温度とひずみの測定手段 ・・・・・・・・・・・・ 54
3.3.　引張試験と各種クライオスタット（低温恒温槽）の構造 59

3.4. 衝撃試験 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 63
3.5. クリープと長時間強度の試験 ・・・・・・・・・・ 68
3.6. 疲労試験 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 69
3.7. 熱疲労試験 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 79
3.8. 破壊靱性（ねばり強さ）の試験 ・・・・・・・・・ 82
3.9. 破壊靱性の間接的決定法 ・・・・・・・・・・・ 86

4章 気候寒冷温度下で働く低温設備の部品用の
炭素鋼と合金鋼 ・・・・・・・・・・・・・・・・ 89

4.1. 一般的特性 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 89
4.2. 炭素鋼 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 93
Cт3鋼 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 93
20鋼 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 97
45鋼 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 101
4.3. ばね鋼 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 104
65Г鋼 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 104
60C2A鋼 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 106
4.4. 含クロム低合金鋼 ・・・・・・・・・・・・・・・ 108
20X鋼 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 108
40X鋼 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 112
40XH鋼 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 116
38X2MIOA（38XMIOA）鋼 ・・・・・・・・・ 118
4.5. 溶接用低合金鋼 ・・・・・・・・・・・・・・・・ 120
09Г2C鋼 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 120
14Г2AФ鋼 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 122
4.6. クロムステンレス鋼 ・・・・・・・・・・・・・・ 127
20X13鋼 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 127
30X13鋼 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 130

5章 低温用合金鋼 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 133

5.1. 含ニッケル中合金構造用鋼 ・・・・・・・・・・・ 133
12XH3A鋼 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 133
18X2H4MA（18X2H4BA）鋼 ・・・・・・・・ 136

5.2. 含ニッケル低炭素鋼 ・・・・・・・・・・・・・・ 141
0Н6鋼 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 143
0Н9鋼 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 145
5.3. ステンレス時効鋼 ・・・・・・・・・・・・・・・ 148
08Х15Н24В4ТР(ЭП164)鋼 ・・・・・ 148
10Х11Н23Т3МР(ЭП33)鋼 ・・・・・・ 151
03Х9К14Н6М3Д(ЭП921)鋼 ・・・・・ 154
5.4. クロムニッケルオーステナイト鋼 ・・・・・・・ 158
12Х18Н10Т鋼 ・・・・・・・・・・・・・ 161
04Х18Н10鋼 ・・・・・・・・・・・・・ 167
5.5. クロムニッケルマンガンおよびクロムマンガン
オーステナイト鋼 ・・・・・・・・・・・・・・・ 170
10Х14Г14Н4Т(ЭИ711)鋼 ・・・・・・ 173
07Х21Г7АН5(ЭП222)鋼 ・・・・・・・ 176
07Х13Н4АГ20(ЧС52)鋼 ・・・・・・・ 179
03Х20Н16АГ6鋼 ・・・・・・・・・・・ 183
03Х13АГ19(ЧС36)鋼 ・・・・・・・・ 187
5.6. 低い線膨張温度係数を持つ鉄ニッケル合金 ・・・ 192
36НХ合金 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 194
36Н合金 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 197
47НД合金 ・・・・・・・・・・・・・・・・ 199

6章 アルミニウムとその合金 ・・・・・・・・・・ 202

6.1. 概説 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 202
6.2. 工業用アルミニウムАД1(1013) ・・・・・・ 206
6.3. 非熱硬化性合金 ・・・・・・・・・・・・・・・ 212
合金АМц(1400)およびАМцС(1401) 212
АМг2(1520)合金 ・・・・・・・・・・・ 217
АМг5(1550)合金 ・・・・・・・・・・・ 220
АМг6(1560)合金 ・・・・・・・・・・・ 226
6.4. 熱硬化性合金 ・・・・・・・・・・・・・・・・ 232
АВ合金 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 232
Д16合金 ・・・・・・・・・・・・・・・・ 236
1201合金 ・・・・・・・・・・・・・・・・ 241

АК6合金 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 246
АК8合金 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 248
1915合金 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 251
6.5. 鋳造用合金 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 256
АЛ2合金 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 256
АЛ9合金 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 257

7章 チタンとその合金 ・・・・・・・・・・・・・・ 261

7.1. 概説 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 261
7.2. 工業用チタンBT1-0 ・・・・・・・・・・・・・・ 266
7.3. α相組織を持つ合金 ・・・・・・・・・・・・・・ 270
BT5-1合金 ・・・・・・・・・・・・・・・ 270
0T4-1合金 ・・・・・・・・・・・・・・・ 275
7.4. α+β相組織を持つ合金 ・・・・・・・・・・・・ 278
BT3-1合金 ・・・・・・・・・・・・・・・ 278
BT6C合金 ・・・・・・・・・・・・・・・・ 282

8章 銅とその合金 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 286

8.1. 概説 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 286
8.2. 工業用銅 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 287
8.3. 黄銅 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 292
ЛК80-3Л黄銅 ・・・・・・・・・・・・・・ 292
Л63黄銅 ・・・・・・・・・・・・・・・・・ 294
ЛЖМц59-1-1黄銅 ・・・・・・・・・・・・ 297
8.4. 青銅 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 299
БрАЖМц10-3-1,5青銅 ・・・・・・・・・・ 299
БрАЖ10-4-4青銅 ・・・・・・・・・・・・ 302
БрБ2青銅 ・・・・・・・・・・・・・・・・ 303

文献 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 307