

金属熱処理技能士検定 受験講座

1 級 テキスト

(2019 年改訂版)

発刊に当って

この度は熱処理技能士検定受験講座を受講していただき真にありがとうございます。熱処理技術は物づくりの基盤技術です。日本の物づくりは世界一と高く評価されてきました。しかし多くの物づくり企業はその生産拠点を海外に置き、国内は空洞化しつつあります。それに歩調を合わせるように国内は財政と貿易の双子の赤字大国に突入してきました。

日本は資源の乏しい国故に技術開発、国内での物づくりが必要と言われてきました。その物づくり現場は全自動化がどんどん進み、その反面現場の技能、技術がどんどん低下してきています。全自動化は必要なことは十分理解できますが、その入力、指示は人間です。その現場の技能、技術低下では世界をリードするどころか立ち向かうことさえできません。

鉄鋼材料は依然として物づくりの中心的な素材であり、その特性を自由自在に引き出してあげるのが熱処理技術です。

とかく熱処理は難解と敬遠されており、その熱処理で多くの物づくり現場では苦労しています。

この講座を機会に熱処理技術を学び、熱処理技能資格者として企業そして、日本の物づくり力を高めていこうではありませんか。

技術開発が進む中、予想もしない技術が開発されています。

その1つは、超高純度鉄です。今までの鉄鋼材料は不純物での特性イコールその材料の特性と信じてきました。しかし超高純度金属は、全く今までと異なる性質を示しており、鉄鋼材料の大きな転換期が刻々と迫ってきています。

この流れに対応するためにも、今の鉄鋼材料及びその熱処理を理解しておくことは非常に大切です。

さあ、皆さん熱処理技能士の資格という翼を付け、日本の物づくりに大きくはばたいていこうではありませんか。

本講座はそういう皆様にきっとお役に立つと確信しております。

本講座編集にあたり、東部金属熱処理工業組合様、株式会社山本科学工具研究社様、白岡冶金株式会社様、株式会社ヨシノハード様、二起工業株式会社様各位には大変お世話になりました。紙上をお借りして御礼申し上げます。

平成26年6月吉日
山方技術士事務所
山方三郎

目次

ページ

目次	4
----	---

第1編 共通編

第1章 鉄鋼材料の特性	1
-------------	---

1 金属材料の結晶構造、凝固、冷却曲線と状態図	1
1・1 金属材料の概要	1
1・1・1 金属材料の結晶と状態変化	1
1・1・2 結晶構造	2
1・1・3 金属の状態変化	2
1・1・4 合金の冷却曲線と状態図	4
1・1・5 共晶形合金の状態図	5
1・1・6 固体金属の変態	6
1・2 純鉄の変態と結晶構造	6
1・2・1 加熱及び冷却に伴う純鉄の変態と結晶構造	7
1・2・2 炭素系の組織、鉄 — 炭素系平衡状態図	8
1・2・3 炭素鋼の組織と特徴	9

演習問題 共通編 第1章	11
--------------	----

第2章 基本的熱処理法	13
-------------	----

1 炭素鋼の基本的熱処理	13
1・1 焼なまし	14
1・1・1 完全焼なまし	15
1・1・2 球状化焼なまし	15
1・1・3 応力除去焼なまし	15
1・2 焼ならし	15
1・3 焼入れ	16
1・3・1 残留オーステナイトとサブゼロ処理	17
1・3・2 焼入性	18
1・3・3 焼入性と質量効果の評価	20
1・3・4 マルテンパとオーステンパ	20
1・4 焼戻し	21

1・5 等温変態曲線（TTT 曲線又はC曲線）	2 2
1・6 連続冷却変態曲線（CCT 曲線）	2 3
2 作業別による熱処理	2 4
2・1 プレステンパ	2 4
2・2 真空熱処理	2 4
2・3 塩浴熱処理	2 4
2・4 その他の表面処理	2 4
2・4・1 水蒸気処理	2 4
2・4・2 浸硫処理と浸硫窒化处理	2 4
2・4・3 ボロナイジング	2 5
2・4・4 イオン衝撃熱処理	2 5
演習問題 共通編 第2章	2 6
第3章 金属材料	2 8
1 鉄鋼材料	2 8
1・1 鉄鋼材料の製造	2 8
1・1・1 炭素鋼の製造工程	2 8
1・2 鋼塊の製造	3 0
1・2・1 リムド鋼	3 0
1・2・2 キルド鋼	3 0
1・2・3 セミキルド鋼	3 0
1・3 素材の欠陥	3 1
1・3・1 凝固で生ずる欠陥	3 1
1・3・2 熱間加工で生ずる欠陥	3 1
1・4 鉄鋼材料の種類とその熱処理	3 2
1・4・1 機械構造用炭素鋼	3 2
1・4・2 機械構造用合金鋼	3 3
1・4・3 ステンレス鋼	3 5
1・4・4 工具鋼	3 8
1・4・5 ばね鋼	4 1
1・4・6 軸受鋼	4 2
1・4・7 耐熱鋼	4 4
1・4・8 鋳鉄	4 4
1・4・9 鋳鋼	4 6

1・4・10 鍛鋼	4 7
1・4・11 アルミニウム合金	4 8
1・4・12 銅合金	4 9
1・4・13 チタン合金	5 0
1・5 鋼の性質に及ぼす熱処理の影響	5 1
1・5・1 硬さと引張強さ	5 1
1・5・2 衝撃値	5 1
1・5・3 疲れ強さ	5 1
1・5・4 被削性	5 1
1・5・5 耐摩耗性	5 2
1・5・6 耐食性	5 2
演習問題 共通編 第3章	5 3
第4章 表面硬化法の基礎	5 5
1 鋼の表面硬化	5 5
1・1 浸炭処理	5 5
1・1・1 浸炭の原理	5 5
1・1・2 浸炭の種類	5 6
1・2 ガス浸炭窒化	5 7
1・3 窒化処理	5 7
1・3・1 ガス窒化	5 7
1・3・2 ガス窒化処理作業工程	5 8
1・3・3 ガス軟窒化	5 9
1・3・4 プラズマ窒化（イオン窒化）	5 9
1・4 浸炭、窒化処理の不具合と対策	6 0
1・4・1 焼入変形	6 0
1・4・2 粒界酸化	6 0
1・4・3 過剰浸炭	6 0
1・4・4 浸炭硬化層深さ不足	6 0
1・4・5 窒化ムラ	6 0
1・4・6 窒化層はく離	6 1
2 高周波焼入れ	6 2
2・1 高周波焼入れの概要	6 2
2・2 高周波焼入れの誘導加熱原理と特徴	6 2
2・3 高周波焼入れの特徴	6 4

2・3・2	高周波焼入れの品質面の特徴	6 5
2・3・3	生産工程面の特徴	6 5
2・4	高周波熱処理作業	6 5
2・4・1	被加熱材の材質	6 5
2・4・2	焼入方法	6 5
2・4・3	焼入加熱条件（周波数設定）	6 6
2・4・4	焼入冷却剤	6 6
2・4・5	焼戻し	6 6
2・4・6	焼なまし	6 6
2・5	高周波焼入設備	6 7
2・5・1	高周波焼入設備の構成	6 7
2・6	高周波熱処理の欠陥と対策	6 8
2・6・1	焼入変形	6 8
2・6・2	焼割れ	6 8
2・6・3	焼むら	6 8
2・6・4	表面硬化層深さの不均一	6 8
2・6・5	溶損	6 8
2・6・6	置割れ	6 8
2・6・7	結晶粒の粗大化	6 9
3	炎焼入れ	6 9
3・1	燃焼ガス及び酸素の性質と特徴	6 9
3・2	炎の種類	6 9
3・3	炎焼入用火口	7 0
3・4	炎焼入れの方法	7 0
3・5	焼戻し作業	7 1
3・6	炎熱処理の欠陥と対策	7 1
3・6・1	焼入変形	7 1
3・6・2	焼割れ	7 1
3・6・3	焼むら	7 1
3・6・4	表面硬化層深さ不足	7 1
3・6・5	溶損	7 2
3・6・6	置割れ	7 2
3・6・7	結晶粒の粗大化	7 2
4	表面改質技術	7 2

演習問題 共通編 第4章	73
--------------	----

第5章 熱処理設備	75
-----------	----

1 加熱装置及び冷却装置	75
1・1 加熱装置	75
1・1・1 加熱炉の分類	75
1・1・2 各種加熱装置	80
1・1・3 熱処理設備の有効加熱帯および有効熱処理帯	83
1・2 冷却装置	84
1・2・1 冷却剤の種類と特徴	84
1・2・2 冷却装置の種類	85
2 熱処理油	86
3 前処理及び後処理	86
3・1 前処理及び後処理の種類と目的	86
3・1・1 脱脂	86
3・1・2 ショットブラスト、サンドブラスト	87
3・1・3 ショットピーニング	87
3・1・4 浸炭焼入れの際の浸炭防止	87
3・1・5 変形矯正	87
3・1・6 防錆処理	88

演習問題 共通編 第5章	89
--------------	----

第6章 温度測定法及び温度自動制御法	91
--------------------	----

1 温度測定に使用する機器の種類、構造及び使用方法	91
1・1 温度測定	91
1・1・1 温度測定の概要	91
1・2 熱電温度計	91
1・2・1 熱電対	91
1・2・2 基準接点と補償導線	93
1・2・3 熱電対の構造、シース熱電対	94
1・3 抵抗温度計	94
1・3・1 測温抵抗体	94
1・4 熱放射温度計	95
1・4・1 光高温計	95
1・4・2 赤外線温度計	96

1・5 示温塗料	9 6
1・6 温度測定器の校正	9 6
1・7 温度自動制御方式	9 6
1・7・1 制御方式	9 7
1・7・2 オン・オフ式温度制御（2 位置式制御）	9 7
1・7・3 比例制御式温度制御（P 式制御）	9 7
1・7・4 比例・積分制御式温度制御（PI 式制御）	9 7
1・7・5 比例・積分・微分制御式温度制御（PID 式制御）	9 8
演習問題 共通編 第6章	9 9
第7章 検査技術	1 0 1
1 材料の試験と検査	1 0 1
1・1 鉄鋼材料の機械的性質検査	1 0 1
1・1・1 硬さ試験	1 0 1
1・1・2 硬さ換算表の使用について	1 0 6
1・1・3 引張試験	1 0 6
1・1・4 衝撃試験	1 0 8
1・1・5 金属材料曲げ試験	1 0 9
1・1・6 ねじり試験	1 0 9
1・1・7 疲れ試験	1 0 9
1・1・8 摩耗試験	1 1 0
1・1・9 耐食試験	1 1 1
1・2 金属組織試験	1 1 1
1・2・1 顕微鏡組織試験	1 1 1
1・2・2 結晶粒度試験	1 1 2
1・2・3 非金属介在物試験	1 1 3
1・3 マクロ組織試験	1 1 4
1・3・1 鋼のマクロ組織試験	1 1 4
1・4 破面検査	1 1 5
1・5 サルファープリント試験	1 1 5
1・6 鋼の焼入性試験	1 1 5
1・7 冷却剤の冷却能試験	1 1 6
1・7・1 硬度測定（U 曲線）方法	1 1 6
1・7・2 冷却曲線による方法	1 1 7
1・7・3 焼入剤の冷却能	1 1 7

1・8 非破壊試験	1 1 7
1・8・1 浸透探傷法	1 1 8
1・8・2 磁粉探傷法	1 1 8
1・8・3 超音波探傷法	1 1 9
1・8・4 放射線透過試験方法	1 2 0
1・9 鋼の火花試験方法 (JIS G 0566)	1 2 0
1・10 脱炭層深さ、表面硬さ、硬化層深さの測定法	1 2 1
1・10・1 鋼の脱炭層深さ測定 (JIS G 0558)	1 2 1
1・10・2 鋼の浸炭硬化層深さ測定 (JIS G 0557)	1 2 1
1・10・3 鋼の窒化層表面硬さ測定 (JIS G 0563)	1 2 2
1・10・4 鋼の炎焼入及び高周波焼入硬化層深さ測定 (JIS G 0559)	1 2 2
1・11 残留応力の測定方法	1 2 2
演習問題 共通編 第7章	1 2 4
第8章 品質管理	1 2 6
1 品質管理の基礎	1 2 6
1・1 品質とばらつき及び品質管理	1 2 6
1・2 統計的品質管理	1 2 7
1・2・1 品質のばらつきの管理	1 2 7
1・2・2 品質管理に用いられる主な用語	1 2 7
1・3 ランダムサンプリング	1 2 8
1・4 度数分布曲線	1 2 8
2 品質管理図	1 3 0
2・1 管理図	1 3 0
2・2 $\bar{x}$ -R 管理図	1 3 1
2・3 管理図の見方	1 3 2
2・4 特性要因図	1 3 2
2・5 工程能力	1 3 2
2・6 散布図	1 3 3
2・7 パレート図	1 3 3
2・8 抜取検査	1 3 3
3 品質管理の効用	1 3 4

演習問題 共通編 第8章	135
第9章 機械工作法	136
1 機械工作	136
1・1 鑄造加工	136
1・1・1 特殊鑄造法	137
1・1・2 鑄造品の欠陥と検査	138
1・2 塑性加工	138
1・2・1 鍛造	138
1・3 溶接	139
1・3・1 溶接法の種類	139
1・3・2 その他の溶接法	139
1・3・3 溶接部の欠陥	140
1・4 工作機械	141
1・4・1 旋盤	141
1・4・2 フライス盤	142
1・4・3 研削盤	142
1・4・4 ボール盤	144
演習問題 共通編 第9章	145
第10章 製図	146
1 製図と規格	146
1・1 規格	146
1・1・1 図面の規格	146
1・1・2 図面に用いる線と文字	147
1・1・3 文字	148
1・2 投影図のかき方	148
1・2・1 正投影図	148
1・2・2 第3角法	148
1・3 図形の表し方	149
1・3・1 断面図示	149
1・3・2 断面図の種類	149
1・3・3 断面図示しないもの	150
1・4 基本的な寸法記入法	151
1・4・1 寸法記入の方法	151

1・4・2	いろいろな寸法記入法	1 5 2
1・4・3	寸法記入についての留意事項	1 5 4
1・5	面の肌	1 5 4
1・5・1	表面粗さ	1 5 4
1・5・2	加工面仕上げの図示方法	1 5 5
1・6	ねじ、歯車などの図示	1 5 6
1・6・1	ねじの図示	1 5 6
1・6・2	ねじのあらわし方	1 5 6
1・6・3	ねじ製図におけるねじの表し方の記入例	1 5 6
1・7	歯車製図	1 5 9
1・7・1	歯車の図示	1 5 9
1・8	主な金属の材料記号	1 6 1
1・8・1	材料記号	1 6 1
1・9	はめあい方式の用語、種類、等級等	1 6 3
1・9・1	はめあい	1 6 3
演習問題 共通編 第10章		1 6 5
第11章 電気		1 6 6
1	電気回路	1 6 6
1・1	直流と交流	1 6 6
1・2	電気回路	1 6 7
1・3	オームの法則	1 6 9
1・4	電圧降下	1 6 9
1・5	抵抗の接続	1 7 0
1・6	抵抗の性質	1 7 0
1・6・1	導体の抵抗	1 7 0
1・6・2	いろいろな抵抗	1 7 1
1・6・3	抵抗の測定	1 7 2
1・7	電気エネルギー	1 7 2
1・7・1	電流の発熱作用	1 7 2
1・8	交流回路と交流波形	1 7 4
1・8・1	交流とは	1 7 4
1・8・2	電気方式	1 7 5
1・9	三相交流	1 7 5
1・9・1	三相交流の発生	1 7 5

1・9・2 三相交流の利用	176
1・10 制御	177
1・10・1 シーケンス制御	177
演習問題 共通編 第11章	179
第12章 関係法令	180
1 公害の防止	180
1・1 公害対策と企業	180
1・2 環境基本法と公害対策	180
1・2・1 環境基本法の目的(第1条)	181
1・2・2 事業者の責務(第8条)	181
1・2・3 環境基本計画(第15条)	181
1・2・4 環境基準(第16条)	181
1・3 大気汚染防止法	181
1・3・1 大気汚染防止法の目的	181
1・3・2 発生施設の設置の届け出	181
1・4 水質汚濁防止法	182
1・4・1 水質汚濁防止法の目的	182
1・4・2 特定施設の設置の届け出	182
1・5 騒音規制法	182
1・5・1 騒音規制法の目的	182
1・5・2 特定施設の設置の届け出	183
1・5・3 発生施設の設置の主な種類	183
1・6 悪臭防止法	183
1・6・1 悪臭防止法の目的	183
1・7 振動規制法	183
1・7・1 振動規制法の目的	183
第13章 安全衛生	184
1 安全と環境の管理	184
1・1 安全管理	184
1・1・1 安全管理	184
1・1・2 安全管理の取り組み	184
1・1・3 労働災害	184
1・1・4 労働災害の防止	185

1・2 機械・設備の安全対策	185
1・2・1 作業点における災害防止のための一般的な措置	185
1・3 機械による運搬作業	186
1・3・1 クレーンによる運搬	186
1・3・2 玉掛け用具	186
1・4 手工具	186
1・4・1 手工具の管理、保管	186
1・4・2 手工具類の運搬	187
1・5 電気工作物の保安に関する法規	187
1・5・1 電気事業法	187
1・5・2 電気設備技術基準	187
1・6 危険物	188
1・6・1 主な危険物	188
1・6・2 爆発・火災災害の防止	188
1・7 有害物	188
1・7・1 有害物抑制装置	189
1・7・2 有害物抑制装置の留意事項	189
1・8 作業標準	189
1・8・1 作業手順の作成順序	189
1・8・2 熱処理装置の取り扱い作業標準	189
1・9 安全点検	190
1・9・1 安全衛生点検	190
1・9・2 作業開始時の点検	190
1・9・3 定期の点検	190
1・10 業務上疾病の原因とその予防	191
1・11 整理整頓・清潔の保持	191
1・11・1 整理整頓の目的	191
1・11・2 整理整頓の要領	191
1・11・3 清潔の保持	191
1・12 事故等における応急措置および待避	192
1・12・1 異常事態の発見時の措置	192
1・13 退避	192
1・14 労働安全衛生法とその関係法令	192
1・14・1 総則	192
1・14・2 関係法令	192

1・14・3 労働安全衛生法の目的（法第1条）	193
1・15 労働安全衛生管理体制	193
1・15・1 総合的安全衛生管理者（法第10条）	193
1・15・2 安全管理者（法第11条）	193
1・15・3 衛生管理者（法第12条）	193
1・15・4 作業主任者（法第14条）	194
1・16 労働災害を防止するための労働者の責務	194
1・16・1 労働者の責務	194
1・16・2 労働安全衛生規則に基づき労働者が守るべき措置	194
演習問題 共通編 第13章	196
1級 共通編 各章 演習問題 解答・解説	197
第2編 選択編・熱処理作業	203
第1章 一般熱処理作業	204
1・1 焼なまし処理	204
1・1・1 完全焼なまし（JIS記号：HAF）	204
1・1・2 等温焼なまし（JIS記号：HAI サイクルアニーリングともいう）	205
1・1・3 球状化焼なまし（JIS記号：HAS）	206
1・1・4 応力除去焼なまし（JIS記号：HAR）	207
1・2 焼ならし	207
1・2・1 普通焼ならし	207
1・3 焼入れ	208
1・3・1 焼入れ処理（クエンチング JIS記号：HQ）	208
1・3・2 マルテンサイト変態	209
1・3・3 マルテンサイト変態の開始と終了	210
1・4 焼戻し	210
1・4・1 焼戻しの目的	210
1・4・2 焼戻しの加熱領域	210
1・4・3 各焼戻し温度における炭素の挙動	211
1・4・4 焼戻しぜい性	212
1・5 冷却剤	213
1・5・1 冷却剤の種類	213
1・5・2 各冷却剤の特性	214

1・6 雰囲気ガスの種類とその特性	215
1・6・1 雰囲気ガスの種類とその変成方法	215
1・6・2 雰囲気制御の種類と原理	218
2 鉄鋼材料の熱処理	222
2・1 最小限知っておきたい鉄鋼材料の主な鋼種の主成分とその熱処理方法	222
2・1・1 機械構造用炭素鋼：S45C	222
2・1・2 機械構造用合金鋼：SCM440（強靱鋼）	223
2・1・3 炭素工具鋼：SK120（過共析鋼）	224
2・1・4 合金工具鋼（SKS93）	225
2・1・5 高速度工具鋼	227
2・1・6 ステンレス鋼	228
2・1・7 高炭素クロム鋼（軸受鋼 SUJ2）	228
2・1・8 バネ鋼（SUP6）	229
3 一般熱処理における不具合事例の解説	230
3・1 酸化	230
3・2 脱炭について	230
3・3 残留オーステナイトについて	231
3・4 歪について	234
3・5 焼割れについて	234
3・6 割れ・置き狂い	235
3・7 結晶粒の粗大化	235
3・8 研磨割れ（研削割れ）	236
3・9 焼戻しぜい性	236
3・10 焼戻し割れ	237
3・11 軟点	238
3・12 内部硬さ不足	238
3・13 心部組織異常	239
学科試験 演習問題	240
実技試験（計画立案等作業試験）選択編 演習問題	242
不具合 演習問題	250
第2章 浸炭・浸炭窒化・窒化作業	252

1 雰囲気ガス	252
1・1 雰囲気ガスの種類とその特性	252
2 浸炭の原理と種類	252
2・1 浸炭処理について	252
2・2 固体浸炭	253
2・3 液体浸炭（塩浴浸炭）	253
2・4 ガス浸炭	253
2・4・1 ガス浸炭処理の三原則	253
2・4・2 ガス浸炭雰囲気ガスの種類とその作製方法	254
2・4・3 ガス浸炭処理の実際	256
2・4・4 雰囲気制御の種類と原理	257
2・4・5 全浸炭層深さの求め方	260
2・4・6 ガス浸炭処理の実操業例	261
2・4・7 冷却剤の種類	262
2・4・8 各冷却剤の特性	263
2・5 プラズマ浸炭法	264
2・6 真空浸炭（減圧浸炭）	264
2・7 浸炭窒化処理	265
3 窒化・軟窒化処理	266
3・1 窒化、軟窒化の定義	266
3・1・1 窒化・軟窒化の種類	266
3・2 ガス窒化について	266
3・2・1 ガス窒化の原理	267
3・2・2 窒化鋼及び窒化用材料	268
3・2・3 ガス窒化作業方法	268
3・3 軟窒化について	271
3・3・1 塩浴軟窒化処理法	271
3・3・2 ガス軟窒化処理法	271
3・4 プラズマ窒化について	273
4 浸炭・浸炭窒化、窒化・軟窒化における不具合事例について	274
4・1 粒界酸化（内部酸化）	274
4・1・1 現象とその発生	274
4・1・2 粒界酸化による影響	275
4・2 過剰浸炭	275
4・2・1 原因	275

4・2・2 対策	276
4・3 浸炭硬化層深さ不足	276
4・3・1 原因	276
4・3・2 対策	276
4・4 浸炭ムラ	276
4・4・1 原因	277
4・4・2 対策	277
4・5 窒化ムラ	277
4・5・1 原因	277
4・5・2 対策	277
4・6 窒化層のはく離	277
4・6・1 対策	278
学科試験 演習問題	279
実技試験（計画立案等作業試験）演習問題	281
不具合演習問題	289
第3章 高周波・炎焼入作業	292
1 高周波焼入れ	292
1・1 高周波焼入れとは	292
1・1・1 高周波焼入れの誘導加熱原理と特徴	292
1・1・2 高周波焼入れの概要	294
1・1・3 高周波焼入設備	295
1・1・4 高周波焼入れと鋼の変態点、組織、硬さの特徴	297
1・1・5 高周波焼入れの品質面の特徴	298
1・1・6 生産工程面の特徴	298
1・2 高周波熱処理作業	298
1・2・1 被加熱材の材質	298
1・2・2 焼入方法	299
1・2・3 焼入加熱条件（周波数設定）	299
1・2・4 焼入冷却剤	300
1・2・5 焼戻し	300
1・2・6 焼なまし	300
1・3 高周波焼入れにおける不具合について	300

1・3・1	高周波焼入れにおける焼割れ	300
1・3・2	焼入変形	301
1・3・3	溶損	301
1・3・4	硬化層深さ不足	301
1・3・5	硬さ及び組織の不均一	301
1・3・6	置割れ	302
1・3・7	結晶粒の粗大化	302
2	炎焼入れ	303
2・1	燃焼ガス及び酸素の性質と特徴	303
2・2	炎の種類	303
2・3	炎焼入用火口	304
2・4	炎焼入れの方法	304
2・4・1	加熱速度とその調整	304
2・4・2	前処理と予熱	304
2・4・3	加熱温度とその温度測定、冷却及び冷却剤	304
2・5	焼戻作業	305
2・6	炎熱処理の欠陥と対策	305
2・6・1	焼入変形	305
2・6・2	焼割れ	305
2・6・3	焼ムラ	305
2・6・4	表面硬化層深さ不足	305
2・6・5	溶損	306
2・6・6	置割れ	306
2・6・7	結晶粒の粗大化	306
学科試験	演習問題	307
実技試験（[計画立案等作業試験]	演習問題	309
不具合演習問題		316
選択編	各演習問題の解答・解説	318
第4章	熱処理不具合とその対処法	325
1	熱処理における不具合現象の種類とその特徴	325

第 3 編 実技試験編（判断等試験）	327
第 1 章 基本的 組織写真	328
第 2 章 実技試験（判断等試験）	337
1. 火花試験	338
2. 顕微鏡写真による組織判定	341
3. 組織写真による熱処理条件判定	343
4. 変形測定	344
5. 脱炭層深さ及び硬化層深さ測定	346
5・1 脱炭層深さ測定	333
5・2 浸炭硬化層深さ測定	334
5・3 硬化層深さ測定	338
1 級 実技試験（判断等試験） 演習問題	340
演習問題の解答	347
索引	362
巻末資料	384

第1編 共通編

共通編 第1章からは第7章は金属熱処理の基礎知識として大変重要な内容となっております。

第1章	鉄鋼材料の特性	P1
第2章	基本的熱処理法	P13
第3章	金属材料	P28
第4章	表面硬化法の基礎	P55
第5章	熱処理設備	P75
第6章	温度測定法及び温度自動制御法	P91
第7章	検査技術	P101

第8章から第13章については、技能士検定試験において欠かせない関連知識となっております。

第8章	品質管理	P126
第9章	機械工作法	P136
第10章	製図	P146
第11章	電気	P166
第12章	関係法令	P180
第13章	安全衛生	P184

第 1 章 鉄鋼材料の特性

学習の要点

1. 金属材料の特性

- 1) 金属の結晶構造（体心立方格子、面心立方格子）を理解する。
- 2) 金属の凝固過程を理解する。
- 3) 金属の冷却曲線と状態図の基礎を理解する。

2. 鉄-炭素系平衡状態図について次に掲げる事項の一般的事柄を理解する。

- 1) 平衡状態図 図中の主要な線、交点の名称、組成、組織、及び温度
- 2) 包晶反応、共晶反応、共析反応。
- 3) 用語の意味 α 、 A_1 α 、 A_3 δ 、 A_{cm} γ 、固溶体
木、亜共析、共析及び過共析 γ 、共晶
ト、同素変態及び磁気変態

3. 炭素鋼の組織と特徴について一般的知識を有する。

- 1) 亜共析鋼
- 2) 共析鋼
- 3) 過共析鋼

1 金属材料の結晶構造、凝固、冷却曲線と状態図

1・1 金属材料の概要

金属材料は、金属光沢をもち、熱や電気の良い導体であり、強さや展延性に富み加工性も優れており、線・棒・管・板等加工し多用されています。特殊目的以外では、一種類の金属元素である純金属として用いることは少なく、純金属より強さ、硬さの高い合金として多く用いられます。

また、金属材料は一般に鉄鋼材料と非鉄金属材料に分類されます。

1・1・1 金属材料の結晶と状態変化

金属は、図 1・1-1 に示すように常温では一般に結晶粒の集合体である多結晶体（水銀は例外）です。

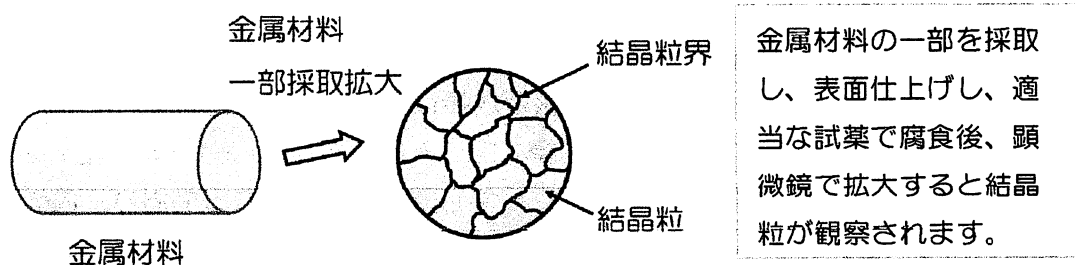


図 1・1-1 金属の結晶粒

1・1・2 結晶構造

固体の金属は、原子が規則正しく配列された多数の結晶より構成され、この原子の集まりかたを示すものを結晶構造といいます。この規則正しい原子配列を結晶格子といい、ほとんどの金属は、図 1・1-2 のように体心立方格子、面心立方格子、ちゅう密六方格子のいずれかに属しています。

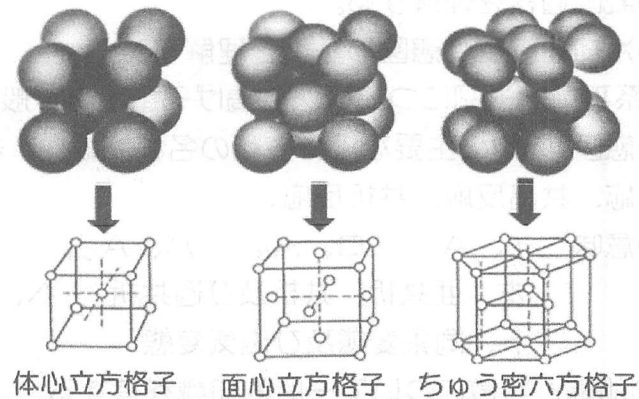


図 1・1-2 金属の結晶構造

1・1・3 金属の状態変化

金属を加熱すると、ある温度で原子の配列がくずれ、固体から液体（融液）に変化します。この現象を融解といい、その温度を融点といいます。

（図 1・1-3）

1) 金属の凝固過程

金属が溶けている状態を融液（融体）といい、この状態では、金属原子は、自由に動き回って

います。それが徐々に冷却されその金属固有の融点以下になるとある温度で結晶の核ができ（図 1・1-4 (a)）、その核が成長してその金属特有の規則正しい配列の結晶となります。その結晶を拡大して模式的にみると（図 1・1-4 (b)）のように結晶が、ちょうど樹木のような形に成長した結晶組織となっており、この組織を樹枝状組織（デンドライト）といいます。この結晶の境界を結晶粒界といい、それぞれの結晶を結晶粒といいます。また融体から固体に変わることを凝固といいこの温度を凝固点といいます。このように温度により相が変わることを変態ともいい、その温度を変態点といいます。

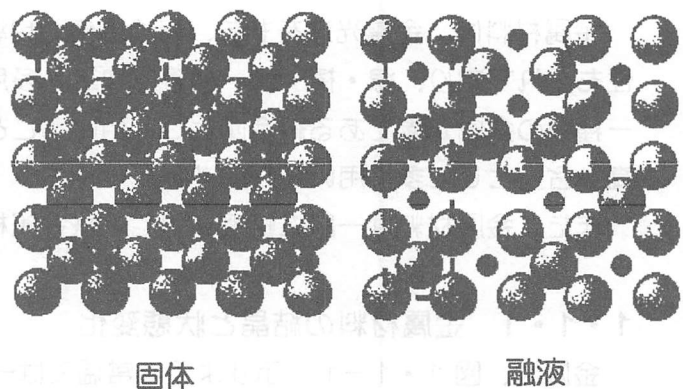


図 1・1-3 原子の配列

金属の融点で結晶核が出来ず、融点以下で結晶核が出来る現象を過冷といいます。

合金元素を含む溶融金属が凝固するとき凝固の時間的ずれによって材料の表面と内部で濃度の異なる組織になることがあります。これを偏析といいます。

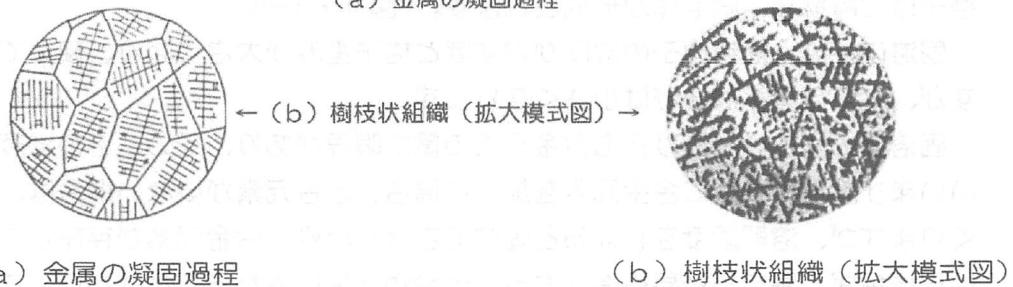
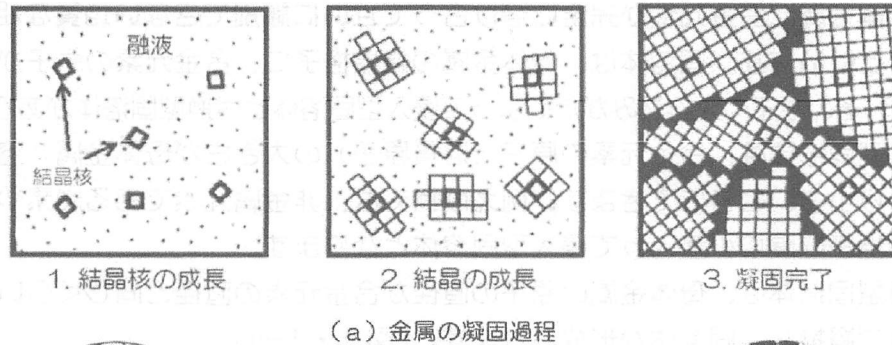


図 1・1-4 金属の凝固

2) 金属の冷却曲線

溶融金属が徐々に冷却する状態を温度と時間の関係で図示すると図 1・1-5 のようになります。この曲線を冷却曲線といいます。

純金属は、図 1・1-5 の (a) のようにほぼ一定温度で凝固しますが合金の場合は、2 種類以上の元素が溶け合っているので、一定温度で凝固は終わらず、

(b) 合金の冷却曲線のようにある一定温度範囲で凝固が進行します。

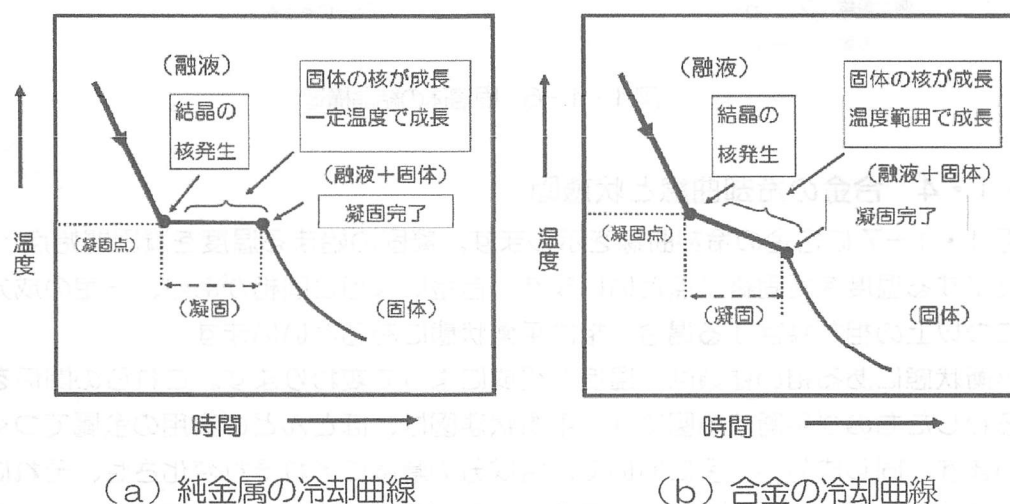


図 1・1-5 金属の凝固過程

3) 固溶体

合金において、溶け合っている金属、又は非金属の各元素を成分といい、その成分の量の割合を組成といいます。2種類の成分からできている合金を二元合金といいます。また母体金属に合金元素が完全に溶け合って互いに識別できない均質な組織の固体を固溶体といいます。固溶体は、母体金属の結晶格子に、合金元素の原子が入り込んだもので、その原子の入り込みかたによって侵入型固溶体と置換型固溶体があります。

侵入型固溶体は、合金元素の原子（溶質原子）の大きさが母体金属（溶媒原子）のそれより小さいときにできます。例えば鋼では、非金属元素である炭素や窒素、水素が鉄の格子間隔に少量入って侵入型固溶体となります。

置換型固溶体は、母体金属の原子の直径が合金元素の直径と同じくらいのときに、格子点で置換し、固溶体が形成されます。（図 1・1-6）

固溶体では、溶質原子の濃度が増すほど格子歪みが大きくなり、硬くて強くなりますが、電気伝導率や伸びは小さくなります。

固溶体の多くは、溶け込む合金元素の量に限界があり、そのときの濃度を溶解度といいます。母体金属に合金元素を加えた場合、合金元素が少ない場合は、固溶体をつくれますが、溶解限度を超えると固溶できなくなり、合金元素が存在したり、あるいは母体金属と異なる結晶構造をもった化合物が生成されることがあり、これを金属間化合物といいます。

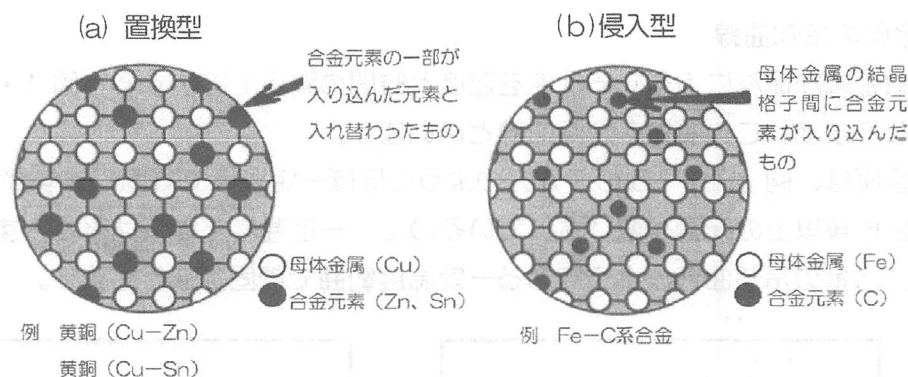


図 1・1-6 固溶体の結晶構造

1・1・4 合金の冷却曲線と状態図

図 1・1-7 に合金の冷却曲線を示します。凝固の始まる温度を凝固開始点、凝固の終了する温度を凝固終了点といいます。合金に液相と固相があり、一定の成分濃度で二つ以上の相が共存する場合、相は平衡状態にあるといいます。

平衡状態にある相の種類は、温度と組成によって変わります。これらの関係を図であらわしたものが平衡状態図です。平衡状態図は、ほとんどの実用の金属でつくられています。同じ成分の合金において、各成分の濃度にそれぞれ変化させ、それに対応した冷却曲線をつくり各曲線の凝固開始点と凝固終了点を濃度の順に並べてつなぎ

合わせると状態図ができます。図 1・1-8 では、(a) の冷却曲線から (b) の状態図ができます。(b) の状態図において、a e、b e 線は、各種濃度の凝固始めの点を連結したもので、液相線といいます。また、c e d 線は凝固完了点を連結したもので固相線といいます。液相線と固相線との間は、いわゆる凝固区間で液相と固相が共存している界域です。

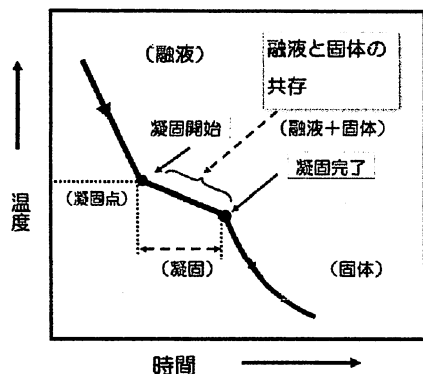


図 1・1-7 合金の冷却曲線

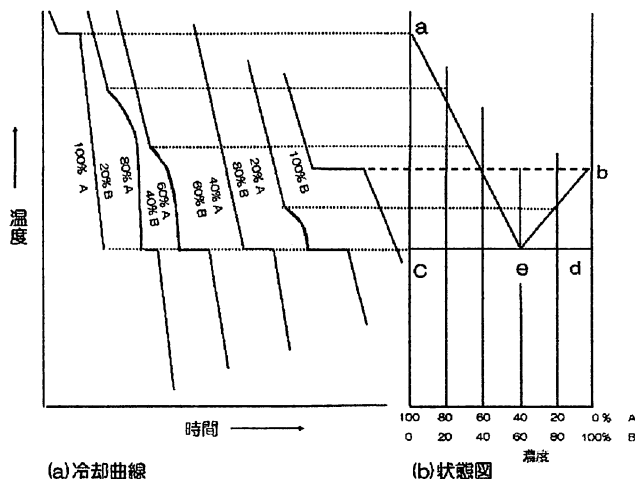


図 1・1-8 合金の冷却曲線と状態図の関係

1・1・5 共晶形合金の状態図

A、Bの金属が融液では完全に溶け合っていますが固体では全く溶け合わない、A金属とB金属の微細な結晶が混じり合っている組織になります。

このように一つの融体から同時に二つの異なる金属が晶出されることを共晶反応といい、その温度を共晶点といいます。そのとき形成される組織を共晶組織といいます。また一方共晶反応を起こした後、固体の一部が溶け合ってA、Bの金属が互いにある範囲の固溶体をつくる場合もあります。

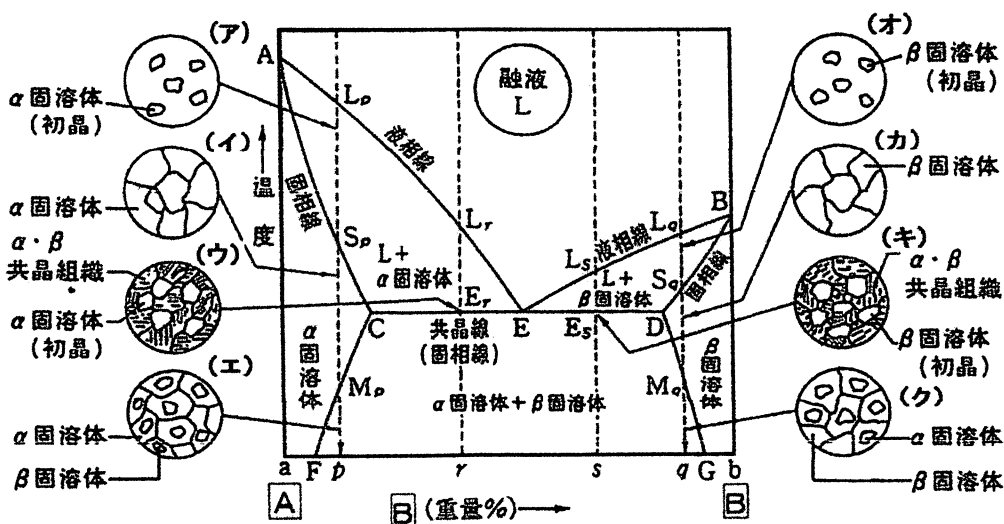


図 1・1-9 共晶形合金の状態図

図 1・1-9 で、**A**、**B**の両金属が融液では完全に溶け合っていますがある一定の温度で共晶反応を起こし、**A**金属と**B**金属の微細な結晶を晶出（融液から結晶が出てくる現象）し、後にさらに固体の一部が溶け合って互いにある範囲の固溶体を作る場合です。この図において、ACF a 内の範囲とBDG b 内の範囲に、それぞれ異なった 2 種類の固溶体が生成されます。この名称をそれぞれ α 固溶体、 β 固溶体としています。

いま、点 P の組成濃度合金を融液から冷却する場合、点 L_p の温度で液相線と交わり融液から**A**金属の初晶（共晶反応の前に晶出した結晶）を晶出し始め、点 S_p の温度で固相線と交わり凝固が終了し均一な α 固溶体となり、さらに曲線 CF 上の点 M_p の温度では、 α 固溶体から β 固溶体を析出（一つの結晶から別の結晶が出てくる現象）して α 固溶体と β 固溶体の混在した組織となります。

曲線 CF は、**A**金属に対する**B**金属の固溶限度を示す曲線で、溶解度曲線といえます。また点 q の組成濃度融液から冷却した場合は、点 L_q の温度で液相線と交わり融液から**B**金属の初晶を晶出し始め、点 S_q の温度で固相線と交わり凝固が終了し、均一な β 固溶体となります。点 S_q 以下の温度では、**A**金属と**B**金属を入れ替えば、P の組成濃度合金と同様となります。

点 r、点 s の各組成合金の融液からの冷却では、点 L_r の温度で α 固溶体、点 L_s の温度で β 固溶体が初晶として凝固し始め、点 E_r、点 E_s の温度で α 固溶体と β 固溶体が同時に晶出して共晶組織となります。また、図 1・1-9 の図中で、(ア)～(ク) はそれぞれの界域での組織を模式的に示しています。例えば、(ア) では、初晶として晶出した α 固溶体と融液が共存し、(エ) では、 α 固溶体から β 固溶体が析出した組織を示しています。

1・1・6 固体金属の変態

合金等において融体から固体になる状態変化のほかに、固体の状態でも温度変化で結晶の原子配列が変化したり、機械的性質等が変化するものがあります。

このような結晶構造の状態変化も変態といい、変態の起こる温度が変態点です。

1・2 純鉄の変態と結晶構造

鉄鋼材料の性質に大きな影響を与える合金元素は炭素 C で、この炭素含有量によって純鉄、鋼、鋳鉄の三つに大別されます。

炭素鋼は、最大 2.14% までの炭素を含む鉄 Fe と炭素 C の合金です。また炭素鋼は、一般に炭素量が多くなると引張強さや硬さが増加し、伸びや絞りが減少して展延性が小さくなります。炭素鋼は 0.6% C 以下のものが広く用いられており、適当な硬さと粘り強さを具備しています。0.6～2.14% C の炭素鋼は、前述の炭素鋼に比して延性が小さく加工しにくいので強さ、硬さを生かした使い方をするものに使用されています。また炭素鋼は、加熱と冷却の仕方によって性質が変化します。

1・2・1 加熱及び冷却に伴う純鉄の変態と結晶構造

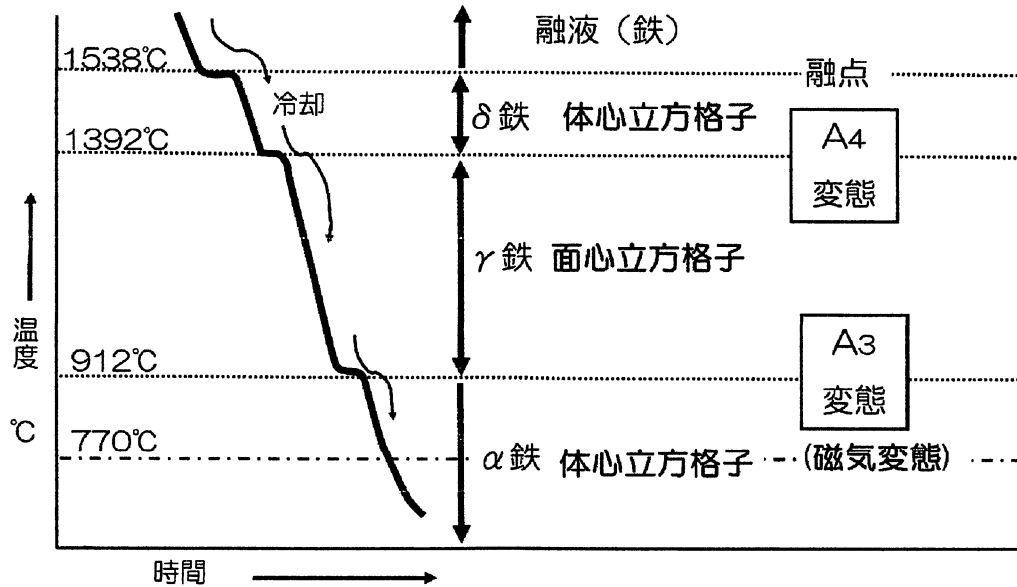


図 1・1-10 純鉄の冷却曲線と変態

純鉄（0.02%C 以下）は、融液の状態から冷却すると、図 1・1-10 で示すように 1538℃で凝固が始まり、相が変化します。さらに冷却されると 1392℃と 912℃で冷却曲線に変化があらわれます。これは結晶の原子配列が変わる変態によるものです。

純鉄は、1538℃の凝固で結晶構造が体心立方格子となり、これを δ 鉄といいます。1394℃では結晶構造が面心立方格子に変わりこれを γ 鉄といい、この変態を A_4 変態といいます。また 912℃では結晶構造が再び体心立方格子に変わり、これを α 鉄といい、この変態を A_3 変態といいます。 A_4 変態及び A_3 変態では、体積変化がありこれは同じ元素で結晶構造が変化することから同素変態といいます。

また α 鉄は、約 770℃で結晶構造は変わりませんが、磁気が常磁性体から強磁性体となります。これを磁気変態（ A_2 変態）といいます。

1・2・2 炭素系の組織、鉄 — 炭素系平衡状態図

- ① A_o線 セメントタイトの磁気変態点
- ② A₁線 昇温でオーステナイトが出てくる温度 (727℃)
- ③ A₁点 共析反応 ($\gamma \rightarrow \alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ (パーライト)) を起こす点 (0.77C)
- ④ A₂線 フェライトの磁気変態点 (770℃)
- ⑤ A₃点 フェライトがオーステナイトになる点 (912℃)
- ⑥ A₃線 亜共析鋼でオーステナイトから初析フェライトが析出する線
- ⑦ A₄点 オーステナイトから δ 鉄になる温度 (1392℃)
- ⑧ A_{cm}線 過共析鋼でオーステナイトから初析セメントタイトが析出する線
- ⑨ α 固溶体 炭素を 0.02% しか固溶しない。組織名をフェライトという
- ⑩ γ 固溶体 広い C 固溶限をもつ。組織名をオーステナイトという

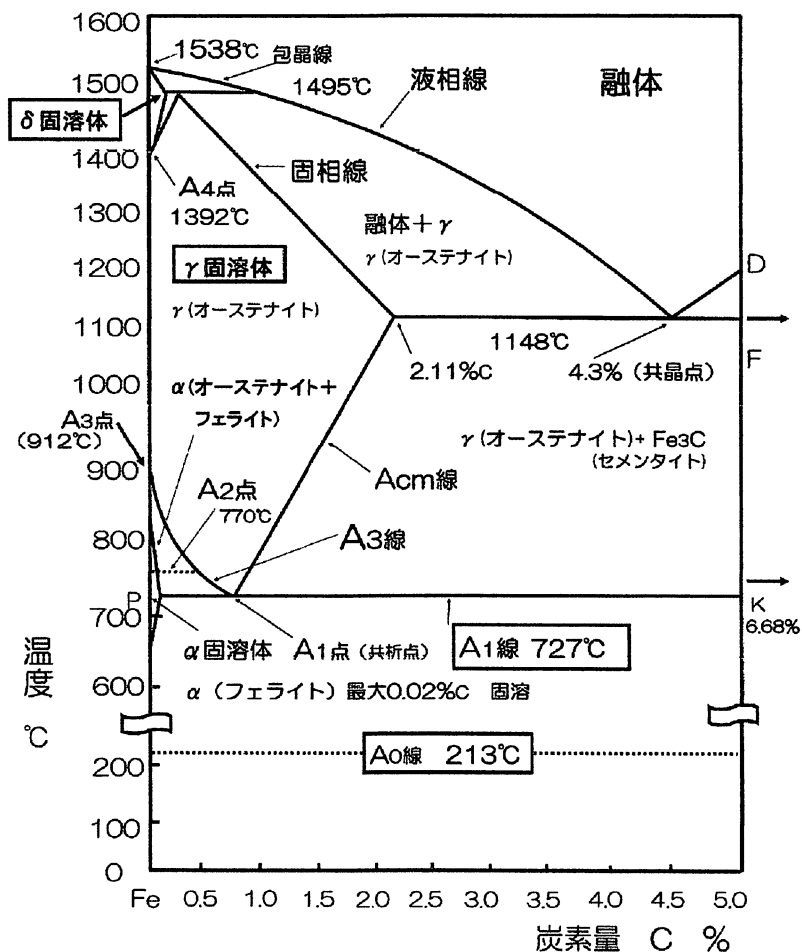


図 1・1-11 Fe-C系 (鉄-炭素系) 平衡状態図

鋼において、C (炭素) 量と温度を変化させたときの状態を表すグラフを Fe-C 系 (鉄-炭素系) 平衡状態図といいます。それを図 1・1-11 に示します。

以下

索引

索引

あ

アークハイト.....	85
アーク溶接.....	136
亜共析鋼.....	10, 15
悪臭防止法.....	180
アセチレン(C_2H_2).....	67
アセチレンガス.....	136, 257
後処理.....	84
穴と軸.....	160
油焼入れ.....	83
α 固溶体 (フェライト).....	10
α 鉄.....	9
アルミナ (Al_2O_3).....	80
アルミナ・シリカファイバ.....	80
アルミニウム合金.....	47
安全管理.....	181
安全管理者.....	190
アンペア(単位記号 A).....	164

い

イオン衝撃熱処理.....	25
一段窒化処理.....	56
一端焼入方法(ジョミニー試験).....	19
鋳物.....	133
インベストメント鋳造法.....	135

え

Hバンド.....	19
Ar_1 点.....	14
Ar' 変態.....	16
Ar'' 変態.....	14, 16
Ae_1 点.....	14

A _{e1} 変態	2 2
A ₁ 線	1 6
A ₁ 線 (727℃)	1 0
A ₁ 変態	1 0
A ₃ 線 (GS 曲線)	9
A ₃ 線	1 5, 1 6
A ₃ 線	1 4
A ₃ 変態点	9
A ₃ 変態	7
A _{c1} 点	1 4
A ₄ 変態	7
A _{cm} 線	9
A _{cm} 線	2 0
A _{cm} 線	1 5
液相線	5
液体浸炭	5 4
X線応力測定法	1 2 1
管理図	1 2 8
$\bar{X}-R$ 管理図	1 2 8
SACM 645	5 5
SUH材	4 3
S45C	1 8
HNX ガス	213
エッチング (腐食)	1 0 9
NH ₃ ガス	258
NX ガス	212
FeN	2 5
Fe - N 系平衡状態図	260
Fe ₃ N	260
Fe ₄ N	260
Fe ₂ B 層	2 5
Fe ₂ N	260
FeB 層	2 5
Fe - C 系 (鉄 - 炭素系) 平衡状態図	8
Ms 点	1 6
Mf 点	1 6

エレクトロスラグ溶接.....	1 3 6
円筒研削盤	1 4 0
塩浴軟窒化	264
塩浴熱処理	2 4
塩浴冷却剤	8 3
塩浴冷却材	210
塩浴冷却材	257
塩浴炉	7 9
エンリッチガス	5 4, 249

お

黄銅.....	4 8
応力 一ひずみ線図	1 0 5
応力除去焼なまし	1 5
オーステナイト	9
オーステナイト結晶粒.....	1 1 1
オーステナイト組織.....	1 6
オーステンパ	2 0
オーステンパ球状黒鉛鑄鉄.....	4 5
置き狂い.....	230
置割れ	6 6, 7 0, 230
オン・オフ式温度制御.....	9 5
温度検出素子	1 6 8

か

外形線	1 4 8
過共析鋼	1 5
角度の寸法線	1 5 0
加工法の記号	1 5 2
加工面仕上げの図示	1 5 2
過剰浸炭	5 8, 268
ガス浸炭	5 4
ガス浸炭窒化	5 5
ガス窒化	5 5, 259
ガス窒化処理	261
ガス軟窒化	264

ガス軟窒化処理	5 7, 265
ガス溶接	1 3 6
化成処理	8 6
片側断面図	1 4 7
硬さ換算	1 0 4
硬さ試験	9 9
型鍛造	1 3 5
金型用工具鋼	3 8
加熱コイル（誘導子）	6 5
加熱装置	7 3
加熱ムラ	230
過冷オーステナイト	2 2
下部ベイナイト	2 3
下部臨海冷却速度	1 6
下方管理限界	1 2 7
環境基本計画	1 7 8
環境基本法	1 7 7
関係法令	1 8 9
完全焼なまし	1 5
γ 固溶体（オーステナイト）	1 0
γ 鉄	7, 9
管理限界	1 2 7
管理限界（3 シグマ法）	1 2 6
管理図	1 2 7

き

機械構造用合金鋼	3 2
機械構造用炭素鋼	3 1
機械製図	1 4 3
規格限界	1 2 3
基準接点	8 9
基準線	1 4 8
起電力	1 6 5
基本公差	1 6 1
基本的 組織写真	314
基本臨界直径（Do）	1 9

キャリアー（搬送）ガス.....	5 4
キャリアーガス	213
QC 七つ道具	1 2 4
球状化焼なまし	1 5
球状黒鉛鑄鉄	4 4
吸熱型変成式ガス浸炭法.....	5 4
吸熱型変成炉	5 4, 211
凝固開始点	4
凝固区間	5
凝固終了点	4
凝固点	2
強磁性体	7
共晶組織.....	5
共晶点.....	5
共晶反応	5
共析鋼	1 5
共析反応	1 0
凝着抑制効果	2 4
業務上疾病	1 8 8
許容電流	1 7 0
キルト鋼	2 9, 3 1
近接効果	6 2
金属間化合物	3 5
金属間化合物 (Ni ₃ Al)	3 5
金属管シース	9 1
金属材料のねじり試験	1 0 7
金属材料曲げ試験方法.....	1 0 7
金属組織試験	1 0 9

く

クーロン(単位記号 C)	1 6 4
クレーンによる運搬	1 8 3

け

珪酸塩 (SiO ₂)	8 0
結晶格子	2

結晶構造	2
結晶組織	2
結晶粒界	2
結晶粒度の顕微鏡試験方法	1 1 0
結晶粒の粗大化	6 7, 7 0, 230
月例点検	1 8 7
ケルビン (K) (熱力学温度の単位)	8 9
研削盤	1 3 9
減衰能	4 3
顕微鏡組織試験	1 0 9
研磨割れ	231

こ

高圧	1 7 2
高温焼戻しぜい性	207
硬化層深さ及び脱炭層深さ測定	331
合金工具鋼	3 8
工具鋼	3 6
高周波焼入れ	6 0
高周波焼入硬化層深さ測定	332
高周波焼入設備	6 5
合成抵抗	1 6 7
高速度工具鋼	1 8, 3 9
高速度鋼付刃バイト	1 3 8
高炭素鋼ばね	4 0
工程能力	1 2 9
鋼の浸炭硬化層深さ測定	1 2 0
鋼の脱炭層深さ測定	1 1 9
鋼の窒化層表面硬さ測定	1 2 0
鋼の炎焼入及び高周波焼入硬化層深さ測定	1 2 0
鋼のマクロ組織試験方法	1 1 3
交番磁界	6 0
降伏応力	1 0 4
降伏点	1 0 5
交流	1 7 1
交流 (AC)	1 6 3

交流発電機	1 7 1
5 S	1 8 8
心部組織異常	234
固相線	5
固体浸炭	5 4
固体浸炭での反応式	249
固溶化熱処理	3 5
固溶限度	6
固溶体	4
ころがり軸受	4 1

さ

サーミスタ	9 3
材質不良	3 1
サイリスタインバータ式発振器	6 5
材料記号	1 5 8
作業主任者	1 9 1
作業手順	1 8 6
サブゼロ処理	1 7, 4 1
サブゼロ処理（深冷処理）	228
サブゼロ冷却装置	8 4
サルファープリント	1 1 3
酸化	225
酸化性ガス	214
酸化物	225
酸化防止対策	225
酸化保護被膜	3 4
酸化膜	225
3シグマ法	1 2 7
三相誘導電動機	1 7 3
酸素センサー	252
酸素センサー（炉気センサー）	216
サンドブラスト	8 5
散布図	1 3 0
サンプリングガス吸収ポンプ	215
サンプル	1 2 9

サンプル（試料）	1 2 4
残留応力	1 2 1
残留応力測定方法	1 2 1
残留オーステナイト	1 7, 4 1, 226

し

C 曲線	2 2
シーケンス制御	9 4, 1 7 4
CCT 曲線	2 3
シース測温抵抗体	9 3
シース熱電対	9 1
CPX	214, 250
CVD	7 0
シェルモールド法	1 3 4
磁気変態（A ₂ 変態）	7
軸受鋼	4 1
時効硬化処理	4 7
時効硬化性合金	4 7
時効処理	3 5
滴注式ガス浸炭法	5 4
滴注式分解ガス反応	212, 248
七三黄銅	4 8
七四黄銅	4 8
実技要素試験	323
実用窒化層深さ	263
質量効果	1 8
自動超音波探傷装置	1 1 7
磁粉探傷法	1 1 6
磁粉模様	1 1 6
絞り	1 0 4
しめしろ	1 6 0
示温塗料	9 4
斜角探傷法	1 1 7
17-7PH	3 5
17-4PH	3 5
自由電子	1 6 3

周波数	1 7 2
ジュール熱	1 6 9
ジュールの法則	1 6 9
手工具	1 8 3
樹枝状組織	3 1
樹枝状組織（デンドライト）	2
主投影図	1 5 1
シュラルミン	4 7
準安定オーステナイト	2 2
純鉄	6
純鉄（0.02%C 以下）	7
ショア硬さ試験	1 0 4
蒸気膜段階	209, 256
衝撃試験機（シャルピー振り子式試験機）	1 0 6
衝撃値	5 0
使用限界	1 2 3
常磁性体	7
上部ベイナイト	2 3
上部臨海冷却速度	1 6
上方管理限界	1 2 7
商用周波数	1 7 2
初析フェライト	1 5
ショットピーニング	8 5
ショットピーニング処理	4 0, 5 0
ショットブラスト	8 5
ジョミニー曲線	1 9
処理サイクル	258
シルミン	4 7
真空浸炭	257
真空浸炭法	5 4
真空熱処理	2 4
真空炉	7 9
浸炭硬化層深さ測定	331
浸炭硬化層深さ不足	5 8
浸炭硬化層深さ不足	269
浸炭窒化処理	258

浸炭窒化焼入処理.....	259
浸炭の原理	5 3
浸炭防止	8 5
浸炭ムラ	5 8, 269
浸炭用鋼	5 3
振動規制法	1 8 0
侵入型固溶体.....	4
浸硫処理	2 4
浸硫窒化処理	2 5

す

水質汚濁防止法	1 7 9
水蒸気処理	2 4
水性ガス反応	213
水素ガス	8 2
垂直探傷法	1 1 7
水溶性焼入剤	8 2
水溶性冷却焼入れ.....	8 3
スーテング状態	268
ステンレス鋼	3 4
スポット溶接	1 3 6
寸法記入の方法	1 4 8
寸法線	1 4 8
寸法補助記号	1 4 9
寸法補助線	1 4 8

せ

正規分布曲線	1 2 6
清潔を保持	1 8 8
製作図	1 4 3
青銅	4 8
正投影図	1 4 5
精密鑄造法	1 3 4
整理整頓	1 8 8
ゼーバック効果	8 9
赤外線温度計	9 4

赤外線吸収スペクトル	215
赤外線分析法	214
析出硬化	3 5
積分動作（I 動作）	9 5
絶縁体	1 6 3
絶縁耐力	1 8 5
絶縁抵抗	1 6 9
絶縁抵抗値	1 8 4
切削加工	1 3 8
切断線	1 4 6
設置工事	1 8 5
接地抵抗の測定	1 6 9
セミキルド鋼	2 9
セメント	9
セメント（Fe ₃ C）	9
セメント（Fe ₃ C）	9
セラミックファイバ	8 0
セルシウス度（℃）	8 9
全浸炭層深さ（TCD）	253
全脱炭層深さ測定	333
全断面図	1 4 6
線の種類と用法	1 4 4
旋盤	1 3 8

そ

騒音規制法	1 7 9
総合的安全衛生管理者	1 9 0
測温接点	8 9
測温抵抗体	9 2
組織写真による組織判定	326
組織写真による熱処理条件判定	328
塑性加工	1 3 5
ソルバイト	2 1

た

第3角法	1 4 5
------	-------

ダイカスト法	1 3 4
耐火モルタル	8 0
大気汚染防止法	1 7 8
耐食性	5 1
体心立方格子	2, 7
ダイス鋼	1 8, 3 8
耐熱鋼	4 3
退避	1 8 9
耐摩耗性	5 1
対流段階	209, 256
耐力	1 0 4, 1 0 5
卓上ボール盤	1 4 1
ダクタイル鋳鉄	4 4
脱脂処理	8 5
脱炭	225
脱炭層	271
玉掛け用ワイヤーロープ	1 8 3
炭化物	9
鍛接	1 3 7
鍛造	1 3 5
炭素鋼	6, 1 3
炭素鋼鍛鋼品	4 6
炭素破裂	1 1 8
断面図	1 4 6

ち

置換型固溶体	4
チタン合金	4 9
窒化、軟窒化	259
窒化鋼	261
窒化処理工程	5 6
窒化処理法	5 5
窒化層	5 7
窒化層のはく離	270
窒化層深さ測定	263
窒化ムラ	5 8, 270

鑄鋼	4 5
中心線	1 4 8
鑄造	1 3 3
鑄鉄	6, 4 3
超音波探傷試験	1 1 7
調質処理	2 1
超ジュラルミン	4 7
直立ボール	1 4 1
直流 (DC)	1 6 3
直流回路	1 6 6
直流発電機	1 7 1
直列接続	1 6 7

つ

疲れ試験	1 0 8
疲れ強さ	5 0
つりチェーン	1 8 3

て

低圧	1 7 2
低圧、高圧、特別高圧	1 7 2
DX ガス	212
低温焼戻しぜい性	207
定格出力	1 7 1
定格電圧	1 7 1
定期の点検	1 8 7
抵抗温度計	9 2
抵抗の単位	1 6 5
TTT 曲線	2 2
データシート	1 2 8
適正周波数	6 1
鉄鋼材料	2 7
δ 鉄	7, 9
電圧	1 6 5
電圧降下	1 6 6
電位差	1 6 5

電解質（酸化ジルコニア）	216
電気	1 6 9
電気回路図	1 6 4
電気事業法	1 8 4
電気設備技術基準	1 7 2
電気抵抗炉	7 8
電気めっき	8 6
電磁開閉器	1 7 4
電子管式発振器	6 5
電子の流	1 6 4
電子ビーム溶接	1 3 6
電磁誘導	6 0
電動機の逆転	1 7 3
電動発電機（MG）式発振器	6 5
電流浸透深さ	6 1
電流の向きと大きさ	1 6 4
電力	1 7 0
電力量	1 7 0

と

等温変態	2 2
等温変態曲線	2 2
統計的品質管理（SQC）	1 2 3
銅合金	4 8
同素変態	7
導体	1 6 3
導体の抵抗値 $R[\Omega]$	1 6 7
特性要因図	1 2 9
特定施設	1 7 9
特別高圧	1 7 2
都市ガス	6 7
度数	1 2 5
度数分布表	1 2 5
トランジスタインバータ式発振器	6 5
トルース	2 1

な

内部欠陥	3 0, 1 1 7
内面研削	1 4 0
軟点	233

に

二段窒化处理	5 6
Ni 触媒	210

ぬ

抜取検査	1 3 0
------------	-------

ね

ねじのあらわし方	1 5 3
ねじの表し方	1 5 3
ねすみ鑄鉄	4 4
熱起電力	8 9
熱処理油	8 4
熱処理炉の分類	7 3
熱電対	8 9
熱放射温度計	9 3
年次点検	1 8 7
燃焼炉	7 9

の

伸び	1 0 4
----------	-------

は

パーライト	1 0, 1 5
パーライト変態	1 6
ばい煙	1 7 8
ばい煙発生施設	1 7 8
配線用遮断器	1 7 1
バイト	1 3 8
パイプ	3 1
パイプ（収縮巣）	3 0

白鑄鉄（レデブライト）	4 4
白点（毛割れ）	3 0
歯車の図面	1 5 6
歯車の要目表	1 5 6
肌焼鋼	5 3
白金測温拵抗体	9 3
白金ロジウム熱電対	9 1
発熱型変成ガス	212
ばね鋼	4 0
はめあい	1 6 0
破面検査	1 1 3
ばらつき	1 2 3, 1 2 7
パレート図	1 3 0
範囲（レンジ）	1 2 5
半径の寸法線	1 4 9
半導体	1 6 3

ひ

PID 式制御装置	9 6
PHステンレス鋼	3 5
PVD	7 0
光高温計	9 3
引出線	1 4 8
非金属介在物	3 0
非金属介在物の試験方法	1 1 1
微細パーライト	2 3
被削性	5 0
ヒストグラム	1 2 5
ビッカース硬さ試験	1 0 1
引張試験	1 0 4
引張強さ	1 0 4
比透磁率	6 1
非破壊試験	1 1 5
火花試験	1 1 8, 324
標準ガス	215
標準偏差	1 2 5

表皮効果	6 0
表面粗さの表示方法	1 5 1
表面改質技術	7 0
表面硬化層深さの不均一	6 6
表面脱炭	4 0
表面炭素濃度	214
比例動作（P 動作）	9 5
品質	1 2 3
品質管理（QC）	1 2 3
品質特性	1 2 4
品質保証	1 3 0

ふ

フィードバック制御	9 4
フェライト	9
フェライト結晶粒	1 1 1
腐食液	1 1 0
腐食試験法	1 0 9
ブタン(C_4H_{10})	6 7
ブタン(C_4H_{10})	6 7
ブタンガスの変成反応	212, 248
沸騰段階	209, 256
フライス盤	1 3 9
プラズマ浸炭	5 4, 257
プラズマ窒化法	266
プラズマ溶接	1 3 7
ブリネル硬さ試験	1 0 0
ブルドアー 反応	214
プレステンパ	2 4
ブローホール	3 1
プログラム制御	9 5
プロパン(C_3H_8)	6 7
プロパンガスの変成反応	211, 248
プロピレン(C_3H_6)	6 7
雰囲気制御	249
雰囲気制御方法	263

雰田気熱処理	210, 245
--------------	----------

へ

平衡式	215
平衡状態図	4
平面研削	1 4 0
並列接続	1 6 7
He（ヘリウム）ガス	8 2
変形矯正	8 5
変形測定	329
変成ガス	5 4
偏析	3, 3 0
変態	2
変態点	2

ほ

ほう化处理	2 5
放射線透過試験	1 1 8
包晶線	9
包晶反応	9
防錆剤塗布、	8 6
防錆処理	8 6
膨張・収縮線図	231
ポーラス層	5 9, 270
ボール盤	1 4 1
保護メガネ	1 8 7
母集団	1 2 4
補償導線	9 1
炎焼入用火口	6 8
炎焼入れ	6 8
母標準偏差	1 2 6
ボルト(単位記号V)	1 6 5
ボロナイジング	2 5

ま

前処理	8 4
-----------	-----

マグネシア (MgO)	8 0
マクロ組織試験	1 1 2
摩耗試験法	1 0 8
マルクエンチ	2 0
マルテンサイト	2 3
マルテンサイト組織	1 7
マルテンサイト変態	1 4, 1 6, 204
マルテンパ	2 0

み

水焼入れ	8 3
------------	-----

む

無酸化雰囲気	2 4
--------------	-----

め

メジアン (中央値)	1 2 5
メタンガスの変成反応	211
メチルアルコールの反応生成ガスの組成	248
面心立方格子	2
面取りは図	1 5 0
面の肌	1 5 1

も

漏れ電流	1 8 4
------------	-------

や

焼入れ	1 6
焼入れ処理	203
焼入性能試験方法 (一端焼入方法 JIS G 0561)	1 1 4
焼入性ハンド	1 9
焼入変形	5 8
焼なまし	1 4
焼なまし処理	199
焼ならし	1 5
焼ならし処理	202

焼入油	8 3
焼入性	1 8, 2 0
焼入性曲線	1 9
焼入性試験方法	1 9
焼入性倍数	1 9
焼入装置	8 3
焼入変形	6 6, 6 9
焼入冷却剤	6 4, 1 1 5
焼むら	6 9
焼戻しぜい性	2 2
焼戻しは	205
焼戻し割れ	232
焼割れ	2 0, 6 6, 229

ゆ

融液	2
融解	2
有害物抑制装置	1 8 6
U曲線	1 1 4
Uー曲線	1 8
有効加熱帯	8 1
有効硬化層深さ (ECD)	258
融点	2
誘導起電力	6 0
誘導電流	6 0
遊離 (スーテ)	211, 247
油温 [特性温度]	8 4

よ

溶解度曲線	6
溶接	1 3 6
溶接部の検査	1 3 7
溶損	6 6, 7 0
溶体化熱処理	3 4
溶融めっき	8 6

ら

ランダムサンプリング	1 2 5
------------------	-------

り

理想臨界直径	1 9
リムド鋼	2 9
粒界酸化	5 8, 267
粒界腐食（鋭敏化）	3 4
粒状の炭化物	2 3
リレー	1 7 4
臨界硬さ	1 9
臨界周波数	6 1
臨界直径	1 9
臨界冷却速度	1 6

れ

冷却曲線	3, 4, 1 1 5
冷却剤の種類	208, 255
冷却剤の特性	209, 256
冷却剤の冷却能	1 1 5
冷却装置	8 2
冷却速度	8 2
冷却能試験	1 1 4
冷却能力	8 2
冷却ムラ	230
レーザー溶接	1 3 7
連続冷却変態曲線	2 3

ろ

漏洩磁束	1 1 6
ろう付け	1 3 7
労働案衛生規則	1 9 1
労働安全衛生法	1 8 1, 1 9 0
労働災害	1 8 1
労働者の責務	1 9 1
炉材	8 0

ロストワックス法.....	1 3 4
ロックウエル硬さ試験	1 0 2
ロット	1 2 4
露点	214
露点測定法	213
露点分析計	214

巻末資料

金属熱処理技術において重要な元素記号、単位、言語を表にしたものを掲載いたします。

元素名と元素記号表

元素名	元素記号	元素名	元素記号
鉄	Fe	チタン	Ti
炭素	C	マグネシウム	Mg
ケイ素	Si	ニオブ	Nb
マンガン	Mn	窒素	N
りん	P	ホウ素	B
硫黄	S	ナトリウム	Na
銅	Cu	カリウム	K
ニッケル	Ni	カルシウム	Ca
クロム	Cr	鉛	Pb
モリブデン	Mo	錫	Sn
タングステン	W	亜鉛	Zn
バナジウム	V	テルル	Te
コバルト	Co	水銀	Hg
アルミニウム	Al	ヒ素	As
酸素	O	ヘリウム	He
水素	H	アルゴン	Ar

単位

記号	単位名	量
N	ニュートン	力
Pa	パスカル	圧力、応力
J	ジュール	エネルギー、仕事、熱量
W	ワット	仕事率、放射束
V	ボルト	電圧、電位、起電力
Ω	オーム	電気抵抗
Wb	ウェーバ	磁束
T	テスラ	磁束密度
℃	セルシウス度	セルシウス温度
Bq	ベクレル	放射能
Rad	ラジアン	角度

鉄鋼材料規格のSI単位換算

MKS単位	SI単位	換算率	項目
Kgf	N	1kgf=9.80665N	力
kgf/m	J(またはN/m)	1kgf/m=9.80665J	エネルギー
kgf/mm ² kgf/cm ²	Mpa	1kgf/mm ² =9.80665 MPa	応力、圧力

単位に用いられる接頭語

記号	名称	倍数	記号	名称	倍数
T	テラ(tera)	10^{12}	d	デシ(dec)	10^{-1}
G	ギガ(giga)	10^9	c	センチ(centi)	10^{-2}
M	メガ(mega)	10^6	m	ミリ(milli)	10^{-3}
k	キロ(kilo)	10^3	μ	マイクロ(micro)	10^{-6}
h	ヘクト(hecto)	10^2	n	ナノ(nano)	10^{-9}
da	デカ(deca, deka)	10	p	ピコ(pico)	10^{-12}

ギリシャ文字

A	α	アルファ	I	ι	イオタ	P	ρ	ロー
B	β	ベータ	K	κ	カッパ	Σ	σ	シグマ
Γ	γ	ガンマ	Λ	λ	ラムダ	T	τ	タウ
Δ	δ	デルタ	M	μ	ミュー	Υ	υ	ウプシロン・ユプシロン
E	ϵ	イプシロン・エプシロン	N	ν	ニュー	Φ	ϕ	ファイ
Z	ζ	ゼータ	Ξ	ξ	クサイ・グザイ	χ	χ	カイ
H	η	イータ	O	$\omicron$	オミクロン	Ψ	ψ	プサイ
Θ	θ	シータ	Π	π	パイ	Ω	ω	オメガ

ビッカース硬さ試験の対角線長さの平均値に対する換算表 (1/2)

対角線	試験力 F (N)		
長さの	1.961	2.942	4.903
平均 d	ビッカース硬さ		
mm	HV0.2	HV0.3	HV0.5
0.023 0	701	1052	1753
0.023 2	689	1034	1723
0.023 4	677	1016	1693
0.023 6	666	999	1665
0.023 8	655	982	1637
0.024 0	644	966	1610
0.024 2	633	950	1583
0.024 4	623	934	1557
0.024 6	613	919	1532
0.024 8	603	905	1507
0.025 0	593	890	1483
0.025 2	584	876	1460
0.025 4	575	862	1437
0.025 6	566	849	1415
0.025 8	557	836	1393
0.026 0	549	823	1372
0.026 2	540	810	1351
0.026 4	532	798	1330
0.026 6	524	786	1310
0.026 8	516	775	1291
0.027 0	509	763	1272
0.027 2	501	752	1253
0.027 4	494	741	1235
0.027 6	487	730	1217
0.027 8	480	720	1200
0.028 0	473	710	1183
0.028 2	466	700	1166
0.028 4	460	690	1150
0.028 6	453	680	1133
0.028 8	447	671	1118
0.029 0	441	662	1102
0.029 2	435	652	1087
0.029 4	429	644	1073
0.029 6	423	635	1058
0.029 8	418	626	1044

対角線	試験力 F (N)		
長さの	1.961	2.942	4.903
平均 d	ビッカース硬さ		
mm	HV0.2	HV0.3	HV0.5
0.030 0	412	618	1030
0.030 2	407	610	1017
0.030 4	401	602	1003
0.030 6	396	594	990
0.030 8	391	586	977
0.031 0	386	579	965
0.031 2	381	572	952
0.031 4	376	564	940
0.031 6	371	557	928
0.031 8	367	550	917
0.032 0	362	543	905
0.032 2	358	537	894
0.032 4	353	530	883
0.032 6	349	523	872
0.032 8	345	517	862
0.033 0	341	511	851
0.033 2	336	505	841
0.033 4	332	499	831
0.033 6	328	493	821
0.033 8	325	487	812
0.034 0	321	481	802
0.034 2	317	476	793
0.034 4	313	470	783
0.034 6	310	465	774
0.034 8	306	459	766
0.035 0	303	454	757
0.035 2	299	449	748
0.035 4	296	444	740
0.035 6	293	439	732
0.035 8	289	434	723
0.036 0	286	429	715
0.036 2	283	425	708
0.036 4	280	420	700
0.036 6	277	415	692
0.036 8	274	411	685

対角線	試験力 F (N)		
長さの	1.961	2.942	4.903
平均 d	ビッカース硬さ		
mm	HV0.2	HV0.3	HV0.5
0.037 0	271	406	677
0.037 2	268	402	670
0.037 4	265	398	663
0.037 6	262	394	656
0.037 8	260	389	649
0.038 0	257	385	642
0.038 2	254	381	635
0.038 4	251	377	629
0.038 6	249	373	622
0.038 8	246	370	616
0.039 0	244	366	610
0.039 2	241	362	603
0.039 4	239	358	597
0.039 6	236	355	591
0.039 8	234	351	585
0.040 0	232	348	579
0.040 2	229	344	574
0.040 4	227	341	568
0.040 6	225	338	562
0.040 8	223	334	557
0.041 0	221	331	552
0.041 2	218	328	546
0.041 4	216	325	541
0.041 6	214	321	536
0.041 8	212	318	531
0.042 0	210	315	526
0.042 2	208	312	521
0.042 4	206	309	516
0.042 6	204	307	511
0.042 8	202	304	506
0.043 0	201	301	501
0.043 2	199	298	497
0.043 4	197	295	492
0.043 6	195	293	488
0.043 8	193	290	483

ビッカース硬さ試験の対角線長さの平均値に対する換算表 (2/2)

対角線	試験力 F (N)		
長さの	1.961	2.942	4.903
平均 d	ビッカース硬さ		
mm	HV0.2	HV0.3	HV0.5
0.044 0	192	287	479
0.044 2	190	285	475
0.044 4	188	282	470
0.044 6	186	280	466
0.044 8	185	277	462
0.045 0	183	275	458
0.045 2	182	272	454
0.045 4	180	270	450
0.045 6	178	268	446
0.045 8	177	265	442
0.046 0	175	263	438
0.046 2	174	261	434
0.046 4	172	258	431
0.046 6	171	256	427
0.046 8	169	254	423
0.047 0	168	252	420
0.047 2	166	250	416
0.047 4	165	248	413
0.047 6	164	246	409
0.047 8	162	243	406
0.048 0	161	241	402
0.048 2	160	239	399
0.048 4	158	237	396
0.048 6	157	236	393
0.048 8	156	234	389
0.049 0	154	232	386
0.049 2	153	230	383
0.049 4	152	228	380
0.049 6	151	226	377
0.049 8	150	224	374

対角線	試験力 F (N)		
長さの	1.961	2.942	4.903
平均 d	ビッカース硬さ		
mm	HV0.2	HV0.3	HV0.5
0.050 0	148	223	371
0.050 2	147	221	368
0.050 4	146	219	365
0.050 6	145	217	362
0.050 8	144	216	359
0.051 0	143	214	356
0.051 2	141	212	354
0.051 4	140	211	351
0.051 6	139	209	348
0.051 8	138	207	346
0.052 0	137	206	343
0.052 2	136	204	340
0.052 4	135	203	338
0.052 6	134	201	335
0.052 8	133	200	333
0.053 0	132	198	330
0.053 2	131	197	328
0.053 4	130	195	325
0.053 6	129	194	323
0.053 8	128	192	320
0.054 0	127	191	318
0.054 2	126	189	316
0.054 4	125	188	313
0.054 6	124	187	311
0.054 8	123	185	309
0.055 0	123	184	306
0.055 2	122	183	304
0.055 4	121	181	302
0.055 6	120	180	300
0.055 8	119	179	298

対角線	試験力 F (N)		
長さの	1.961	2.942	4.903
平均 d	ビッカース硬さ		
mm	HV0.2	HV0.3	HV0.5
0.056 0	118	177	296
0.056 2	117	176	294
0.056 4	117	175	291
0.056 6	116	174	289
0.056 8	115	172	287
0.057 0	114	171	285
0.057 2	113	170	283
0.057 4	113	169	281
0.057 6	112	168	279
0.057 8	111	167	278
0.058 0	110	165	276
0.058 2	109	164	274
0.058 4	109	163	272
0.058 6	108	162	270
0.058 8	107	161	268

● 参考文献

資料提供：株式会社山本科学工具研究社「金属組織写真」<http://www.ysti.jp/>

日本規格協会「JIS ハンドブック 熱処理 2011、鉄鋼 I 2012」

***演習問題掲載は中央職業能力開発協会の許諾を得て編集をしております。
無断複製による配布、電子化によるウェブ上への掲載は禁止されております。
なお、演習問題の解説等は山方技術士事務所による。**

●著者プロフィール

高橋宗悟

1944 年秋田県生まれ。1968 年に国立秋田大学鉱山学部冶金学科卒業。

三和鑄造所（株）、引き続き鈴木自動車（株）（生産技術研究部）に勤務する。

1976 年に国立秋田大学鉱山学部大学院に入学、2 年後同大学同大学院を卒業。

1978 年から秋田県工業高等学校教諭となる。2004 年定年退職。

2004 年から独立行政法人ポリテクセンター秋田センター臨時講師を短期務める。

山方三郎

1944 年秋田県生まれ。1968 年に国立秋田大学鉱山学部冶金学科を卒業。

オリエンタルエンジニアリング（株）に入社し 1998 年より取締役社長を務める。

2006 年に同社を退職後、技術コンサルティングオフィス山方技術士事務所を開設。

著書に「図解入門よくわかる最新熱処理技術の基本と仕組み」（秀和システム）、

「JIS 逆引きリファレンス 熱処理技術」（日本規格協会）などがある。

その他、独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構 高度職業能力開発促進センター（愛称：高度ポリテクセンター）で講師を務める。

金属熱処理技能士検定 受験講座 1級テキスト

(2019年改訂版)

2019年1月1日 第3版 第1刷 発行

監修 山方技術士事務所

著者 高橋 宗悟

山方 三郎

発行所 ゲットウィング

〒242-0001 神奈川県大和市下鶴間 2350-101

<http://getwing.muse.weblife.me>



Mobile site

社内、社外を問わず、無断での複製・頒布を禁じます。

本書を無断で電子化するなどし、ウェブ上に転載することは法律で認められた場合を除いて、著作者及び出版社への権利侵害になります。

*テキストを複数ご購入の場合、弊社ではお客様からの相談等ご連絡をお待ちしております。
下記アドレスまでご遠慮なくお申し付け下さいませ。

getwing.books.cs.2020@gmail.com