

目 次

1. 特殊鋼の概要

1.1 特殊鋼の生産推移	1-3	(ii) パーライトの微細組織	1-26
1.2 特殊鋼の製造法概要	1-3	(iii) パーライト鋼の機械的性質	1-26
1.3 特殊鋼の溶解法	1-3	(2) ベイナイト変態	1-28
1.3.1 アーク炉	1-3	(i) 上ベイナイトと下ベイナイト	1-29
1.3.2 LD転炉(純酸素上吹転炉)	1-5	(ii) ベイナイト変態の機構	1-30
1.3.3 その他の溶解炉	1-7	(iii) ベイナイトの強度	1-31
(1) 平 炉	1-7	1.6.5 連続冷却変態	1-31
(2) 高周波誘導炉	1-7	(1) 連続冷却変態図	1-31
(3) エレクトロ スラグ炉	1-7	(2) マルテンサイト変態	1-32
1.4 特殊鋼の造塊法	1-7	(i) マルテンサイト変態の特徴	1-32
1.4.1 連続铸造法	1-7	(ii) マルテンサイトの強度	1-34
(1) 連続铸造法の利点	1-8	(iii) Ms 点と C 量	1-34
(2) 連続铸造の問題点	1-8	(iv) 残留オーステナイトとオース テナイトの安定化	1-34
1.4.2 真空処理法	1-8	(v) 焼入れ性	1-35
(1) 真空溶解法	1-8	1.6.6 焼もどし	1-35
(2) 真空脱ガス法	1-8	(1) 第1段階 150°C 以下	1-37
1.5 特殊鋼鋼材製造法	1-9	(2) 第2段階 150~280°C	1-38
1.5.1 きず取り	1-9	(3) 第3段階 250~400°C	1-39
1.5.2 加熱炉	1-9	(4) 第4段階 400°C 以上	1-39
1.5.3 圧延, 鍛造, 押出し	1-9	1.7 鋼における合金元素の作用	1-39
1.5.4 冷間加工	1-12	1.7.1 鉄における合金元素の作用	1-39
(1) 引抜き加工	1-12	(1) Fe 基二元系状態図	1-39
(2) 冷間圧延	1-12	(2) 鉄の機械的, 物理的性質に及 ぼす合金元素の作用	1-40
(3) 冷間鍛造	1-12	1.7.2 標準状態における合金元素の 作用	1-41
1.5.5 検査, 表示, こん包, 出荷	1-14	1.7.3 オーステナイトにおける合金 元素の作用	1-44
1.6 熱処理の基礎	1-16	1.7.4 連続冷却変態における合金元 素の作用	1-48
1.6.1 鉄の変態	1-16	(1) 連続冷却曲線	1-48
1.6.2 Fe-C 系平衡状態図と標準組 織	1-18	(2) パーライト変態	1-59
1.6.3 冷却途中の鋼の変態	1-22	(3) ベイナイト変態	1-61
1.6.4 恒温変態	1-23	(4) マルテンサイト変態	1-62
(1) パーライト変態	1-24		
(i) パーライトの変態機構	1-24		

(i) 変態温度	1-62	(3) 計算 D_I と実測 D_I の比較	2-32
(ii) 焼入れ性	1-63	(4) 計算 D_I 値の利用	2-33
1.7.5 焼もどしにおける合金元素の 作用	1-64	2.4.4 焼入れ性の標準化	2-35
(1) 炭化物反応と二次硬化	1-64	2.5 焼もどし	2-42
(i) Cr	1-66	2.5.1 焼もどしについて	2-42
(ii) Mo	1-67	2.5.2 焼もどしぜい性	2-43
(iii) W	1-69	(1) 低温焼もどしぜい性	2-43
(iv) V	1-69	(2) 高温焼もどしぜい性	2-45
(2) 焼もどしぜい性	1-69	(i) 第1焼もどしぜい性	2-45
(i) C	1-70	(ii) 第2焼もどしぜい性	2-46
(ii) P	1-70	2.5.3 焼もどし後の機械的性質の推 定	2-48
(iii) Mn	1-70	(1) 種類の鋼の焼もどし性能曲線	2-58
(iv) Cr	1-71	(2) 焼もどしかたさの計算法	2-58
(v) Ni	1-71	(3) 焼もどし温度の決定法	2-58
(vi) Mo	1-71	(4) 化学成分から計算によって機 械的性質を求める方法	2-61
参考文献	1-71	(5) 焼もどしジョミニ曲線による 焼もどしかたさの推定	2-61
2. 構造用鋼		2.6 構造用低合金鋼の選択法	2-65
2.1 はじめに	2-3	2.6.1 焼入れ性	2-65
2.2 各国の低合金鋼のすう勢	2-3	2.6.2 機械的性質	2-71
2.3 鋼種別にみた国内および国外の規 格	2-6	(1) 延性	2-71
2.3.1 機械構造用炭素鋼	2-6	(2) じん性	2-73
2.3.2 構造用低合金鋼	2-9	(3) 疲れ強さ	2-73
(1) クロム鋼	2-9	2.6.3 ひずみ	2-75
(2) ニッケル クロム鋼	2-13	2.7 表面硬化鋼の選択法	2-78
(3) クロム モリブデン鋼	2-13	2.7.1 はだ焼鋼	2-78
(4) ニッケル クロム モリブデン 鋼	2-13	(1) はだ焼鋼の特性を支配する因 子	2-78
(5) マンガン鋼およびマンガン ク ロム鋼	2-23	(i) 浸炭深さ	2-78
(6) 窒化鋼	2-24	(ii) 浸炭性	2-79
2.3.3 新しい構造用低合金鋼	2-25	(iii) 心部の焼入れ性	2-79
(1) 強じん鋼	2-25	(iv) 結晶粒	2-80
(2) はだ焼鋼	2-26	(v) 浸炭硬化層の耐摩耗性	2-80
2.4 焼入れ性	2-26	(vi) 浸炭硬化層を与えた材料の衝 撃値	2-80
2.4.1 焼入れ性について	2-26	(vii) 浸炭硬化層を与えた材料の疲 れ強さ	2-82
2.4.2 焼入れ性の表示法	2-28	(viii) 浸炭層の焼入れ性	2-82
2.4.3 焼入れ性の計算	2-30	(2) はだ焼鋼の選択法	2-86
(1) 相乘法による D_I の計算	2-30	2.7.2 窒化鋼	2-87
(2) 相加法による D_I の計算	2-30		

(1) 窒化鋼の特性を支配する因子	2-87
(i) 窒化層のかたさに及ぼす合金元素の影響	2-87
(ii) 窒化層のかたさに及ぼす炭素含有量の影響	2-88
(iii) 窒化層のかたさと深さに及ぼす窒化温度と時間の影響	2-88
(iv) 浸炭層の最高かたさに及ぼす窒化前の焼もどしおよび窒化後の再加熱の影響	2-88
(v) 心部の焼入れ性と機械的性質	2-91
(vi) 窒化処理を施した材料の疲れ強さと耐摩耗性	2-91
(2) 窒化鋼の選びかた	2-93
(i) 高 Al-Cr-Mo 系	2-93
(ii) 低 Al-Cr-Mo 系	2-94
(iii) Cr-Mo 系または Cr-Mo-V 系	2-94
(iv) Al-Ni 系	2-94
参考文献	2-94

3. 高張力鋼

3.1 概説	3-3
3.2 種類	3-10
3.2.1 50 kg/mm ² 級高張力鋼	3-11
3.2.2 60 kg/mm ² 級高張力鋼	3-12
3.2.3 70, 80 kg/mm ² 級高張力鋼	3-12
3.2.4 100 kg/mm ² 級高張力鋼	3-12
3.2.5 耐候性高張力鋼	3-12
3.3 機械的性質	3-13
3.3.1 引張り強さ	3-13
(1) 固溶体硬化	3-13
(2) 細粒化硬化	3-13
(3) 焼入れ焼もどし	3-14
(4) 析出硬化	3-14
(5) ベイナイト処理	3-14
3.3.2 切欠きじん性	3-14
(1) ESSO 試験	3-15
(2) NRL 式落重試験	3-15
(3) ロバートソン試験	3-16
(4) 二重引張り試験	3-16
3.3.3 疲れ特性	3-17
3.4 溶接性	3-18

3.4.1 溶接熱影響部の最高かたさ	3-18
3.4.2 溶接用連続冷却変態図	3-20
3.4.3 溶接部の曲げ延性	3-21
3.4.4 溶接割れ	3-22
3.4.5 熱影響部の切欠きじん性	3-23
参考文献	3-24

4. 超高力鋼

4.1 はじめに	4-3
4.2 低合金形超高力鋼	4-4
4.3 中合金鋼系超高力鋼	4-6
4.4 超高力鋼の製造	4-7
4.4.1 溶解	4-7
4.4.2 圧延, 鍛造	4-7
4.4.3 切削	4-7
4.4.4 溶接	4-8
4.4.5 熱処理	4-8
(1) 焼なまし	4-8
(2) 焼ならし	4-8
(3) 焼入れ	4-8
(4) 焼もどし	4-8
4.5 超高力鋼の二, 三の問題点	4-8
4.5.1 破壊じん性	4-8
4.5.2 遅れ破壊	4-9
4.5.3 疲れ強さ	4-9
4.6 超高力鋼の用途	4-10
4.7 加工熱処理法	4-10
4.7.1 オースフォーミング	4-10
(1) 概要	4-10
(2) 構造用鋼の機械的性質に及ぼすオースフォーミングの効果	4-10
(3) 機械的性質に及ぼすオースフォーミング条件の影響	4-11
(i) 加工方法	4-11
(ii) 加工率	4-11
(iii) 加工温度	4-11
(iv) 加工速度	4-14
(4) 機械的性質に及ぼすオースフォーミング前, 後の熱処理の影響	4-15
(i) オーステナイト化温度	4-15
(ii) オーステナイト化時間	4-15

(iii) 焼もどし	4-15	5.3.2 熱処理	5-12
(5) オースフォーミングの効果に 及ぼす合金元素の影響	4-15	(1) 鍛造	5-12
(i) Cの影響	4-16	(2) 焼ならし	5-14
(ii) 特殊元素の影響	4-17	(3) 焼なまし	5-14
4.7.2 加工焼入れ	4-20	(4) 焼入れ	5-14
(1) 抗張力, 降伏点	4-20	(5) 焼もどし	5-15
(2) 衝撃値	4-23	5.3.3 特性	5-15
(3) 疲れ強さ	4-23	(1) 切削用	5-15
(4) 焼入れ性	4-24	(2) 耐衝撃用	5-17
4.8 むすび	4-24	(3) 耐摩不変形用	5-18
参考文献	4-25	(4) 熱間加工用	5-19
		(5) プラスチック金型用	5-22
		(6) シャー ブレード用鋼	5-22
5. 工具鋼		5.4 高速度鋼	5-22
5.1 概要	5-3	5.4.1 規格と用途	5-22
5.1.1 工具鋼の分類	5-3	5.4.2 熱処理	5-23
5.1.2 工具鋼の性質	5-3	(1) 鍛造	5-23
(1) かたさ	5-3	(2) 焼なまし	5-23
(2) 耐摩耗性	5-3	(3) 焼入れ	5-24
(3) 耐衝撃性	5-3	(4) 焼もどし	5-26
(4) 熱処理による変形	5-3	5.4.3 特性	5-26
(5) 硬化深さ	5-4	(1) 焼入れ焼もどしかたさ曲線	5-26
(6) 耐熱性	5-4	(2) 熱間かたさ	5-28
(7) 被切削性	5-4	(3) じん性	5-28
(8) 脱炭の難易	5-4	5.5 快削工具鋼	5-29
(9) 経済性	5-4	5.5.1 いおう快削工具鋼	5-29
5.1.3 工具設計上の注意	5-4	5.5.2 鉛快削工具鋼	5-29
5.2 炭素工具鋼	5-4	5.5.3 黒鉛工具鋼	5-31
5.2.1 規格と用途	5-4	5.6 工具鋼の選びかた	5-33
5.2.2 熱処理	5-5	5.6.1 工具鋼を選ぶに際して	5-33
(1) 鍛造	5-5	5.6.2 工具鋼選定の基準	5-33
(2) 焼ならし	5-6	5.6.3 用途別鋼種一覧表	5-38
(3) 焼なまし	5-6	5.7 雑工具用鋼	5-39
(4) 焼入れ	5-6	5.7.1 作業用工具鋼	5-39
(5) 焼もどし	5-7	5.7.2 木工用工具鋼	5-40
5.2.3 特性	5-7	5.7.3 農耕用工具鋼	5-40
(1) 焼入れ焼もどしかたさ曲線	5-7	参考文献	5-40
(2) 焼入れ性	5-7		
(3) 機械的性質	5-10	6. ステンレス鋼	
(4) S曲線	5-10	6.1 概要	6-3
5.3 合金工具鋼	5-10	6.1.1 ステンレス鋼の発達	6-3
5.3.1 規格と用途	5-10	6.1.2 ステンレス鋼の分類	6-4

6.1.3	ステンレス鋼の JIS 規格	6-5	(2)	マルエージング鋼	6-41
6.1.4	含有元素の影響	6-5	6.5.3	冷間ヘッダ用ステンレス鋼	6-44
(1)	C	6-5	6.5.4	ばね用ステンレス鋼	6-46
(2)	Cr	6-5	6.5.5	刃物用ステンレス鋼	6-46
(3)	Ni	6-6	参考文献		6-47
(4)	Mo	6-6			
(5)	Cu	6-6	7.	耐熱鋼	
(6)	Ti, Nb	6-6	7.1	概要	7-3
(7)	Mn	6-6	7.1.1	耐熱鋼として要求される特性	7-3
(8)	N	6-6	7.1.2	主要成分の特徴	7-3
6.2	フェライト系ステンレス鋼	6-7	(1)	Cr	7-3
6.2.1	規格と組成	6-7	(2)	Ni	7-3
6.2.2	機械的性質	6-8	(3)	Mo	7-3
6.2.3	特性と用途	6-8	(4)	W	7-4
6.2.4	熱処理	6-8	(5)	Al	7-4
6.2.5	耐食性	6-10	(6)	Ti	7-4
6.3	マルテンサイト系ステンレス鋼	6-11	7.1.3	耐熱鋼の組織	7-4
6.3.1	規格と組成	6-11	(1)	基本相	7-4
6.3.2	熱間加工性	6-11	(2)	炭化物	7-4
6.3.3	熱処理	6-13	(3)	金属間化合物	7-4
6.3.4	耐食性	6-18	(4)	窒化物または炭窒化物	7-4
6.4	オーステナイト系ステンレス鋼	6-20	7.2	ボイラ用耐熱鋼管	7-5
6.4.1	規格と組成	6-20	7.2.1	ボイラ用鋼管材料の種類	7-8
6.4.2	熱間加工性	6-20	7.2.2	低合金鋼	7-9
6.4.3	熱処理	6-23	7.2.3	オーステナイト系	
6.4.4	耐食性	6-29		ステンレス鋼	7-10
(1)	全面腐食	6-29	7.3	蒸気タービン用耐熱鋼	7-10
(2)	粒界腐食	6-30	7.4	工業炉用耐熱鋼	7-13
(3)	応力腐食	6-32	7.5	化学工業用耐熱鋼	7-16
(4)	その他の腐食	6-33	7.6	バルブ用耐熱鋼	7-17
6.5	特殊ステンレス鋼	6-33	参考文献		7-22
6.5.1	快削ステンレス鋼	6-33			
(1)	種類	6-33	8.	超耐熱合金	
(2)	機械的性質	6-34	8.1	概要	8-3
(3)	耐食性	6-35	8.2	Fe 基超耐熱合金	8-5
(4)	被削性	6-36	8.2.1	加工性	8-7
6.5.2	強力ステンレス鋼	6-38	8.2.2	熱処理	8-7
(1)	析出硬化形ステンレス鋼	6-38	8.2.3	高温クリープ破断強さ	8-8
(i)	マルテンサイト系	6-38	8.3	Ni 基超耐熱合金	8-8
(ii)	セミオーステナイト系	6-39	8.3.1	加工性	8-8
(iii)	オーステナイト系, オーステナイトフェライト系	6-41	8.3.2	熱処理	8-8
			8.3.3	高温クリープ破断強さ	8-11

8.4 Co基超耐熱合金	8-11
8.4.1 加工性	8-11
8.4.2 熱処理	8-12
8.4.3 高温クリープ破断強さ	8-12
8.5 耐火金属合金	8-13
8.6 わが国における超耐熱合金使用の 現状	8-14
参考文献	8-16

9. ばね用鋼

9.1 ばね用鋼の供給状態と用途例	9-3
9.2 熱間成形ばね用鋼	9-3
9.2.1 化学成分	9-4
9.2.2 焼入れ性と熱処理	9-5
9.2.3 機械的性質	9-7
9.2.4 金属組織	9-10
9.2.5 表面状態および脱炭	9-12
9.2.6 形状および寸法	9-14
9.3 冷間成形ばね用鋼	9-16
9.3.1 硬鋼線およびピアノ線	9-16
9.3.2 オイルテンパ線	9-18
9.3.3 その他の冷間成形ばね用鋼	9-19
9.3.4 低温焼なまし(ブルーイング)	9-19
9.4 耐熱ばね用鋼	9-20
9.4.1 耐熱ばね用鋼の種類	9-20
9.4.2 耐熱ばね用鋼の諸性質	9-20
9.5 ステンレスばね鋼	9-22
9.5.1 加工硬化形ステンレスばね鋼	9-22
9.5.2 熱処理硬化形ステンレスばね 鋼	9-23
9.5.3 析出硬化形ステンレスばね鋼	9-24
参考文献	9-26

10. 軸受鋼

10.1 概要	10-3
10.1.1 高炭素クロム軸受鋼	10-3
10.1.2 浸炭軸受鋼	10-4
10.1.3 耐食軸受鋼	10-5
10.1.4 耐熱軸受鋼	10-7
10.2 地きずおよび非金属介在物	10-7
10.3 組織	10-8
10.3.1 マクロ組織	10-8

10.3.2 顕微鏡組織	10-8
(1) 高炭素クロム軸受鋼	10-8
(2) 浸炭軸受鋼	10-13
(3) 耐食軸受鋼および耐熱軸受鋼	10-14
10.4 熱処理	10-14
10.4.1 高炭素クロム軸受鋼	10-14
(1) 焼ならし, 焼なまし	10-14
(2) 焼入れ焼もどし	10-15
(3) マルストレッシング処理	10-17
(4) T.T.T.曲線およびC.C.T. 曲線	10-18
10.4.2 その他の軸受鋼	10-19
10.5 性能	10-20
10.5.1 圧壊試験, 圧碎試験	10-20
10.5.2 寿命試験	10-20
10.5.3 製鋼法および加工法による 性能の改善	10-22
参考文献	10-26

11. 中空鋼

11.1 概要	11-3
11.2 形状および製造法	11-3
11.2.1 断面形状と成形法	11-5
11.2.2 ロッドの全体形状と製造工 程	11-6
(1) ロッド	11-6
(2) 継ぎロッド	11-9
11.3 各鋼種の性能	11-12
11.3.1 各鋼種の熱処理特性	11-12
(1) 高炭素工具鋼系	11-12
(2) 強じん鋼系	11-13
(3) 浸炭鋼系	11-13
11.3.2 各鋼種における耐疲れ性の 改善	11-14
(1) ショットピーニングの効果	11-14
(2) 浸炭処理の効果	11-15
11.4 ロッド使用上の注意	11-15
11.4.1 ロッドの早期折損予防につ いて	11-16
(1) せん孔作業上の留意点	11-16
(2) ロッド管理上の留意点	11-16
(i) 打こんの発生予防	11-16

(ii) 曲がり発生予防	11-17	の組成と形態	14-9
(iii) さび止め	11-17	(1) いおう系快削鋼	14-9
11.4.2 早期摩耗の予防について	11-17	(i) 鋼塊中の硫化物	14-9
(1) シャンク摩耗	11-17	(ii) 鋼材中の硫化物	14-9
(2) 継ぎロッドのねじ部摩耗	11-17	(iii) 硫化物の組成および構造	14-10
参考文献	11-17	(iv) 硫化物のかたさ	14-10
		(v) 酸化物系介在物	14-10
12. 高マンガン鋼		(2) テルル系快削鋼	14-11
12.1 概要	12-3	(3) 鉛系快削鋼	14-12
12.2 熱処理	12-3	(4) ビスマス系快削鋼	14-12
12.3 耐摩耗性	12-5	(5) カルシウム快削鋼	14-12
12.4 鋳造性	12-7	(6) 黒鉛快削鋼	14-13
12.5 溶接性	12-8	14.2.2 鋼材内の快削性介在物の分	
参考文献	12-9	布	14-13
		14.2.3 快削性介在物の形状に影響	
		する因子と調整	14-15
13. 低温用鋼		(1) 鋼中 Mn/S 比, 酸素含有量,	
13.1 概要	13-3	Si, Al 含有量と硫化物	14-15
13.2 特性	13-5	(2) 硫化物の形状に及ぼす Te の	
13.2.1 低温用材料に対する一般的		影響	14-16
事項	13-5	(3) Zr 添加による硫化物形状の	
13.2.2 9% Ni 鋼の諸性質	13-5	調整	14-16
(1) 機械的性質	13-6	14.2.4 快削性介在物の作用	14-16
(2) 疲れ特性	13-8	(1) 硫化物の作用	14-16
(3) 冷間加工の影響	13-8	(2) Te の効果	14-16
(4) 耐食性	13-9	(3) Pb, Bi の作用	14-17
(5) 溶接性	13-9	(4) Co の効果	14-17
13.3 その他の低温用鋼	13-10	(5) 黒鉛の作用	14-18
参考文献	13-10	14.3 快削鋼の熱処理とその強さ	14-18
		14.3.1 熱処理特性	14-18
14. 快削鋼		(1) 変態点	14-18
14.1 概要	14-3	(2) 焼入れ性と焼もどし性	14-18
14.1.1 いおう快削鋼	14-3	(3) 結晶粒とその成長	14-19
14.1.2 鉛快削鋼	14-6	(4) 浸炭および窒化	14-19
14.1.3 超快削鋼	14-6	(5) 高周波焼入れ	14-19
14.1.4 超超快削鋼	14-6	14.3.2 強 さ	14-20
14.1.5 黒鉛快削鋼	14-9	(1) 機械的性質	14-20
14.1.6 カルシウム快削鋼	14-9	(2) 疲れ強さ	14-22
14.1.7 その他の快削鋼	14-9	(3) 耐摩耗性	14-23
(1) ビスマス快削鋼	14-9	14.4 快削鋼の切削加工	14-24
(2) テルル快削鋼	14-9	14.4.1 切削機構	14-25
14.2 快削成分とその作用	14-9	(1) 切削機構の概要	14-25
14.2.1 各種快削鋼の快削性介在物			

(2) 快削鋼の切削機構	14-26	(3) 柱状晶磁石	15-13
(3) 切削温度	14-27	(4) 高保磁力アルニコ磁石	15-16
(4) 工具と切りくずの親和性	14-28	(5) ヒステリシス モータ用アル ニコ磁石	15-18
14.4.2 被削性	14-29	15.1.3 バリウム フェライト磁石	15-19
(1) 工具寿命	14-29	(1) 等方性バリウム フェライト 磁石	15-19
(i) 鉛快削鋼	14-30	(2) 異方性バリウム フェライト 磁石	15-21
(ii) いおう快削鋼	14-31	(3) ゴム磁石	15-23
(iii) 超快削鋼および超超快削鋼	14-31	15.1.4 冷間加工の可能な磁石	15-25
(iv) カルシウム快削鋼	14-32	(1) バイカロイ	15-25
(2) 仕上げ面あらさ	14-32	(2) キュニフェおよびキュニコ	15-28
(i) 鉛快削鋼	14-32	15.1.5 その他の磁石	15-29
(ii) いおう快削鋼	14-33	(1) 白金コバルト磁石	15-29
(iii) 超快削鋼, 超超快削鋼	14-34	(2) 単一磁区磁石	15-29
(iv) カルシウム快削鋼	14-34	(3) マンガン アルミ磁石	15-32
(3) 切りくずの破碎性	14-35	15.2 軟質金属磁性材料	15-33
14.4.3 各種切削加工	14-35	15.2.1 純鉄	15-33
(1) 突切り加工	14-35	(1) 工業用純鉄の特性	15-33
(2) ドリル穴あけ加工	14-35	(2) 快削性電磁純鉄	15-35
(3) リーマ加工	14-37	15.2.2 けい素鉄	15-36
(4) エンドミル加工	14-38	(1) けい素鉄の特性	15-36
(5) ブローチ加工	14-38	(2) けい素鉄板	15-39
(6) 研削加工	14-38	(i) 熱間圧延けい素鉄板	15-40
14.5 快削鋼の塑性加工性および溶接 性	14-38	(ii) 冷間圧延けい素鉄板	15-41
14.5.1 熱間加工性	14-39	(iii) 低級冷間圧延けい素鉄板	15-42
14.5.2 冷間加工性	14-42	(iv) 方向性けい素鉄板	15-42
14.5.3 溶接性	14-42	15.2.3 鉄ニッケル合金	15-42
14.5.4 まとめ	14-43	(1) 鉄ニッケル合金の特性	15-42
14.6 快削鋼の選びかた	14-43	(2) パーマロイ	15-43
14.6.1 切削加工の経済性	14-44	15.2.4 その他の軟質金属磁性材料	15-48
14.6.2 快削鋼の選択	14-48	(1) 鉄コバルト合金	15-48
参考文献	14-48	(2) 鉄アルミニウム合金	15-49
		(3) 鉄シリコン アルミニウム合金	15-51
15. 磁性材料		15.3 特殊磁性材料	15-51
15.1 永久磁石材料	15-3	15.3.1 整磁合金	15-51
15.1.1 焼入れ硬化形磁石	15-3	15.3.2 磁わい材料	15-53
(1) 炭素鋼	15-3	(1) ニッケル	15-53
(2) クロム鋼	15-3	(2) 13% Al-Fe (アルフェル)	15-53
(3) コバルト鋼	15-4	15.3.3 恒透磁率合金	15-54
15.1.2 アルニコ磁石	15-4	(1) パーミンバー	15-54
(1) 等方性アルニコ磁石	15-6		
(2) 異方性アルニコ磁石	15-9		

- (2) イソパーム 15-54
- 15.3.4 非磁性材料 15-57
- (1) 非磁性鋼 15-57
- (i) Mn-Cr 系非磁性鋼 15-57
- (ii) Mn-Cr-Ni 系非磁性鋼 15-57
- (iii) Ni-Cr 系非磁性鋼 15-58
- (iv) 析出硬化形非磁性鋼 15-59
- (2) 非磁性鋳鉄 15-60
- 参考文献 15-60
- 16. 電気材料**
- 16.1 抵抗材料 16-3
- 16.1.1 銅ニッケル合金 16-3
- 16.1.2 マンガン 16-3
- 16.1.3 鉄クロム アルミニウム合金 16-5
- 16.2 電熱材料 16-6
- 16.2.1 ニッケル クロム合金 16-7
- 16.2.2 鉄クロム アルミニウム合金 16-8
- 16.3 封着合金 16-11
- 17. 熱処理**
- 17.1 各種熱処理技術 17-3
- 17.1.1 拡散焼なまし 17-3
- 17.1.2 一般の熱処理 17-4
- (1) 焼ならし 17-4
- (2) 焼なまし 17-5
- (i) 完全焼なまし 17-5
- (ii) 低温焼なまし 17-5
- (iii) 恒温焼なまし 17-5
- (iv) 球状化焼なまし 17-6
- (v) 固溶化処理 17-6
- (vi) 安定化焼なまし 17-6
- (3) 焼入れ 17-7
- (4) 焼もどし 17-8
- (5) オーステンパ 17-10
- (6) マルクエンチとマルテンパ 17-11
- 17.1.3 表面硬化熱処理 17-12
- (1) 高周波焼入れ 17-12
- (2) 火炎焼入れ 17-12
- (3) 浸炭 17-13
- (i) 固体浸炭 17-14
- (ii) ガス浸炭 17-14
- (4) 浸炭窒化 17-18
- (i) 液体浸炭窒化 17-18
- (ii) ガス浸炭窒化 17-18
- (5) 窒化および軟窒化 17-19
- (i) 窒化 17-19
- (ii) 軟窒化 17-21
- (6) 浸硫処理 17-21
- 17.2 加熱 17-21
- 17.2.1 加熱の要点 17-21
- (1) 精度と均一性 17-21
- (2) 加熱の形式と速度 17-21
- (3) 加熱所要時間の推定 17-23
- 17.2.2 高温表面反応とその防止 17-25
- (1) 酸化と脱炭 17-25
- (2) いおうとバナジウムによる侵食 17-28
- (3) ソルトバス中での侵食とその防止 17-29
- (4) 固体剤や表面被覆による酸化脱炭の防止 17-31
- (5) 真空 17-31
- (6) 保護ふん囲気 17-33
- 17.3 冷却 17-40
- 17.3.1 冷却の要点 17-40
- (1) 冷却速度と均一性 17-40
- (2) 冷却の形式と速度 17-40
- (3) 焼入れ強烈度および焼入れ冷却過程 17-43
- (4) かくはん 17-45
- 17.3.2 焼入れ冷却剤 17-47
- (1) 水および水溶液 17-47
- (2) 油 17-48
- (3) ソルトバスと金属浴 17-49
- 17.4 熱処理炉 17-51
- 参考文献 17-54
- 18. 塑性加工**
- 18.1 まえがき 18-3
- 18.2 熱間加工 18-3
- 18.2.1 圧延 18-3
- (1) 圧延理論 18-3
- (2) 分塊圧延 18-6

(3) 条鋼圧延	18-11	(ii) 押出し	18-52
(4) 線材圧延	18-13	(iii) スエージング	18-55
(5) 板圧延	18-14	(3) 鍛造設備	18-56
(6) 管圧延	18-16	(4) 冷鍛用材料とその品質	18-58
(7) その他	18-17	18.3.3 引抜き	18-60
(i) 熱間圧延用ロール	18-17	(1) 引抜き理論	18-60
(ii) 鋼材の欠陥	18-22	(2) 引抜き作業および引抜き製品	18-60
18.2.2 鍛造	18-26	(3) 引抜き設備	18-64
(1) 鍛造理論	18-26	18.3.4 転造	18-64
(2) 鍛造作業	18-27	(1) 転造理論	18-65
(i) 型鍛造	18-28	(2) 転造作業	18-66
(ii) 据込み加工	18-28	(3) 転造設備	18-67
(iii) ロータリ スエージング加工	18-29	18.3.5 せん断	18-67
(3) 鍛造設備	18-30	(1) せん断理論	18-67
(i) 加熱炉	18-30	(2) せん断作業およびせん断設備	18-68
(ii) 鍛造機械	18-30	18.4 塑性加工性の試験方法	18-69
(4) 鍛造型	18-30	18.4.1 熱間加工性	18-69
(5) 鍛造品質	18-32	(1) 熱間加工性試験方法	18-69
18.2.3 押出し	18-36	(i) ねじり試験	18-69
(1) 押出し理論	18-37	(ii) 圧縮試験	18-69
(2) 押出し作業	18-37	(iii) 引張り試験	18-71
(3) 押出し用型	18-38	(iv) 曲げ試験	18-72
(4) 押出し材の品質	18-38	(v) ウエッジ試験	18-72
18.2.4 温間加工	18-39	(vi) 衝撃試験	18-73
(1) 温間加工による強化機構	18-39	(2) 熱間加工性に影響する因子	18-73
(2) 温間引抜き方法	18-39	18.4.2 冷間加工性	18-74
(3) 温間加工材の性質	18-40	(1) 冷間加工性試験方法	18-74
18.3 冷間加工	18-42	(i) 単純圧縮試験	18-74
18.3.1 圧延	18-42	(ii) 拘束形圧縮試験	18-75
(1) 圧延理論	18-42	(iii) 引張り試験	18-75
(i) 圧延圧力	18-42	(iv) 捻回試験	18-76
(ii) 圧延トルク	18-45	(v) 薄肉円筒のねじり試験	18-77
(iii) 平均ひずみ速度	18-45	(vi) 打抜き試験	18-77
(iv) 先進量	18-45	(vii) 表面きずの試験法	18-77
(v) 圧延可能最小板厚	18-45	(2) 冷鍛性に影響する因子	18-77
(2) 圧延作業	18-45	(i) 化学成分の影響	18-77
(3) 圧延機	18-47	(ii) 熱処理の影響	18-77
(4) 冷間圧延板	18-47	(iii) 予ひずみの影響	18-77
18.3.2 鍛造	18-51	参考文献	18-77
(1) 鍛造理論	18-52	19. 溶接	
(2) 鍛造作業	18-52	19.1 溶接法	19-3
(i) 据込み	18-52		

19.1.1	ガス溶接	19-3
19.1.2	被覆アーク溶接	19-4
19.1.3	サブマージアーク溶接	19-7
19.1.4	ガス被包アーク溶接	19-8
(1)	イナートガスアーク溶接	19-8
(2)	炭酸ガスアーク溶接	19-10
(3)	無被包アーク溶接	19-12
19.1.5	その他の融接法	19-12
(1)	エレクトロスラグ溶接	19-12
(2)	エレクトロガス溶接	19-13
(3)	テルミット溶接	19-13
(4)	電子ビーム溶接	19-13
19.1.6	抵抗溶接	19-14
(1)	点溶接	19-14
(2)	プロジェクトン溶接	19-14
(3)	シーム溶接	19-14
(4)	突合わせ抵抗溶接	19-14
19.2	各種鋼材の溶接	19-14
19.2.1	炭素鋼の溶接	19-14
19.2.2	高張力鋼の溶接	19-16
19.2.3	低合金耐熱鋼の溶接	19-20
19.2.4	ステンレス鋼の溶接	19-20
19.2.5	高マンガン鋼の溶接	19-26
参考文献		19-28

20. 破壊

20.1	破壊の形式	20-3
20.2	破壊の原因	20-3
20.3	各論	20-4
20.3.1	延性破壊	20-4
20.3.2	ぜい性破壊	20-6
(1)	低温ぜい性	20-6
(i)	ひずみ速度の影響	20-6
(ii)	寸法効果	20-7
(iii)	化学成分の影響	20-7
(iv)	結晶粒度	20-7
(v)	金属組織	20-8
(2)	切欠きぜい性	20-8
(3)	高速変形におけるぜい性破壊	20-9
(4)	や金的変化によるぜい性	20-9
(5)	水素による鉄鋼のぜい化	20-10
(6)	溶融金属によるぜい化	20-10

20.3.3	疲れ破壊	20-10
(1)	疲れ強さ	20-11
(2)	疲れ強さに影響する各種の因子	20-12
(i)	金属組織的な切欠き	20-12
(ii)	非金属介在物	20-12
(iii)	切欠き効果	20-12
(iv)	表面状態	20-13
(v)	残留応力	20-14
(3)	その他の疲れ破壊	20-14
20.3.4	クリープ破壊	20-14
(1)	くさび形	20-15
(2)	空洞形	20-15
20.3.5	遅れ破壊	20-15
(1)	マルテンサイトの遅れ破壊	20-15
(2)	クリープラプチャ	20-16
(3)	水素による遅れ破壊	20-16
(4)	応力腐食割れ	20-16
(5)	溶融金属中における遅れ破壊	20-18
参考文献		20-18

21. 欠陥

21.1	欠陥の意義	21-3
21.2	鋼材の欠陥と破損	21-3
21.2.1	破損の種類とその原因	21-3
21.2.2	事故破損の原因と鋼材の欠陥	21-7
(1)	設計不良	21-7
(2)	鋼材の欠陥	21-9
(3)	加工上の不良	21-9
(4)	酷使	21-9
21.3	鋼材製造過程で発生する欠陥	21-9
21.3.1	鋼塊に関する欠陥	21-10
(1)	鋼塊割れ(縦割れと横割れ)	21-10
(2)	気ほう	21-10
(3)	パイプ	21-11
(4)	偏析	21-13
(5)	その他の欠陥	21-15
21.3.2	熱間加工後に発見される欠陥	21-15
(1)	線状きず	21-15
(2)	へげきず	21-15

(3) 地きず	21-16	21.3.6 その他の欠陥	21-38
(4) 折込み	21-17	(1) 異材混入	21-38
(5) 毛割れ(白点)	21-17	(2) チャージ混入	21-38
(6) 焼過ぎとパーニンク	21-19	(3) スパークきず	21-38
(7) 脱炭	21-20	21.4 部品製造過程で発生する欠陥	21-38
(8) 時効割れ	21-21	21.4.1 熱間および冷間の塑性加工	
(9) 圧延きず	21-21	で起こる欠陥	21-38
(10) 寸法形状不良	21-22	21.4.2 切削および研磨加工過程で	
(11) 高温ぜい性	21-22	発生する欠陥	21-38
(i) 青熱ぜい性	21-22	(1) 切削性不良	21-38
(ii) 赤熱ぜい性と白熱ぜい性	21-24	(2) 研磨焼けと研磨割れ	21-39
(12) その他の欠陥	21-26	21.4.3 熱処理過程で発生する欠陥	21-39
21.3.3 熱処理過程で発生する欠陥	21-27	(1) 異常浸炭	21-39
(1) 過熱	21-27	(2) 過剰浸炭	21-39
(2) 焼なまし不良	21-28	(3) 焼割れ	21-40
(3) 焼割れ	21-28	(4) 変形とひずみ	21-40
(4) 不完全焼入れ	21-29	(5) 窒化不良	21-40
(5) 焼もどしぜい性	21-30	(6) その他の欠陥	21-41
(6) その他の欠陥	21-32	参考文献	21-41
(i) 浸炭	21-32		
(ii) 酸化	21-32		
(iii) 脱炭	21-32		
21.3.4 冷間加工過程で発生する欠陥	21-32		
(1) ダイスマーク	21-32		
(2) 矯正きず	21-32		
(3) 引き割れ	21-32		
(4) 研磨割れ	21-32		
(5) ストレッチャストレーンとオ			
レンジピール	21-32		
(6) その他の欠陥	21-33		
(i) 酸食	21-33		
(ii) へげ	21-33		
(iii) 横割れ	21-33		
21.3.5 鋼材の品質特性に関する欠陥	21-33		
(1) 化学成分	21-33		
(2) 非金属介在物	21-34		
(3) 結晶粒度	21-35		
(4) 焼入れ性	21-37		
(5) 機械的性質	21-37		
(6) 耐食性	21-38		
		22. 試験, 検査	
		22.1 破壊検査	22-3
		22.1.1 分析試験	22-3
		(1) 化学分析	22-4
		(2) 機器分析	22-5
		(3) 火花検査法	22-8
		(4) その他の検査法	22-10
		(i) EPMAによるマイクロ分析	22-10
		(ii) 熱起電力鑑別法	22-11
		(iii) 試薬反応法	22-11
		22.1.2 地きず検査	22-11
		22.1.3 マクロ検査	22-12
		(1) マクロ腐食法	22-12
		(2) サルファプリント	22-14
		(3) 鉛の発汗テストおよび鉛プ	
		リント	22-14
		22.1.4 顕微鏡検査	22-14
		(1) 結晶粒度	22-14
		(2) 非金属介在物	22-16
		(3) 顕微鏡組織, 脱炭および浸炭	22-17
		22.1.5 焼入れ性試験	22-18
		22.1.6 機械試験	22-18

(1) 疲れ試験	22-18
(2) クリーブ試験	22-19
22.1.7 その他の試験	22-19
22.2 非破壊検査	22-19
22.2.1 超音波探傷	22-19
22.2.2 磁気探傷	22-20
22.2.3 放射線検査	22-21
22.2.4 浸透探傷	22-22
参考文献	22-22

23. 特殊鋼に関する用語

24. 諸数値

24.1 物理定数	24-3
24.1.1 基礎定数	24-3
24.1.2 元素の周期率表 (長周期)	24-4
24.1.3 万国原子量表 (1961)	24-5
24.1.4 元素の電子配置	24-6
24.1.5 元素の物理定数	24-8
24.1.6 主要特性 X線波長表	24-12
24.1.7 主要金属格子定数表	24-12
24.1.8 弾性定数の実験値 (立方晶系)	24-12

24.1.9 温度定点	24-13
24.1.10 一般に温度測定に使われる熱電対の熱起電力	24-13
24.1.11 鋼の比電気抵抗(ρ), 熱伝導度(K), ローレツツ関数(L)	24-14
24.2 単位換算表	24-16
24.2.1 計量単位換算表	24-16
24.2.2 工学単位換算表	24-21
24.2.3 温度換算表	24-23
24.2.4 かたさ換算表	24-27
24.3 標準棒鋼の寸法重量表	24-31

付 録 (特殊鋼業界名簿)

1. 特殊鋼倶楽部会員名簿	付- 3
2. 東京ハガネ商組合組合員名簿	付- 7
3. 大阪ハガネ商組合組合員名簿	付-16
4. 名古屋ハガネ商組合組合員名簿	付-20
5. ステンレス協会会員名簿	付-23
6. 日本鉄鋼連盟会員名簿	付-27
7. 鉄鋼問屋組合組合員名簿	付-29

索 引