

鉄鋼材料便覧

日本金属学会 編
日本鉄鋼協会

丸善株式会社

鉄鋼材料便覧

¥ 5,800

昭和 42 年 6 月 30 日 発行

© 1967

編 者

日 本 金 属 学 会

日 本 鉄 鋼 協 会

発 行 所 丸 善 株 式 会 社

編者との申合せ
により検印省略

代表者 司 忠
東京都中央区日本橋通 2 丁目 6 番地

印刷 中央印刷株式会社・製本 株式会社 星共社

発行にあたって

我が国の粗鋼生産高が5000万tを超え、経済性に富んだ新鋭の臨海製鉄所が続々と稼動し、生産技術の目覚しい進歩と相まって、世界屈指の、かつ指導的な製鉄国へと驚異の発展を遂げ、今後は8000万tの生産達成を目指し、しかも国際競争に打勝つために精力的な活動と一層の発展とが期待されております。

鉄鋼の需要は、機械、建築、土木、造船、自動車をはじめ広範にわたり、使用材料も極めて多品種であります。我々鉄鋼の生産に研究に携わる者は、需要者に如何にしたら良質な材料を豊富に、しかも如何に安く供給することができるか、つねにたゆまなく努力を続けております。鉄鋼材料は用途別に多品種の生産がなされておりますが、需要家の方々に最も適した用途に、最も適した材料を選択していただくかねばなりませんし、また我々はそれをガイドする責任を持っております。

しかしながら、今日個々の鉄鋼材料あるいは関連分野について詳述した刊行物は数多く見られますが、鉄鋼材料の諸特性、実用的見地からの検討、経済性の良否などを総合的に解説し、需要家の要望に答える刊行物は皆無といっても過言でなく、関連各方面から1日も早くこの種刊行物の発行をと渴望されておりました。

かかる状況におきまして、日本鉄鋼協会、日本金属学会はそれぞれ三島徳七、佐藤知雄前会長を編集顧問に仰ぎ、「鉄鋼材料便覧」の編纂を企画し、昭和39年より佐藤忠雄編集委員長以下斯界の権威9名の委員をもって編集作業を進めてまいりましたが、今般ここに発刊を見るにいたしました。

我々は本書が鉄鋼を使用する関連各分野のみならず、鉄鋼の製造者、その他

各方面の方々の座右の書としてご満足いただけますとともに、我が国産業界の発展に寄与するものと確信いたしております。

最後に本書の企画にご協力賜りました執筆者各位、ならびに熱意をもって編集に当たられました編集委員各位に敬意を表する次第であります。

昭和 42 年 5 月

日本金属学会会長 小 林 佐三郎

日本鉄鋼協会会長 佐 野 幸 吉

序

「適材を適所に使え」という言葉は古くから知られた名言である。わが国産業の根幹をなす鉄鋼材料についてもまた同じことがいえる。あたら優れた鉄鋼材料も、その使用方法を誤まったがために、思いもよらぬ故障をおこしたり、大きな損害を招いた例は決して少なくない。

これを防ぐためには、鉄鋼メーカー側と設計者や使用者側との技術的連絡を緊密にし、使用者側に各種鉄鋼材料の本質と特長などを充分に認識してもらい、できるだけ効率的な使い方をして、相互の利益をはかることが極めて必要である。

近年、わが国における鉄鋼材料の製造技術は著しく進歩し、国際的評価もまた頗る高まり、その製品も決して先進諸国のそれに劣るものでない。

また最近各種産業の急速な発展にともない、鉄鋼材料の重要性がとみに高まり、その結果、大企業の分野においては、鉄鋼メーカーと使用者側との技術的連絡が次第に緊密化しつつあるのを認めるが、広く産業界全般を見渡すときは、必ずしもそうではなく、なお遺憾に思う点が多く見受けられる現状である。

このたび、丸善株式会社で出版されるに至った「鉄鋼材料便覧」は、適材を適所に使うのに役立つことを目標として、新しく企画されたものである。そしてその編集委員会構成メンバーには委員長佐藤忠雄博士をはじめいずれも現下における鉄鋼に関する学協会の最高権威者を委嘱し、さらに各項の分担執筆者には学界ならびに実地における学識経験者を網羅して、3年余をついやし最善の努力をつくされたものである。従って現に鉄鋼材料の製造に関与されている科学者や技術者は申すに及ばず、鉄鋼材料使用者側にある関連業界の人々には必携の良書として強く推薦したい。

昭和42年5月

元日本鉄鋼協会会長 三 島 徳 七

序

20世紀は余すところ33年となった。これからの33年間に科学、技術の進歩はどこまで進展するであろうか。今日の時点から過去33年間、すなわち20世紀の中期における鉄鋼科学、鉄鋼技術の進歩を振り返ってみると、まことに驚きに満ちている。特に日本におけるこの方面の進歩は世界の注目するところであるが、これはひとえに、現在日本の鉄鋼科学とその技術を担当しておられる壮、老年の学者および技術者の方々の功績である。

世界各国とも現在一層の研究に力を注いでいるから、今後この勢いで進歩が続いていくことは想像に難くない。わが国のこれからの科学と技術をにう青年学徒、青年技術者諸君は、このような世界競争に立向って、先輩の業績を継ぐべき選手である。私はその健闘を切に祈るものである。時たまたま「鉄鋼材料便覧」が発刊される運びとなった。私は若い学徒と技術者諸君の向上進歩の補佐役として、新しい内容を盛ったこの便覧が大いに活用されることを期待している。

昭和38年末、私が社団法人日本金属学会の会長をつとめているとき、この種の便覧が大いに要望されていることを知り、当時の社団法人日本鉄鋼協会会長三島徳七先生に御相談したところ、全く御同感であられたので、丸善株式会社にはかった結果、三者協力してその出版に努力しようというところまで、すらすらと話が進んだ。その後両学協会より編集委員が選ばれ、佐藤忠雄博士が、委員長となられて執筆が進められたが、何しろ新しい内容で、しかも大部のものであるために、四年の歳月を要して、ここに見事に完成して発刊の運びとなったのであって、発起者の一人として、喜びこの上もない次第である。

この便覧が鉄鋼科学者をはじめ鉄鋼製造技術者にも鉄鋼使用技術者にも大いに活用されて、若き人々の前進に役立つよう念願する。

昭和42年5月

元日本金属学会会長 佐藤 知雄

序

我国の鉄鋼生産は年々躍進を続け、今日では年産 5 000 万 ton を超え、世界第 3 位の確立を完遂した。このことは我国の鉄鋼に関する技術が国際的にその地位を確保するに至ったことを示すもので御同慶の至りである。この時に当り、日本鉄鋼協会と日本金属学会の共同編集により、ここに新しく「鉄鋼材料便覧」が刊行されたことは、まことに欣快とするところである。

今日、鉄鋼材料はその種類においても、またその性能の上においても数々の開発が行われ、その発展は目覚しい。このような新しい分野は勿論のこと、鉄鋼材料全般についてその性状を十分に理解し、これをよく活用して我国工業界の発展に寄与することは、鉄鋼の生産にたずさわる技術者、あるいは研究者のみならず、これを使用する立場の多くの技術者、研究者に課せられた大きな責務と考える。

鉄鋼材料の製造、研究等それぞれの専門分野に関する便覧あるいは解説技術書は既に数多く見受けられ、また機械、建築その他の設計工作に関する専門的な便覧も各種見出すことができるが、しかし、鉄鋼材料の性能に関する理論、鉄鋼材料の個々の性質、および鉄鋼材料の利用される広い分野における使用者の立場で設計工作の見地から鉄鋼材料の選択、加工、処理など、基礎的な理論から実用的な技術面に至るまで、相互の有機的な関連を持たせながら、一貫した思想で解説を行った便覧は未だ我国にはその例を見出すことができない。

本書は鉄鋼材料を中心にして、鉄鋼材料の利用者に知って貰いたい性能上の理論的な内容、個々の鉄鋼材料を選択するために必要な性質、加工、処理についての解説、鉄鋼材料の使用者が鉄鋼材料を選択するときの設計工作上の条件および実際の選択、加工、処理に関する実績に基づいた解説の 3 方面からの総合的実用書として我国に初めて見る事のできる便覧である。

昭和 39 年 2 月、日本鉄鋼協会および日本金属学会から委嘱を受けて第 1 回編集委員会を開き、本書の編集企画を審議、その方針を決定して以来、編集委員各位およびそれぞれの専門分野の権威を網羅した多数の執筆者各位の御協力を得て、三島、佐藤両前会長を顧問

に戴いてその御指導のもとに、予定の編集を完了してここに本便覧が刊行されるに至ったことは誠に變ばしい限りであります。両学協会の会長、役員および会員各位の絶大なる御援助を感謝し、出版の労をとられた丸善株式会社に深甚の謝意を表するものであります。

昭和42年5月

鉄鋼材料便覧編集委員会委員長 佐藤 忠雄

鉄鋼材料便覧編集委員会

編集顧問	三島徳七	元日本鉄鋼協会会長
"	佐藤知雄	元日本金属学会会長
編集委員長	佐藤忠雄	日本特殊鋼株式会社
編集委員	荒木透	東京大学工学部冶金学科
"	今井勇之進	東北大学金属材料研究所
"	五弓勇雄	東京大学工学部冶金学科
"	作井誠太	電気通信大学電気通信学部機械工学科
"	多賀谷正義	近畿大学理工学部金属工学科
"	田中実	東京工業大学精密工学研究所
"	中村正久	東京工業大学工学部金属工学科
"	長谷川正義	早稲田大学理工学部金属工学科

鉄鋼材料便覧執筆者一覧

(五十音順)

赤	松	泰	輔	富士製鉄株式会社
秋	山	正	英	防衛庁技術研究本部
明	田	義	男	住友金属工業株式会社
安	達	秀	男	株式会社小松製作所
阿	部	喜 佐	男	埼玉県鑄物機械工業試験場
阿	部	秀	夫	東京大学工学部冶金学科
尼	木	敏	雄	久保田鉄工株式会社
荒	木		透	東京大学工学部冶金学科
伊	佐	重	輝	鉄鋼短期大学鉄鋼科
石	井	昭	寿	日産自動車株式会社
石	井	正	義	日本石油株式会社
石	崎	哲	郎	富士製鉄株式会社
石	田	武	男	大阪工業大学工学部工業経営学科
石	田		稔	日本金属株式会社
石	原	康	正	トヨタ自動車工業株式会社
泉		総	一	富士製鉄株式会社
泉	山	昌	夫	東北大学金属材料研究所
磯	村	良	藏	日本国有鉄道鉄道技術研究所
井	田		隆	日本特殊鋼株式会社
居	谷	滋	郎	日本ペイント株式会社
伊	藤	伍	郎	科学技術庁金属材料技術研究所
稲	垣	道	夫	科学技術庁金属材料技術研究所
井	上	陸	雄	住友金属工業株式会社
今	井	勇 之	進	東北大学金属材料研究所
岩	佐	豊	藏	株式会社不二越
上	田	重	朋	早稲田大学鑄物研究所
内	田	莊	祐	東海大学工学部金属材料工学科
江	波 戸	和	男	日本冶金工業株式会社
遠	藤		信	防衛大学校機械工学教室
大	久 保	忠	恒	東京大学工学部付属総合試験所
大	久 保	延	弘	日本冶金工業株式会社
大	竹		正	八幡製鉄株式会社
大	槻	太	郎	東京芝浦電気株式会社

大	橋	延	夫	川崎製鉄株式会社
岡	本	豊	彦	住友金属工業株式会社
小	川	喜代	一	東京都立工業奨励館
小	河		弘	バブコック日立株式会社
奥	村	敏	恵	東京大学工学部土木工学科
小	野寺	真	作	株式会社日本製鋼所
恩	地	信	行	本荘耐酸化学機械株式会社
梶	岡	博	幸	八幡製鉄株式会社
桂		伊津	美	東京芝浦電気株式会社
加	藤	健	三	日本鋼管株式会社
金	沢		武	東京大学工学部船舶工学科
上	正原	和	典	三菱製鋼株式会社
神	谷	昱	夫	日立造船株式会社
川	勝	一	郎	東京大学工学部冶金学科
川	崎	元	雄	甲南大学理学部応用化学科
川	田	雄	一	東京都立大学工学部機械工学科
岸	本		浩	日本熱処理工業株式会社
北	嶋	宣	光	株式会社荏原製作所
北	村	義	治	味の素株式会社
君	和田	久	由	石川島播磨重工業株式会社
清	岡	鐘	一	尾崎窒化工業株式会社
日	下	邦	男	特殊製鋼株式会社
楠		兼	敬	トヨタ自動車工業株式会社
国	本		隆	防衛庁装備局
黒	川		亮	いすゞ自動車工業株式会社
黒	沢	慶	二	三菱化工機株式会社
黒	田	泰	弘	科学技術庁航空宇宙技術研究所
小	池	基	生	日本油脂株式会社
小	犬丸	胤	男	日本国有鉄道鉄道技術研究所
幸	田	成	康	東北大学金属材料研究所
児	玉	藤	雄	住友特殊金属株式会社
五	藤		勇	川崎製鉄株式会社
小	林	啓	佑	東洋レーヨン株式会社
小	山	伸	二	株式会社神戸製鋼所
近	藤	賢	治	日立金属株式会社
近	藤	正	男	株式会社不二越
斎	藤	英	夫	東北大学金属材料研究所
坂	井		昇	池貝鉄工株式会社

坂	本	光	雄	富士通株式会社
作	井	誠	太	電気通信大学電気通信学部機械工学科
桜	井	豊	七	久保田鉄工株式会社
佐	藤	忠	雄	日本特殊鋼株式会社
佐	藤	俊	克	トヨタ自動車工業株式会社
沢	井		聰	ダイキン工業株式会社
沢	田	忠	雄	三菱化工機株式会社
重	野	隼	太	九州工業技術試験所
信	太	邦	夫	三菱金属鉱業株式会社
七	條	祐	三	住友特殊金属株式会社
篠	田		仁	石川島播磨重工業株式会社
新	持	喜	一	日立金属工業株式会社
水	津	寛	一	川崎重工業株式会社
鈴	木	隆	志	日本金属工業株式会社
薄	田		寛	三菱重工業株式会社
妹	島	五	彦	株式会社日立製作所
平		修	二	京都大学工学部機械工学第二学科
高	尾		勤	日本ピストンリング株式会社
多	賀	正	義	近畿大学理工学部金属工学科
滝			勇	石川島播磨重工業株式会社
田	中	広	吉	科学技術庁無機材質研究所
田	中	通	雄	京都大学工業教員養成所
田	中		実	東京工業大学精密工学研究所
田	村	今	男	京都大学工学部金属加工学科
千	葉	喜	美	千葉工業大学工学部工業化学科
塚	本	富	士	日本金属工業株式会社
筒	井	蛙	声	東洋工業株式会社
仲		威	雄	東京大学工学部建築学科
長	坂	秀	雄	茨城大学工学部電気工学科
中	城	忠	彦	防衛庁技術研究本部
中	野	俊	雄	池貝鉄工株式会社
中	村	正	久	東京工業大学工学部金属工学科
中	村		素	石川島播磨重工業株式会社
成	田	貴	一	株式会社神戸製鋼所
新	美		格	トヨタ自動車工業株式会社
西	岡	多	三	帝国産業株式会社
西	野	知	良	日本揮発油株式会社
西		義	澈	日本特殊鋼株式会社

根	本		正	株式会社日立製作所
野	村		進	芝浦共同工業株式会社
橋	本	達	哉	科学技術庁金属材料技術研究所
蓮	井		淳	科学技術庁金属材料技術研究所
長	谷	正	義	早稲田大学理工学部金属工学科
服	部		喬	日本精工株式会社
埴	田		修	株式会社小松製作所
広	瀬	正	吉	日本国有鉄道鉄道技術研究所
深	瀬	幸	重	日本冶金工業株式会社
福	井		清	東京芝浦電気株式会社
伏	田		福	黒田精工株式会社
藤	田	輝	夫	日本ステンレス株式会社
藤	田	利	夫	東京大学工学部冶金学科
藤	原	達	雄	大同製鋼株式会社
本	間	八	郎	株式会社日立製作所
松	浦	佑	次	早稲田大学理工学部機械工学科
松	山	芳	治	東芝タンガロイ株式会社
水	野	直	彦	日本鋼管株式会社
水	野	博	司	特殊製鋼株式会社
三	瀬	真	作	住友金属工業株式会社
美	馬	善	文	大阪府立大学工業短期大学部
宮	川	松	男	東京都立大学工学部機械工学科
三	好	章	義	住友電気工業株式会社
森		健	実	東京都立大学工学部工業化学科
森	田	正	俊	トヨタ自動車工業株式会社
森	永	孝	三	富士製鉄株式会社
門	間	改	三	東北大学工学部金属材料工学科
安	田	享	一	日本精密冶金株式会社
山	田		潔	日本パーカライジング株式会社
山	成		清	岡野バルブ製造株式会社
結	城		晋	山陽特殊製鋼株式会社
横	堀	武	夫	東北大学工学部機械工学第二学科
吉	沢	武	男	東京大学工学部機械工学科
吉	田		浩	川崎製鉄株式会社
吉	野		泰	三井精機工業株式会社
依	田	連	平	科学技術庁金属材料技術研究所
和	田	次	康	科学技術庁金属材料技術研究所
割	石	官	市	株式会社日立製作所

目 次

第1編 総 論

Ⅰ 鉄鋼材料の基礎

1・1 鉄の結晶構造	(幸田成康).....	3
1・1・1 鉄原子の構造		3
1・1・2 鉄の結晶構造と変態		3
1・1・3 結晶構造と格子欠陥		5
1・1・4 鉄基合金の種類		7
1・2 鉄鋼の組織と熱処理	(門間改三).....	10
1・2・1 Fe-C系状態図		10
1・2・2 Fe-C系合金の標準組織		11
1・2・3 熱処理と組織の関係		14
1・3 鋼中における不純物の影響	(長谷川正義).....	21
1・3・1 銅		22
1・3・2 ヒ 素		22
1・3・3 ス ズ		22
1・3・4 イ オ ウ		22
1・3・5 リ ン		23
1・3・6 窒 素		24
1・3・7 水 素		25
1・3・8 酸 素		25
1・4 鋼中における合金元素の作用	(今井勇之進).....	26
1・4・1 合金状態の形		26
1・4・2 合金元素の作用		27
1・5 鉄鋼の物理的性質	(阿部秀夫).....	31
1・5・1 純鉄および鉄合金のX線密度		31
1・5・2 純鉄および鉄合金の熱的性質		31
1・5・3 純鉄および鉄合金の電気抵抗		32
1・5・4 純鉄および鉄合金の磁性		33
1・6 鉄鋼の機械的性質	(中村正久).....	37
1・6・1 弾性および擬弾性		37
1・6・2 鉄鋼の降伏		40

1・6・3	結 晶 塑 性	42
1・6・4	鉄鋼の破壊	44
1・6・5	鉄鋼の強さ	45
1・6・6	鉄鋼の機械的性質	47
1・7	鉄鋼の腐食および防食の基礎(多賀谷正義).....	47
1・7・1	腐食の定義	47
1・7・2	腐食の電気化学的機構	47
1・7・3	腐食傾向と電極電位	48
1・7・4	分極と腐食速度	49
1・7・5	受 動 態	51
文 献		51
2	温度による諸性質の変化	
2・1	温度による物理的性質の変化(藤田利夫).....	55
2・1・1	熱膨張係数	55
2・1・2	熱 伝 導 度	56
2・1・3	電 気 抵 抗	57
2・1・4	平均見掛け比熱	60
2・2	高温における機械的性質(藤田利夫).....	60
2・2・1	鋼の温度における機械的性質	60
2・2・2	機械的性質	60
2・2・3	クリープ特性	62
2・2・4	各種の高温ぜい性	64
2・3	高温における耐食性, 耐酸化性(西 義 淑).....	66
2・3・1	高温 酸 化	66
2・3・2	高温 腐 食	71
2・4	低温における機械的性質(石崎哲郎).....	73
2・4・1	概 説	73
2・4・2	低温度における鉄鋼材料の破壊	74
2・4・3	鉄鋼材料と低温ぜい性の発生	75
2・4・4	降伏(破壊)応力に及ぼす温度の影響	76
2・4・5	低温ぜい性の試験方法	77
2・4・6	遷移温度の定め方	78
2・4・7	遷移温度とひずみ速度の関係	79
2・4・8	遷移温度と結晶粒度の関係	79
2・4・9	遷移温度に及ぼす成分の影響	80
2・4・10	遷移温度を推定する計算式	82
文 献		82

3 熱処理による性質の変化

3・1 質量効果と焼入性	(田村 今男)	85
3・1・1 鋼の焼入性(硬化能)と質量効果		85
3・1・2 焼入性の測定法と量的表示		88
3・1・3 焼入性 D_I に及ぼす諸因子と合金元素の影響		91
3・1・4 冷却能		92
3・1・5 焼入硬化因子の量的関係		93
3・1・6 連続冷却変態線図に準拠した焼入性とその応用		95
3・2 焼なましおよび焼ならし	(田中 実)	99
3・2・1 焼なまし		99
3・2・2 焼ならし		101
3・2・3 鋼材の加熱時における温度分布		103
3・3 焼入れ焼もどし	(田中 実)	104
3・3・1 焼入硬さ		104
3・3・2 強靱性		105
3・3・3 焼もどし温度と焼もどし時間		110
3・3・4 オーステンパー処理と中間焼入組織		111
3・4 熱処理による残留応力	(磯村 良藏)	114
3・4・1 焼入れで中心まで硬化したときの残留応力		114
3・4・2 焼入れで心部を残して硬化したときの残留応力		118
3・4・3 焼もどしによる残留応力の変化		120
3・5 熱処理による変形	(田中 実)	121
3・5・1 炭素鋼の熱処理による体積変化		121
3・5・2 焼入鋼の焼もどし変形および寸法安定化処理		123
3・6 加工熱処理	(田村 今男)	124
3・6・1 加工熱処理法とその分類		124
3・6・2 加工焼入れ (Ia 処理)		124
3・6・3 オースフォーミング (Ib 処理)		125
3・6・4 オースフォームドベイナイトおよびパーライト (Ic 処理)		128
3・6・5 変態途中の加工 (II 処理)		128
3・6・6 マルテンサイトの加工 (IIIa 処理)		128
3・6・7 焼もどしマルテンサイトの加工 (IIIb 処理)		128
3・6・8 ベイナイトおよびパーライトの加工 (IIIc 処理)		129
3・7 サブゼロ処理	(泉山 昌夫)	129
3・7・1 適用範囲		129
3・7・2 低温度の成生と測定		131
3・7・3 サブゼロ処理の効果		131
文 献		133

4 表面硬化による性質の変化

4・1 高周波焼入れおよび火炎焼入れ	(本間 八郎).....	137
4・1・1 高周波焼入れ		137
4・1・2 火炎焼入れ		143
4・2 浸炭焼入れ	(新美 格).....	145
4・2・1 処理方法の概要		145
4・2・2 品質の表示		147
4・2・3 鋼 材		149
4・2・4 浸炭作業における表面炭素濃度, 浸炭硬化層深さの調節		149
4・2・5 浸炭焼入れ品の機械的性質		152
4・2・6 硬化防止		153
4・3 窒 化	(新美 格).....	153
4・3・1 処理方法の概要		153
4・3・2 品質の表示		154
4・3・3 窒化不良		154
4・3・4 窒化作業		154
4・3・5 窒化の促進と防止		155
4・4 表面硬化と残留応力, 変形	(黒川 亮).....	155
4・4・1 残留応力		155
4・4・2 変 形		161
4・5 表面硬化と疲れ強さ	(森田正俊).....	164
4・5・1 火炎焼入れ		165
4・5・2 高周波焼入れ		165
4・5・3 浸炭焼入れ		168
4・5・4 窒 化		170
4・5・5 浸炭窒化		172
4・6 表面硬化処理と摩耗の関係	(小川喜代一).....	172
4・6・1 鋼の摩耗現象に共通に作用する主要因子		173
4・6・2 耐摩耗性を主体とする各種表面硬化処理		174
4・6・3 各種浸炭処理と耐摩耗性		174
4・6・4 窒化処理と耐摩耗性		176
4・6・5 高周波焼入れによる鋼の耐摩耗性		178
4・6・6 火炎焼入れと耐摩耗性		178
文 献		179

5 腐食および防食

5・1 鉄鋼の自然腐食と防食	(多賀谷正義).....	183
5・1・1 鉄鋼の自然腐食の機構		183