

# β 3 編 加工学・加工機器

企画・編集 青 山 藤詞郎 上 野 滋 大 谷 利 勝 小坂田 宏 造  
菅 泰 雄 堤 正 臣 寺 林 隆 夫 西 本 和 俊  
星 野 和 義 森 協 俊 道

執筆 者 青 山 藤詞郎 赤 松 勝 也 浅 川 基 男 小豆島 明  
阿 部 史 枝 新 井 実 池 内 建 二 石 川 孝 司  
稲 崎 一 郎 稲 村 豊四郎 今井田 豊 今 村 正 人  
岩 部 洋 育 上 野 滋 鵜 飼 崇 志 遠 藤 順 一  
黄 地 尚 義 大 石 進 大 北 茂 大 竹 尚 登  
岡 崎 司 奥 山 繁 樹 小坂田 宏 造 鬼 鞍 宏 猷  
小 野 信 市 小 野 宗 憲 帶 川 利 之 恩 澤 忠 男  
垣 野 義 昭 鍵 和 田 忠 男 河 西 敏 雄 笠 井 謙 一  
葛 西 省 五 加 藤 光 昭 神 尾 彰 彦 川 井 正 典  
川 嶋 常 元 粉 川 博 一 小 林 紘 二 郎 小 松 勇  
厨 川 一 義 濟 木 弘 行 美 才 田 一 幸 座 古 勝 二  
近 藤 謙 郎 柴 田 順 二 武 島 新 野 秀 哲 潔 正 夫 寺 澤 恒 男  
雀 部 敏 郎 柴 白 石 昌 澄 雄 二 高 増 本 正 俊 史 保 榎 原 弘 之  
柴 坂 英 二 広 杉 山 澄 健 二 美 竹 寺 崎 俊 夫 中 根 弘 壽 男  
社 本 延 一 瀬 尾 内 芳 正 秀 隆 爾 良 健 厚 宮 内 建 興 宮 崎 俊 行  
杉 村 紘 道 竹 堤 江 秀 隆 憲 爾 良 健 厚 宮 内 建 興 宮 崎 俊 行  
清 宮 一 弘 進 中 村 隆 憲 爾 良 健 厚 宮 内 建 興 宮 崎 俊 行  
田 上 道 堤 中 村 隆 憲 爾 良 健 厚 宮 内 建 興 宮 崎 俊 行  
塚 本 俊 郎 中 村 隆 憲 爾 良 健 厚 宮 内 建 興 宮 崎 俊 行  
土 肥 和 彦 中 西 浦 憲 明 良 健 厚 宮 内 建 興 宮 崎 俊 行  
中 村 義 治 西 富 士 居 原 二 三 吉 村 川 正 夫 道 司 弘  
難 波 康 人 益 松 原 上 良 彦 謙 一 郎 森 協 俊 道 司 弘  
深 田 克 廣 一 衛 南 村 上 良 彦 謙 一 郎 森 協 俊 道 司 弘  
前 川 信 一 衛 南 村 上 良 彦 謙 一 郎 森 協 俊 道 司 弘  
松 岡 信 一 衛 南 村 上 良 彦 謙 一 郎 森 協 俊 道 司 弘  
光 石 衛 男 一 夫 二 吉 田 一 也 渡 部 武 弘  
宮 本 岩 隆 一 夫 二 吉 田 一 也 渡 部 武 弘  
元 松 隆 一 夫 二 吉 田 一 也 渡 部 武 弘  
柳 田 和 栄 二 吉 田 一 也 渡 部 武 弘  
湯 浅 栄 二 吉 田 一 也 渡 部 武 弘

## 目 次

### 第 1 章 加工学一般

1・1 加工学の体系	1	1・2 加工工程の計画法	2
1・1・1 加工工程一般	1	1・2・1 生産設計と工程設計	2
1・1・2 成形工程に用いる加工法	1	1・2・2 工程設計の手順	2
1・1・3 切断・結合工程に用いる加工法	1	1・2・3 生産方式と工程設計	3
1・1・4 除去工程に用いる加工法	1	1・2・4 生産コストと工程設計	3
1・1・5 仕上工程に用いる加工法	2	1・2・5 工程設計用データベース	4

## 第 2 章 鑄 造

2・1 鑄造の基礎	5	2・4 鑄造法各論	18	ダイカスト法	20
2・1・1 溶融金属の性質	5	2・4・1 砂型鑄造法	18	2・4・5	20
2・1・2 鑄造における湯流れと凝固	7	2・4・2 金型鑄造法 (重力金型鑄造法)	19	2・4・6 精密鑄造法	21
2・1・3 凝固組織と状態図	7	2・4・3 低圧鑄造法	19	2・4・7 消失模型鑄造法	22
2・1・4 鑄造における諸現象	8	2・4・4 高圧鑄造法 (スクイーズキャスト	19	2・4・8 真空鑄造法	22
2・2 鑄造品の設計	9	2・4・4 高圧鑄造法 (スクイーズキャスト	19	2・4・9 遠心鑄造法	22
2・2・1 凝固と収縮	9	2・4・4 高圧鑄造法 (スクイーズキャスト	19	2・4・10 鑄造に関連した複合加工法	23
2・2・2 分割面, 天地	10	2・4・4 高圧鑄造法 (スクイーズキャスト	19	2・4・11 半凝固鑄造・半溶融鑄造	23
2・2・3 中子と幅木	11	2・4・4 高圧鑄造法 (スクイーズキャスト	19	2・5 鑄造品の仕上げと補修	24
2・2・4 抜けこう配	11	2・4・4 高圧鑄造法 (スクイーズキャスト	19	2・5・1 鑄造品の仕上げ	24
2・2・5 縮みしろ, 仕上げしろ	12	2・4・4 高圧鑄造法 (スクイーズキャスト	19	2・5・2 鑄造品の補修	25
2・2・6 角, 隅部	12	2・4・4 高圧鑄造法 (スクイーズキャスト	19	2・6 鑄造品の種類	26
2・2・7 最小肉厚	13	2・4・4 高圧鑄造法 (スクイーズキャスト	19	2・6・1 鉄鑄物	26
2・2・8 機械加工を考慮した形状	13	2・4・4 高圧鑄造法 (スクイーズキャスト	19	2・6・2 非鉄鑄物	27
2・2・9 鑄造品の寸法精度	14	2・4・4 高圧鑄造法 (スクイーズキャスト	19	2・6・3 その他	29
2・3 鑄造用模型	14	2・4・4 高圧鑄造法 (スクイーズキャスト	19	2・6・4 各種部品と使用材質例	29
2・3・1 はじめに	14	2・4・4 高圧鑄造法 (スクイーズキャスト	19	2・6・5 鑄造による複合材料	29
2・3・2 模型の種類	15	2・4・4 高圧鑄造法 (スクイーズキャスト	19	2・7 鑄造工場設備	30
2・3・3 模型用材料	16	2・4・4 高圧鑄造法 (スクイーズキャスト	19	2・7・1 鑄造工場のレイアウト	30
2・3・4 消失模型	17	2・4・4 高圧鑄造法 (スクイーズキャスト	19	2・7・2 溶解設備	30
2・4 鑄造法各論	18	2・4・4 高圧鑄造法 (スクイーズキャスト	19	2・7・3 造型設備	31
2・4・1 砂型鑄造法	18	2・4・4 高圧鑄造法 (スクイーズキャスト	19	2・7・4 砂処理設備	31
2・4・2 金型鑄造法 (重力金型鑄造法)	19	2・4・4 高圧鑄造法 (スクイーズキャスト	19	2・7・5 仕上設備	31
2・4・3 低圧鑄造法	19	2・4・4 高圧鑄造法 (スクイーズキャスト	19	2・7・6 環境衛生設備	33
2・4・4 高圧鑄造法 (スクイーズキャスト	19	2・4・4 高圧鑄造法 (スクイーズキャスト	19		

## 第 3 章 溶接・接合および切断

3・1 溶接・接合の基礎	35	3・3 抵抗溶接法	60	3・3・1 抵抗溶接法の分類	60
3・1・1 溶接・接合の原理	35	3・3・1 抵抗溶接法の分類	60	3・3・2 重ね抵抗溶接	60
3・1・2 溶接熱伝導	35	3・3・1 抵抗溶接法の分類	60	3・3・3 突合せ抵抗溶接	63
3・1・3 溶接部における材料の変質と溶接欠陥	37	3・3・1 抵抗溶接法の分類	60	3・4 固相接合法	64
3・1・4 溶接による変形と残留応力	39	3・3・1 抵抗溶接法の分類	60	3・4・1 固相接合一般	64
3・1・5 溶接継手の強度特性	41	3・3・1 抵抗溶接法の分類	60	3・4・2 常温圧接	64
3・1・6 溶接設計	46	3・3・1 抵抗溶接法の分類	60	3・4・3 拡散接合	65
3・2 融接法	49	3・3・1 抵抗溶接法の分類	60	3・4・4 爆発圧接	66
3・2・1 融接法一般	49	3・3・1 抵抗溶接法の分類	60	3・4・5 摩擦圧接	66
3・2・2 被覆アーク溶接	50	3・3・1 抵抗溶接法の分類	60	3・4・6 熱間圧接	67
3・2・3 サブマージアーク溶接	52	3・3・1 抵抗溶接法の分類	60	3・4・7 その他の方法	67
3・2・4 ガスシールドアーク溶接	53	3・3・1 抵抗溶接法の分類	60	3・5 ろう付け	67
3・2・5 プラズマアーク溶接	54	3・3・1 抵抗溶接法の分類	60	3・5・1 ろう付けの分類と特徴	67
3・2・6 フラックスコアードアーク溶接	54	3・3・1 抵抗溶接法の分類	60	3・5・2 ろう付け設計	67
3・2・7 エレクトロスラグ溶接	55	3・3・1 抵抗溶接法の分類	60	3・5・3 はんだ付け	69
3・2・8 電子ビーム溶接	56	3・3・1 抵抗溶接法の分類	60	3・5・4 硬ろう付け	70
3・2・9 レーザ溶接	57	3・3・1 抵抗溶接法の分類	60	3・6 熱切断および火炎加工	71
3・2・10 ガス溶接	58	3・3・1 抵抗溶接法の分類	60	3・6・1 熱切断の分類	71
3・2・11 テルミット溶接	58	3・3・1 抵抗溶接法の分類	60	3・6・2 ガス切断	71
3・2・12 肉盛溶接, その他	58	3・3・1 抵抗溶接法の分類	60	3・6・3 プラズマ切断	73
3・3 抵抗溶接法	60	3・3・1 抵抗溶接法の分類	60	3・6・4 特殊切断	73
		3・3・1 抵抗溶接法の分類	60	3・6・5 火炎加工	74

3・7 各種材料の溶接	74	3・9・3 リベット接合の特徴	89
3・7・1 溶接部の材料挙動	74	3・9・4 リベット接合の強度	89
3・7・2 鉄鋼材料の溶接	75	3・9・5 加工方法	89
3・7・3 非鉄金属材料の溶接	80	3・10 接着接合	89
3・7・4 非金属材料の溶接	82	3・10・1 原理と特徴	89
3・8 溶接施工管理	83	3・10・2 接着剤	89
3・8・1 溶接施工管理一般	83	3・10・3 種々の接着法	90
3・8・2 溶接施工	85	3・10・4 接着接合での破壊形態	90
3・8・3 溶接管理	87	3・11 試験および検査	90
3・8・4 安全および衛生・環境	87	3・11・1 試験および検査一般	90
3・9 リベット接合	88	3・11・2 非破壊試験	91
3・9・1 概要	88	3・11・3 溶接性試験	91
3・9・2 リベットの種類	88		

## 第4章 塑性加工

4・1 塑性加工の基礎	95	4・4・1 板材のプレス成形	116
4・1・1 総論	95	4・4・2 回転工具による板の成形	118
4・1・2 塑性加工法の分類	95	4・4・3 管の成形	119
4・1・3 塑性加工製品の精度	96	4・4・4 液圧成形, ゴム圧成形	121
4・1・4 塑性加工製品と製造法	96	4・4・5 高エネルギー速度加工法	121
4・1・5 各種金属の塑性変形特性	97	4・5 塊状品の塑性加工	122
4・1・6 材料の変形抵抗	97	4・5・1 半溶融(チクソ)加工	122
4・1・7 塑性加工における摩擦・潤滑	98	4・5・2 自由鍛造	123
4・1・8 塑性加工の解析と解析法	100	4・5・3 熱間型鍛造	124
4・1・9 塑性加工のシミュレーション	102	4・5・4 冷温間鍛造	126
4・2 素材の製造方法	103	4・5・5 転造・回転加工	128
4・2・1 板の圧延	104	4・6 複合塑性加工	129
4・2・2 各種断面形状品の圧延	107	4・6・1 板成形と鍛造の複合	129
4・2・3 棒, 管の押し出し	109	4・6・2 鋳造と鍛造の複合	130
4・2・4 線材の引抜き	111	4・6・3 切削と鍛造の複合	130
4・3 素材の予備加工	113	4・6・4 接合と塑性加工の複合	130
4・3・1 矯正加工	113	4・7 粉末およびプラスチック加工	131
4・3・2 棒の切断	114	4・7・1 粉末の圧縮成形	131
4・3・3 板, 管の切断	115	4・7・2 粉末の射出成形	132
4・4 板, 管の塑性加工	116	4・7・3 プラスチック成形加工	133

## 第5章 切削加工

5・1 切削加工の基礎	137	5・2・2 形削り・立て削り・平削り	148
5・1・1 切削加工理論	137	5・3 穴あけ・中ぐり加工	148
5・1・2 切削工具	140	5・3・1 ドリル加工	148
5・1・3 加工誤差と仕上面の特性	141	5・3・2 中ぐり加工	150
5・1・4 切削油剤とその効果	142	5・3・3 ガンドリル加工	150
5・1・5 切りくず処理	143	5・3・4 リーマ加工	150
5・1・6 難削材加工	143	5・4 フライス加工	150
5・1・7 高速・高能率加工	144	5・4・1 フライス加工	150
5・1・8 金型加工	145	5・4・2 エンドミル加工	152
5・1・9 環境対応加工	145	5・5 形状創成加工	154
5・1・10 経済的切削条件	146	5・5・1 ブローチ加工	154
5・2 単刃加工	147	5・5・2 歯切り加工・シェービング加工	155
5・2・1 旋削	147	5・5・3 ねじ切り	156

## 第 6 章 砥 粒 加 工

6・1 研削加工の基礎	158	6・2・2 内面研削	166
6・1・1 研削加工の基礎理論	158	6・2・3 心なし研削	167
6・1・2 研削工具と砥粒	160	6・2・4 平面研削	167
6・1・3 研削加工面の幾何学的創成過程	161	6・2・5 歯車研削	168
6・1・4 研削加工面の性状	161	6・2・6 ねじ研削	168
6・1・5 砥石摩耗と砥石寿命	161	6・2・7 工具研削	168
6・1・6 研削油剤	162	6・2・8 その他の研削	169
6・1・7 研削条件と研削コスト	162	6・2・9 ホーニング	169
6・1・8 倣い研削	162	6・2・10 超仕上げ	170
6・1・9 クリープフィード研削	163	6・2・11 研磨布紙加工	171
6・1・10 スピードストローク研削	164	6・3 遊離砥粒加工	172
6・1・11 超高速研削	164	6・3・1 ラッピングとポリシング	172
6・1・12 難削材の研削	165	6・3・2 バレル加工	175
6・2 各種研削加工法	166	6・3・3 バフ加工	175
6・2・1 円筒研削	166	6・3・4 超音波加工	175

## 第 7 章 特 殊 加 工

7・1 総論	177	7・2・2 電気加工	180
7・2 特殊加工法各論	177	7・2・3 化学加工	181
7・2・1 光・物理加工	177	7・2・4 噴射加工	183

## 第 8 章 表 面 処 理

8・1 表面処理一般	185	8・3・2 陽極酸化処理	187
8・2 金属皮膜処理	185	8・4 表面硬化法	188
8・2・1 電気めっき	185	8・4・1 浸炭, 窒化など	188
8・2・2 熔融めっき	186	8・4・2 高周波焼入れ	188
8・2・3 拡散めっき	186	8・4・3 レーザ焼入れおよび電子ビーム焼 入れ	189
8・2・4 溶射	186	8・4・4 ショットピーニング法	189
8・2・5 無電解めっき	186	8・4・5 その他	189
8・2・6 物理蒸着	186	8・5 非金属皮膜処理	189
8・2・7 化学蒸着	187	8・5・1 プラスチックライニング	189
8・2・8 各成膜法の長所と短所	187	8・5・2 セラミックコーティング	189
8・3 化成処理, 陽極酸化処理	187		
8・3・1 化成処理	187		

## 第 9 章 加 工 機 械

9・1 工作機械一般	191	9・3・1 工作機械の形状創成運動	194
9・2 工作機械の種類	191	9・3・2 各種加工方法と工作機械の関連	195
9・2・1 旋盤・ターニングセンタ	191	9・3・3 加工要求と工作機械の選択	196
9・2・2 フライス盤・マシニングセンタ	192	9・4 工作機械の性能評価	196
9・2・3 ボール盤・ドリリングセンタ	193	9・4・1 静的精度	196
9・2・4 研削盤・グラインディングセンタ	193	9・4・2 位置決め精度・空間精度・円運動 精度	197
9・2・5 放電加工機	193	9・4・3 熱変形評価	198
9・2・6 その他の工作機械	194	9・4・4 振動・騒音評価	198
9・3 工作機械の選択	194	9・4・5 工作精度および加工能力の評価	198

9・5 工作機械の基本構造	198	9・7 塑性加工機械	207
9・5・1 構造本体	199	9・7・1 塑性加工機械一般	207
9・5・2 案内および直進駆動機構	200	9・7・2 圧延機	207
9・5・3 主軸構造およびその駆動機構	202	9・7・3 プレス	209
9・5・4 周辺機器	203	9・7・4 引抜き機械	210
9・6 工作機械の数値制御および適応制御	204	9・7・5 せん断加工機	211
9・6・1 数値制御工作機械一般	204	9・7・6 回転加工機	212
9・6・2 数値制御工作機械のソフトウェア	204	9・7・7 曲げ加工機	213
9・6・3 数値制御工作機械用機器	206	9・7・8 矯正加工機	214
9・6・4 工作機械の適応制御	206	9・7・9 特殊加工機	214

## 第10章 加工測定

10・1 長さの測定	217	10・2・3 幾何偏差の測定	225
10・1・1 長さの実用標準	217	10・2・4 表面性状の測定	226
10・1・2 加工現場における長さの測定機器	218	10・2・5 その他の測定	228
10・1・3 加工現場における長さ測定の問題点	220	10・3 インプロセス・オンライン計測	229
10・2 加工部品の測定	222	10・3・1 一般事項	229
10・2・1 一般事項	222	10・3・2 切削加工における計測技術	230
10・2・2 三次元座標測定機による寸法・形状測定	223	10・3・3 研削加工における計測技術	232
		10・3・4 その他の加工における計測技術	234

## 第11章 三次元造形技術

11・1 概説	236	11・2・1 光造形法	237
11・1・1 背景 (ものづくりの変化: コンカレント, ソリューション)	236	11・2・2 粉末積層法	238
11・1・2 三次元造形とは	236	11・2・3 溶融物堆積法	239
11・1・3 RP技術の利用	236	11・2・4 シート積層法	240
11・1・4 RPの効果および影響	237	11・2・5 その他の造形法	241
11・2 三次元造形法	237	11・2・6 応用, 新展開	241

## 第12章 超精密・超微細加工技術

12・1 概説	242	12・2・2 超精密研削加工	243
12・2 超精密・超微細加工技術各論	242	12・2・3 超精密研磨加工	244
12・2・1 超精密切削加工	242	12・2・4 その他のマイクロ加工法	246

## 第13章 遠隔加工システム

13・1 遠隔加工システムの概要	249	13・3・1 遠隔診断・保守	250
13・2 遠隔加工システムに必要な技術	249	13・3・2 加工システムの遠隔操作	250
13・3 遠隔加工システム事例	250		

索引 (日本語・英語)	巻末
-------------	----