

新塑性加工技術シリーズ 12

# 回 転 成 形

—— 転造とスピニングの基礎と応用 ——

日本塑性加工学会 編

コロナ社

---

■ 新塑性加工技術シリーズ出版部会

部会長	浅川基男	(早稲田大学名誉教授)
副部会長	石川孝司	(名古屋大学名誉教授, 中部大学)
副部会長	小川茂	(新日鉄住金エンジニアリング株式会社顧問)
幹事	瀧澤英男	(日本工業大学)
幹事	鳥塚史郎	(兵庫県立大学)
顧問	真鍋健一	(首都大学東京)
委員	宇都宮裕	(大阪大学)
委員	高橋進	(日本大学)
委員	中哲夫	(徳島工業短期大学)
委員	村田良美	(明治大学)

---

(所属は2016年5月現在)

## 刊行のことば

ものづくりの重要な基盤である塑性加工技術は、わが国ではいまや成熟し、新たな展開への時代を迎えている。

当学会編の「塑性加工技術シリーズ」全19巻は1990年に刊行され、わが国で初めて塑性加工の全分野を網羅し体系立てられたシリーズの専門書として、好評を博してきた。しかし、塑性加工の基礎は変わらないまでも、この四半世紀の間、周辺技術の発展に伴い塑性加工技術も進歩を遂げ、内容の見直しが必要となってきた。そこで、当学会では2014年より新塑性加工技術シリーズ出版部会を立ち上げ、本学会の会員を中心とした各分野の専門家からなる専門出版部会で本シリーズの改編に取り組むことになった。改編にあたって、各巻とも基本的には旧シリーズの特長を引き継ぎ、その後の発展と最新データを盛り込む方針としている。

新シリーズが、塑性加工とその関連分野に携わる技術者・研究者に、旧シリーズにも増して有益な技術書として活用されることを念じている。

2016年4月

日本塑性加工学会 第51期会長 真鍋健一

(首都大学東京教授 工博)

■ 「回転成形」 専門部会 (執筆分担)

かわ い けん いち  
川 井 謙 一 (横浜国立大学名誉教授) 1, 2, 5, 6 章

だん の あつし  
団 野 敦 (Singapore Institute of Manufacturing Technology)

3, 4, 7 章

(2019 年 3 月現在, 執筆順)

大 橋 宣 俊

川 井 謙 一

炭 谷 幸 二

谷 本 楯 夫

団 野 敦

塚 本 穎 彦

葉 山 益次郎

(五十音順)

# まえがき

日本塑性加工学会編 塑性加工技術シリーズ『回転加工—転造とスピニング—』が刊行されたのは1990年12月であるから、四半世紀以上が経過したことになる。この間、回転しているブランク（被加工材）に工具を押し付け、工具との局所的な接触による塑性変形の繰返しによって徐々に全体の製品形状を創成していく、典型的なインクリメンタルフォーミングとしての回転成形（rotary forming）の適用範囲は着実に広がりつつある。

『回転成形—転造とスピニングの基礎と応用—』で取り上げる回転成形の各加工技術の基礎と各加工法における変形機構などは、基本的には『回転加工』の刊行時と変化はないが、この四半世紀の間に数値制御技術などを含む周辺技術の発展に伴って各加工技術も大きく進歩してきている。

『回転加工』から『回転成形』へ改編するに当たり、まず、本加工技術が機械加工ではなく塑性加工（metal forming）技術であることを明示するために、書名を『回転成形』へと変更した。ついで、全体の構成についても見直しを行い、『回転加工』は全9章で構成されていたが、他の章に比較してページ数が少ない「回転鍛造」と「ディスクローリング」を『回転成形』では7章「その他の回転成形」に移して、全7章で構成するように章の数を減らした。

7章「その他の回転成形」には「回転鍛造」、「ロータリースエージングおよびラジアル鍛造」、「傾斜軸転造」、「冷間プロフィール転造」および「ディスクローリング」など各種の回転成形技術が含まれており、『回転成形』に含まれている各加工技術は「ドリルの転造」を除いたこと以外、基本的には『回転加工』と同一である。

また、2章「ねじ転造」、3章「歯車・スプライン転造」、4章「クロスロー

リング」, 5章「リングローリング」, 6章「スピニング」および7章「その他の回転成形」の各章においては、『回転加工』をベースとして加工技術のデジタル化, フレキシブル化, インテリジェント化や複合化など, 最新の応用例や動向を追加して節や項の構成を変更しており, また重要な基本的事項を説明する必要性から構成も含めて全面的に書き改めた章もある。

7章「その他の回転成形」で記述されている各加工技術も含めて, 『回転成形』の各章で取り上げている回転成形の各加工技術を単独加工として利用するだけでなく, これらをベースにした新しい加工技術や加工法の開発, また他の加工法との複合化などによる, より効果的な生産手段への展開を期待したい。

回転成形全般に関する特徴や利点は1章「総論」にまとめられているが, 近年の技術的動向に基づいた長所を強調するとすれば

- (1) 通常の鍛造やプレス加工に比較して小荷重容量の機械で成形ができ, また簡単形状で安価な工具を用いて, 多様な製品をフレキシブルに成形できるので, 多品種少量 (high-mix, low-volume) 生産に適している,
- (2) 工具の運動のデジタル制御が可能であり, これからのデジタル生産システムに適している,
- (3) 加工荷重が小さく, 潤滑が容易なため, 高強度材や難加工材の成形にも適用できる

ことなどがあり, 回転成形はこれからも重要な成形技術の一つである。ただし, 高品質な製品を回転成形で製造するためには, 適正な成形加工条件 (工具運動) の選定, 材料変形や材料流れの適切な制御が不可欠で, そのためには各加工技術に特有の知識が必要なため, 回転成形の特性をよく理解する必要がある。本書がそのための一助となれば幸いである。

『回転成形』を取りまとめるに当り, 前述のように『回転加工』の図表や記述をそのまま使用させていただいた箇所も多くあり, 『回転加工』の著者に深く謝意を表す。また, 出版を企画された一般社団法人日本塑性加工学会, ならびに出版の労をお取りいただいた株式会社コロナ社に謝意を表す。

2019年3月

「回転成形」専門部会 川井 謙一, 団野 敦

# 目 次

## 1. 総 論

1.1 回転成形の発展	1
1.2 回転成形の原理と分類	2
1.2.1 回転成形の加工原理	2
1.2.2 回転成形の分類	3
1.3 回転成形の特性と特徴	9
1.3.1 転造の変形の特徴	9
1.3.2 スピニングの変形の特徴	13
1.4 回転成形の利点	15
引用・参考文献	16

## 2. ね じ 転 造

2.1 概 説	18
2.2 加 工 機 械	20
2.2.1 転造方式の分類	20
2.2.2 ねじ転造盤と転造装置	22
2.2.3 ねじ転造ダイス	28
2.2.4 薄肉部品の転造	31

2.2.5	めねじの塑性加工	31
2.2.6	ねじ転造における潤滑	33
2.3	加工力	34
2.3.1	くさび形工具の押込み力	34
2.3.2	ねじ転造力（半径力）	37
2.4	転造ねじの強度	41
2.4.1	おねじの製造方法	41
2.4.2	おねじの疲労強度	48
	引用・参考文献	51

### 3. 歯車・スプライン転造

3.1	概説	53
3.1.1	加工の概略	53
3.1.2	歯車転造の方式	54
3.1.3	歯形部品製造工程での役割	56
3.2	加工の基本的考え方	57
3.2.1	歯の盛上がりと材料流れ	57
3.2.2	幾何学的条件	59
3.2.3	歯に作用する荷重	61
3.3	ラックダイス方式	62
3.3.1	転造装置	62
3.3.2	ラックダイス	63
3.3.3	転造成形品	64
3.4	ローラーダイス方式	65
3.4.1	転造装置	65
3.4.2	スプラインおよび歯車の冷間転造	66
3.4.3	歯車の熱間転造	68
3.4.4	歯車の仕上げ転造	73



---

3.5 その他の歯車転造方式	76
3.5.1 W P M 法	76
3.5.2 Grob 法	77
3.5.3 リングローリング方式	80
3.5.4 かさ歯車の熱間転造	81
引用・参考文献	81

## 4. クロスローリング

4.1 加工方法	84
4.2 クロスローリングの基本的特性	90
4.3 クロスローリングのダイス形状	91
4.3.1 成形角 $\alpha$ , 進行角 $\beta$ の選定	91
4.3.2 成形角 $\alpha$ より大きい傾斜面を成形する切上げ法	93
4.3.3 くびれを防止する方法-1 2段成形法	96
4.3.4 くびれを防止する方法-2 転圧法	98
4.3.5 端面の変形に対する設計手法	99
4.3.6 盛上げ成形	101
4.4 クロスローリングマシン	102
4.5 クロスローリングの用途とその適用例	105
4.5.1 自動車用ギヤ素形材への応用例	106
4.5.2 熱間型鍛造用荒地加工への応用例	109
引用・参考文献	110

## 5. リングローリング

5.1 概説	112
5.2 リングローリングの加工プロセス	115

5.2.1	リングローリングの加工方式	115
5.2.2	リングの製造工程	117
5.2.3	リングローリングにおける加工条件の選定と加工上の課題	122
5.3	リングローリングの解析	125
5.3.1	解析的手法による解析	125
5.3.2	有限要素法による解析	129
5.4	リングローリングのフレキシブル化	132
	引用・参考文献	133

## 6. スピニング

6.1	概 説	137
6.1.1	スピニングの基本加工法	137
6.1.2	スピニングの経済性	139
6.1.3	スピニングにおける加工性	140
6.1.4	スピニングにおける潤滑剤	142
6.1.5	スピニング製品の精度	143
6.1.6	スピニングの適用分野	146
6.2	絞りスピニング	147
6.2.1	絞りスピニングにおける加工手順	147
6.2.2	固定加工条件と流動加工条件（1）の選定	149
6.2.3	流動加工条件（2）の選定	150
6.2.4	円筒形以外の絞りスピニング	157
6.3	しごきスピニング	159
6.3.1	固定加工条件の選定	161
6.3.2	流動加工条件（1）の選定	164
6.3.3	流動加工条件（2）の選定	166
6.3.4	しごきスピニングにおける加工性	167
6.3.5	製品の強度	173

---

6.4 回転しごき加工	176
6.4.1 加工原理と変形機構	176
6.4.2 加工力	182
6.4.3 加工条件と加工性	185
6.5 その他のスピニング	188
6.5.1 鏡板の加工（フランジング）	188
6.5.2 管端閉じ加工（クロージング）	192
6.5.3 ネットキング	194
6.5.4 バルジングとフレアリング	195
6.5.5 縁加工	196
6.5.6 数値制御スピニング	197
6.5.7 スピニングのインテリジェント化とフレキシブル化	200
6.5.8 非軸対称製品のスピニング	202
引用・参考文献	203

## 7. その他の回転成形

7.1 回転鍛造	208
7.1.1 加工方法	208
7.1.2 回転鍛造の応用	214
7.2 ロータリースエージングおよびラジアル鍛造	218
7.2.1 加工方法の概略	218
7.2.2 応用例	222
7.3 傾斜軸転造	224
7.3.1 加工方法の概略	224
7.3.2 球の転造	225
7.3.3 その他の傾斜軸転造	228
7.4 冷間プロフィール転造	236
7.4.1 プーリ転造	236

---

7.4.2	プロフィールリングの転造	238
7.4.3	テーパチューブの転造成形	239
7.4.4	バニシ転造	240
7.5	ディスクローリング	242
7.5.1	加工法と歴史	242
7.5.2	車輪圧延機 (ホイールミル)	243
7.5.3	ディスクリング成形機	248
7.5.4	ディスクローリングの適用の拡大	254
	引用・参考文献	255
<b>索</b>	<b>引</b>	259

## 1.1 回転成形の発展

機械部品や製品の塑性加工では、鍛造やプレス加工に示されるような往復運動を利用したものが主流となっているが、回転運動を利用した二次加工技術が生産性がよさそうだという考えは誰にでもあるだろう。日本塑性加工学会では1969年に、会誌「塑性と加工」に、ねじや歯車の転造、クロスローリングおよびスピニングなどを総括して特集号<sup>1)†</sup>を発刊し、初めて「回転成形」という名称をつけている。当時、これらの技術は個々に採用され、徐々に現場に普及し始めていたから、論文や解説記事という形で収録された意義はきわめて大きい。

最も一般的なねじ転造の発展をみると、油圧式ねじ転造盤がわが国で一般に普及し始めたのが1950年頃であり、それが1965年頃までには世界有数のねじ部品生産国にまでなっている<sup>2)</sup>。ねじ部品の桁違いの量産性や多様性に業界の努力が相まって、この高水準の発展をもたらしたものと想像される。どの素形材加工に対しても、このような発展を期待するわけではないが、さまざまな発想の下に回転成形の特徴を生かして、現在ではいろいろな加工法が展開されている。

多機能を備えた便利な加工機械の開発・製造が行われ、さらにそれらに対応した加工技術が発展して体系化が整い、それぞれの分野で需要も増大して、回

† 肩付き数字は、章末の引用・参考文献番号を表す。

転成形は機械部品・製品の製造に一つの特徴ある塑性加工技術としてその役割を果たすことになった。また、回転運動が自動化、連続化しやすいことから生産ラインへの組込みを可能とし、多種少量生産向きと銘打たれたものも、しだいに中・大量生産へも対応できるスタイルを付け加えることになった。

回転成形は原則として回転対称体製品の製造に限られるが、素形材加工技術に関する全国調査の結果<sup>3)</sup>をみると、素形材全製品5445点の約50%が回転対称体である。しかし、塑性加工されている2309点のうちわずか2.1%が回転成形されているにすぎない。これは逆説的にいうと、回転成形に関する知識とその普及が十分でないこと、まだまだその利用・発展の余地が将来にあることを物語っている。

## 1.2 回転成形の原理と分類

### 1.2.1 回転成形の加工原理

回転成形は、棒状、管状および板状のブランク（被加工材、素材）を回転させ、工具との局所的な接触による塑性変形の繰返しによって徐々に全体の製品形状を創成していく加工法であり、典型的なインクリメンタルフォーミングである。棒材の回転成形は転造、板材の回転成形はスピニングと呼ばれている。回転成形はしばしば回転塑性加工、または回転加工と呼ばれることもある。

一般に、ねじ転造、歯車転造、プロフィール転造（ボール転造など種々のプロフィールの転造）、クロスローリング、ヘリカルローリング、リングローリング、ディスクローリング、回転鍛造（揺動鍛造）、ロータリースエージング、ラジアル鍛造、絞りスピニング、しごきスピニングおよび回転しごき加工などの塑性加工が、回転成形に含まれる<sup>4)~6)</sup>と考えられている。

同一の枠の中に、大量生産の典型例であるねじ転造と多種少量生産の典型例と考えられているスピニング（絞りスピニング、しごきスピニング、回転しごき加工）を含めることに違和感を覚えるかもしれないが、その変形機構や材料流れには共通するところが多い。回転鍛造（揺動鍛造）、ハウジング回転方式

のロータリースエージングおよびラジアル鍛造では、ブランクが回転しない加工法の場合が多く、この場合は前述の回転成形の定義から外れるが、ブランクと工具の相対運動はブランクが回転する場合と同一とみなすことができるので、本書では回転成形に含めている。

転造においては、通常は図 1.1 (a) のようにブランクを 2 個のローラーで挟んで転造し、横転造と呼んでいる。製品の長さがローラーの幅  $L$  によって制限を受けるので、長い製品を転造する場合には図 (b) のようにローラー軸をブランク軸に対して傾けて軸方向送りを生じさせるクロスヘリカル転造（傾斜軸転造）を利用し、一般に通し転造（スルーフィード転造）と呼んでいる。また、ローラーの軸とブランクの軸が直角で交わると、図 (c) の縦転造となり、歯車やスプラインを転造する Grob 法がその一例である。

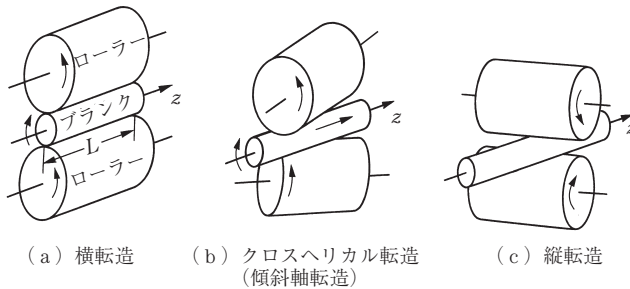


図 1.1 丸棒の転造

### 1.2.2 回転成形の分類

回転成形における材料流れを考えるために、図 1.2 および図 1.3 のように円筒座標系  $(r, \theta, z)$  の  $z$  軸のまわりを回転しているブランクに対して、成形角  $\alpha$  の工具（ローラー）を半径方向 ( $r$  方向) から加圧する場合を考える。その際、工具（ローラー）とブランクの（投影）接触面の円周方向長さを  $B$ 、軸方向長さを  $L$  とすると、成形角  $\alpha$  と接触長さ比  $L/B$  の値の組合せなどによって、工具の瞬間的な押込み（工具の送り速度または押込み速度）に対する主たる材料流れは図 1.3 のように分類できる<sup>4), 7), 8)</sup>。

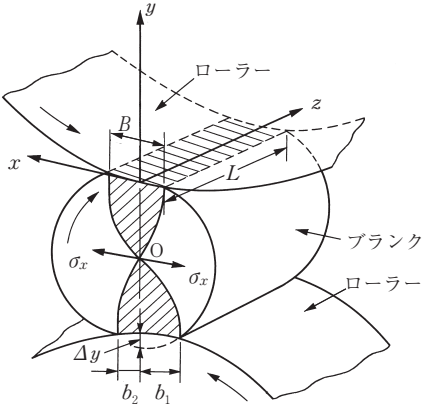


図 1.2 回転成形の変形

成形角 $\alpha$	接触形態	$L/B < 1$	$L/B > 1$
	流れ傾向 目的	軸方向流れ ( $rz$ 面内の変形)	円周方向流れ ( $r\theta$ 面内の変形)
大	半径流れ	<p>ねじの転造</p>	<p>歯車の転造</p>
		<p>クロスローリング</p>	<p>リングローリング</p>
小	流れ傾向と同じ	<p>回転しごき加工</p>	

図 1.3 回転成形における主たる材料流れ<sup>4), 7), 8)</sup>



実際の回転成形の個々の変形過程は複雑な三次元変形であるが、工具やブランク（被加工物）自身による拘束を利用して、材料にとって変形の瞬間に流れやすい方向と流れにくい方向とを作ることができ、材料流れの制御が可能となる。

$L/B < 1$  の場合には、軸方向流れ（ $z$  方向流れ）が優先される。三次元の材料流れで円周方向にも材料流れが存在するが、主たる材料流れは軸方向であるという意味である。軸方向の面に対して工具の成形角  $\alpha$  が大きく傾いているねじ転造では、 $rz$  面内で理想的に軸方向流れを半径方向流れ（ $r$  方向流れ）に変えている。成形角  $\alpha$  が小さい場合には、半径方向流れを起こささないで軸方向流れが主目的であるクロスローリングとなり、管材の場合には回転しごき加工となる。

これに対して  $L/B > 1$  の場合には、円周方向流れ（ $\theta$  方向流れ）が優先されて、 $r\theta$  面内の変形が主となる。成形角  $\alpha$  が大きければ、円周方向流れは半径方向流れに変えられて、歯車やスプラインの転造となる。リングローリングでは、平ロール（プレーンロール）が普通に用いられるので、 $\alpha = 0$  と考えれば、円周方向にのみ材料が流れてリングの直径を大きくする主目的が達成される。回転成形は局所的な接触による塑性変形の繰返しであるから、所望の形状と製品の機能に対して、材料流れをうまく制御することが回転成形採用の鍵となる。

図 1.3 のような回転成形における材料流れを念頭において、回転成形をブランク形状、工具の加圧方向および材料流れの方向等から整理すると、**図 1.4**<sup>4),9)</sup> のように分類できる。図 1.2 および図 1.3 の場合と同様にブランクは  $z$  軸のまわりを回転し、工具は図中の矢印の方向にブランクを加圧するものとする。例えば、ブランクの形状によって棒材〔A〕、板材〔B〕および管材〔C〕に分類し、また、工具の加圧方向が主として半径方向（ $r$  方向）であるものを（I）および（II）（（I）および（II）の区別は後述）、軸方向（ $z$  方向）であるものを（III）と分類する。

### 〔1〕棒材の回転成形

まず、一般に転造と呼ばれている棒材の回転成形の図 1.4〔A〕において、ブランクを半径方向（ $r$  方向）から加圧する場合を考える。 $rz$  面内で材料流

# 索引

<b>【あ】</b>	——の基本形式	209	クロスローリング	5, 6, 84
アキシヤルロール	——の変形機構	211	——で成形した段付き軸	
113, 116, 120	ガイドロール	117	——の基本的特性	90
圧力ロール	カウンターギヤ素形材	106, 107	——の基本的なダイス	85
歩 き	鏡板の加工	188	——の成形の過程	86
	加工限界	168	——のダイス形状	91
<b>【い】</b>	加工硬化指数	169	——のフラットダイ方式	
異形断面	加工3分力	161, 162,	——の盛上げ成形	101
インクリメンタルリング		164, 167	——の用途	105
ローリング	加工性	140, 167, 187	——のロールダイ方式	84
インテリジェント化	加工熱処理	176	クロスローリングマシン	103
インフィード転造	加工力	182	<b>【け】</b>	
インボリュート曲線	かさ歯車の熱間転造	81	経済性	139
150, 151	壁厚減少率	162, 170, 178,	傾斜軸転造	3, 224
<b>【え】</b>		180, 186	限界円すい半角	171
エキスパンディング	カーリング	196	限界壁厚減少率	142, 171,
エネルギー法	環 節	138, 149, 180		186
円周力	管端閉じ	8, 192	限界絞り比	142, 150
円すい形			限界ローラー送り速度	170
円すい半角	<b>【き】</b>		<b>【こ】</b>	
	基円半径	150, 152, 154	後期パス	152, 155
<b>【お】</b>	基 点	150, 154	後方回転しごき加工	176, 183
往復絞り	キャピテイ	123	固定加工条件	148, 149, 161
送り力	球の転造	226	コニシテイ	123
押付け転造	切上げ法	93	ころ状部品の転造	228
押付け力	<b>【く】</b>		コーン形3個ロールによる	
161, 180, 182	矩形断面	113, 115	転造	232
<b>【か】</b>	くさび形工具	34, 35, 37, 38	<b>【さ】</b>	
回転しごき加工	口絞り	193, 194	最大壁厚減少率	171, 181,
5, 8, 138,	駆動ロール	116		187
176	クリアランス	148, 149, 163		
回転成形	クロージング	8, 192		
回転鍛造	クロスヘリカル転造	3		
7, 208				
——の応用				
214				
——の加工原理				
208				

最適パススケジュール	155	スレッドローリング	19, 40	ディッシング	123, 187
差速式ねじ転造盤	24			テーパチューブの転造成形	239
皿形	123	<b>【せ・そ】</b>		転圧法	96, 98
皿付け	187	成形角	181, 185	転造	2, 5, 9
残留応力	50	成形角 $\alpha$	91	転造アタッチメント	26
		成形性	142, 171	転造効果	41
<b>【し】</b>		成形転造法	53	転造後熱処理	42, 44
シェアフォーミング	138	成形難易度	142	転造品に生じる代表的な	
時効処理	175	正弦則	138, 159	欠陥例	90
しごきスピニング	138, 159	精度	143	転造力	22, 24, 31, 37
実質送り速度	178, 183, 186	製品欠陥	178		
自動車用ギヤ素形材への		製品高さ	149, 152, 155, 156	<b>【と】</b>	
応用例	106	セグメントダイス	20, 25	通し転造	3, 21, 24, 30
絞り	170, 171, 187	接線方向転造	21, 26	ドーミング	192
絞り-しごきスピニング	146	センタリングロール	112, 120	トリミング	196
絞りスピニング	138, 147, 157, 159	前方回転しごき加工	176, 183	トレーサーロール	119
シーミング	197	創成転造ダイス	60		
車輪圧延機	243	創成転造法	53	<b>【な～ね】</b>	
潤滑剤	142			波打ち	123
上界法	126	<b>【た・ち】</b>		波形	123
初期パス	151	ダイス	54	2段成形法	96
——の立上がり角	151, 153, 158	——の歯に作用する荷重	61	ねじ転造	5, 6, 18, 19
しわ	147, 149, 153, 164, 167, 169	多サイクル加工	147	ねじ転造アタッチメント	20
しわ発生係数	169	多サイクル絞りスピニング	147	ねじ転造装置	20, 26
進行角 $\beta$	91	縦転造	3	ねじ転造ダイス	28
		単純絞りスピニング	148	ねじ転造盤	20
<b>【す】</b>		単純せん断モデル	160	ねじ転造ヘッド	20, 26
数値制御スピニング	198, 200	段付き中空部品の転造	229	熱間型鍛造用荒地加工への	
スタagger	186	チューブスピニング	8, 138, 176	応用例	109
スタaggerローラー	164, 185	張力	186	熱間転造歯車の品質	72
スピナビリティ	142			熱間リングローリング	117
スピニング	2, 7, 13, 137	<b>【て】</b>		ネッキング	8, 193, 194
スプライン転造	7	定常状態	180	熱処理後転造	42, 44
スプラインの冷間転造	66	ディスクリング成形機	248		
スプリッティング	8	ディスクリング成形品	250	<b>【は】</b>	
すべり線場	34, 40, 126	ディスクローリング	8, 242	歯車	53
スラブ法	37, 125	ティーチン・プレイ		——の仕上げ転造	73
スルーフィード転造	3, 21, 24, 30	バックスピニング	199	——の熱間転造	68
スレッドフォーミング	19, 40			——の熱間転造の転造	
				条件	71
				——の冷間転造	66

歯車転造 7, 53	ブランク回転速度 149	ラジアル鍛造 6, 218, 219, 220, 224
——における歯の盛上がり 57	ブランク周速 166	ラジアルリングローリング 115
——の幾何学的条件 59	ブランク直径 161, 166	ラックダイス式転造装置 62
——の方式 54	プランジ転造 24	<b>【り・れ】</b>
——のラックダイス方式 62	フランジング 187	リッジング 197
——のローラーダイス方式 65	フリクションスピニング 201	流動加工条件 148, 149, 150, 164, 166
パススケジュール 148, 159	プーリ転造 236	リングローリング 5, 8, 112, 119
パスプログラミング 157, 159	プリフォーム 118	リングローリング方式 80
破断 147, 149, 153, 167, 169	フレアリング 196	冷間リングローリング 117
パニシ転造 240	フレキシブル化 201	レーザーアシストスピニング 201
バルジング 8, 195	プロフィール転造 6	<b>【ろ】</b>
半径方向転造 21, 26	プロフィールリングの転造 238	ロータリー式転造盤 25
半径力 24, 37	フローフォーミング 138, 176	ロータリースエージング 6, 218
<b>【ひ】</b>	<b>【へ・ほ】</b>	——の応用例 222
引 け 123	ヘミング 197	ローラー 137, 149, 164, 177, 185
非軸対称製品 202	へら絞り 138, 147	ローラー送り速度 153, 155, 158, 165, 166, 170
非調質ボルト 45	ヘリカルローリング 6, 234	ローラー直径 164, 186
ピッチ 150, 153, 155, 157, 158	ホイールミル 243	ローラーパス形状 150
非定常状態 180	ボスフォーミング 8	ローラーパス経路 151
ビーディング 197	<b>【ま】</b>	ローラー丸み半径 149, 165, 185
ひも出し 197	マイクロスピニング 188	ロールタップ 32
平ダイス 20, 22, 28	丸ダイス 20, 23, 25, 29	CNC スピニング加工機 199
平ダイスねじ転造盤 22	丸ダイスねじ転造盤 23	Grob 法 77
疲労強度 42, 43, 44, 48, 50	マンドレル 112, 115, 119, 137, 149	<i>n</i> 値 169
<b>【ふ】</b>	<b>【み〜も】</b>	PNC スピニング加工機 199
ファイバーフロー 19, 23, 32, 41	ミッションギヤ素形材 108	PSW 法 235
フィッシュテール 116, 123	メインロール 112, 115, 119	WPM 法 76
フィードマーク 154, 167	盛上がり 178, 181, 182	1パスリングローリング 115
フィン付きチューブの転造 229	盛上がり率 180, 181	2パスリングローリング 116
縁加工 139, 196	盛上げタップ 19, 32	2ローラーダイス転造装置 65
縁巻き 196	<b>【ゆ・よ】</b>	
プラネタリーねじ転造盤 25	有限要素法 129	
ブランク板厚 162	揺動鍛造 7	
ブランク回転数 165	横転造 3	
	<b>【ら】</b>	
	ラジアル-アキシャルリングローリング 115	

## 回転成形——転造とスピニングの基礎と応用——

Rotary Forming — Fundamentals and Applications of Form Rolling and Spinning —

© 一般社団法人 日本塑性加工学会 2019

2019年5月7日 初版第1刷発行

検印省略

編 者 一般社団法人  
日本塑性加工学会  
発行者 株式会社 コロナ社  
代表者 牛来真也  
印刷所 萩原印刷株式会社  
製本所 有限会社 愛千製本所

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

発行所 株式会社 コロナ社

CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替 00140-8-14844・電話 (03)3941-3131(代)

ホームページ <http://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-04382-2 C3353 Printed in Japan

(高橋)



本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられています。  
購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めていません。  
落丁・乱丁はお取替えいたします。