

鍛造加工技術・技能マニュアル

平成 10 年度「技術・技能の客観化、マニュアル化等」作成事業

平成 11 年 3 月

中 小 企 業 事 業 団

はじめに

本書は、中小企業事業団の平成10年度『ものづくり人材支援基盤整備事業に係る技能の客観化、マニュアル化等』の事業の支援をいただき、『日本の中小製造業の現場では、熟練技術の伝承、継承の体制がしばしば未整備であり、技術者の高齢化に相まって製造能力の維持と高度化が困難な状況になっている。日本の産業を支え、技術の高度化を今日まで発展、維持してきた中小製造業が有する高い技術を伝承可能なものとし、一般的に利用可能な形態にするために、技術・技能のマニュアル化、ビデオ化等を行い、その成果について、業界団体を通じて各中小企業に普及するものとする。』という目的のもとに、社団法人全日本鍛造協会が作成した鋼鍛造に関する技術・技能のマニュアルが本書である。

鍛造産業は、素材に鍛造加工技術を利用して形状を付与して、自動車、土木・建築、産業機械等に供給するという、いわば、素材産業と基幹産業を結び付ける重要な役割を担っている。自動車、土木・建築、産業機械等を中心とするわが国経済の発展にとって、鍛造産業の今日まで果たしてきた役割は極めて大きいものがあつたし、今後もその重要性は変わらない。

日本の鍛造業界は従業員が10名から100名位と多岐にわたっているが、技術が日に日に高度化してきており、新入技術者、技能者を出来るだけ早急に訓練、教育していく必要にかられている。さらに、鍛造技術は、型と被加工材料との組み合わせによる、レオロジー現象、材料の変形能、塑性流動を主にしているため、型技術、加熱技術、潤滑技術等に多くの経験とノウハウが必要になっている総合技術である。現在かつ今後も要求されていく鍛造の活路が開ける軽量化、部品点数削減、複合化、ネットシェイプ化によるコストダウンは、個々の技術が完成されても達成されるものではないため、鍛造加工工程全般にわたって、鍛造技術・技能のマニュアルの作成が必要である。以前からもそのマニュアルの製作の必要性が会員各社より要望されていた。その要望の主は、熟練技術者、技能者の高齢化が顕著になり、それに変わる新入技術者、技能者を出来るだけ早急に訓練、教育していくにも、まとまったマニュアル資料集がないままに、製造現場での熟練技術者、技能者の多忙さにより、指導時間が割けず、技術・技能の伝承が十分ではないことからである。今後は、本マニュアルを材料として、年数回にわたって、かつ各地域で、あるいは各企業の現場の機械を使って体系的な研修会を開健し、技術・技能の客観化と技術・技能の伝承を確たるものにしていく予定である。

ここに本書を作成するにあたり、ご指導、ご援助をいただいた通商産業省ならびに中小企業事業団に深く感謝の意を表するとともに、関係各位に厚く御礼申し上げるものである。

本書が関係方面に十分活用されて、わが国鍛造業界の発展に寄与することを願う次第である。

平成11年3月

鍛造加工「技術・技能客観化、
マニュアル化等」作成委員会
委員長 本村 頁

鍛造加工「技術・技能客観化、マニュアル化等」作成委員会委員名簿

(敬称略・順不同)

委員長	本村 頁	早稲田大学理工学部教授
副委員長	近藤一義	名古屋大学工学部教授
委員	石永信行	アイダエンジニアリング株式会社 開発本部技術研究所研究部部長代行
委員	高野隆彦	愛知製鋼株式会社第2生産技術部主査
委員	内野恵司	株式会社ウチノ取締役
委員	備前雅一	株式会社栗本城工所鍛圧機技術部員
委員	高野久史	タイホー工業株式会社プラント事業部技締課長
委員	岩田健二	財団法人鍛造技術研究所

委員 村岡純一 株式会社日鍛製作所取締役
委員 芦田守 日本黒鉛工業株式会社第一製造技術部係長
委員 小笠原俊俊 日本パーカライジング株式会社
製品事業本部 技術統括部担当課長
委員 小森誠 日立金属株式会社特殊鋼事業部 技術部
委員 白井良幸 株式会社牧野フライス製作所
金型加工技術センター切削担当マネージャー
委員 重森靖男 株式会社万陽製造部長
委員 小林秋男 三菱製鋼株式会社宇都宮製作所技術部主席
委員 四宮昭夫 株式会社ゴースュー技術第二グループ主事
委員 村上恭二 サムテック株式会社取締役工場長
委員 及川孔 第一鍛造株式会社技術部材料グループ長
委員 賛辞 TDF 株式会社宮城工場主事補
委員 鹿田吉彦 浪速鍛工株式会社代表取締役社長
委員 黒川晴夫 株式会社メタルアート技術部設計室長
委員 井田克敬 理研鍛造株式会社生産技術部次長
委員 横田勝男 社団法人全日本鍛造協会事務局長
委員 鈴木太 社団法人全日本鍛造協会職員

目 次

はじめに

第1章 鍛造加工の概要	1
1.1 鍛造の目的	1
1.2 鍛造の種類および特徴	1
1.2.1 加工温度による分類	1
1.2.2 工具形式または運動方式による分類	2
1.3 鍛造素材	4
1.3.1 素材	4
(1) 鍛造素材に要求される特性	4
(2) 鍛造素材の種類と用途	4
(3) 鍛造素材の特性	7
(4) 鍛造素材の試験方法	12
1.3.2 金型材料	13
(1) 温・熱間鍛造金型	13
損耗現象と要求特性	13
金型材料の選択基準	14
(2) 冷間鍛造金型	15
損耗現象と要求特性	15
金型材料の選択基準	16
1.4 鍛造法案	17
1.4.1 型設計「熱間」	17
(1) 鍛造品において設計上考慮すべき事項	17
(2) 型設計例	18
1.4.2 型設計「冷間」	20
(1) 冷間鍛造の基本工法	20
(2) 冷間鍛造の型設計	20
1.4.3 金型加工法	20
(1) 金型加工法の変遷	20
(2) 最近の加工法	21
高速直彫り加工	22
高速形彫り放電加工	23
1.5 鍛造機械および設備	25
1.5.1 鍛造機械	25
(1) 鍛造機械の種類	25
(2) プレス機械	26
(3) 熱間鍛造・冷間鍛造とプレス機械	31
(4) ハンマ	33
(5) 鍛造作業の安全性と点検	34

1.5.2	鍛造プロセス	37
1.5.3	切断	40
	(1) 鍛造用素材切断について	40
	(2) 鍛造用素材に要求される切断品質	40
	(3) 鋸による切断	40
1.5.4	加熱	41
	(1) 加熱の概要	41
	(2) 燃焼加熱	42
	(3) 電気加熱	43
1.5.5	潤滑	44
	(1) 熱間鍛造の潤滑	44
	(2) 冷間鍛造の潤滑	44
1.5.6	鍛造	47
	(1) 熱間型鍛造	47
	(2) 複合鍛造	48
	(3) 冷間鍛造	49
1.5.7	熱処理	50
	(1) 熱処理の意義と目的	50
	(2) 鉄 - 炭素系平衡状態図	50
	(3) 熱処理の種類	51
1.5.8	仕上・検査	51
第2章		54
2.1	素材切断	54
2.1.1	シャー切断	54
	(1) ビレットシャーの切断機構	55
	(2) 拘束切断方式	55
	(3) 超精密切断方式	55
	(4) 切断刃・せん断における破断理論	56
	(5) 切断機の自動化及び高精度化	63
	(6) シャー切断における一般的な作業手順	65
	(7) 試験切断の手順	66
	(8) 切断ビレットの精度測定及び器具	67
2.1.2	切削による切断	69
	(1) 丸鋸刃による切断	69
	(2) 帯鋸刃による切断	70
	(3) 切削加工前の留意点	71
	(4) 切断速さ(切削率)	71
	(5) きれいに切断(切断精度)	71
	(6) 鋸刃寿命	71

(7) 最近の帯鋸盤	72
2.2 加熱	73
2.2.1 燃焼加熱	73
(1) 燃焼炉の種類とその特徴	73
(2) 燃焼炉における今後の動向	74
(3) 燃焼炉の保守点検例	74
2.2.2 電気加熱	75
(1) 誘導加熱装置	75
(2) 誘導加熱装置の特徴	75
(3) 誘導加熱装置の種類	75
(4) 新しく装置を計画する上での確認事項	77
(5) 適正周波数について	77
(6) 加熱コイル径について	77
(7) 高調波について	77
(8) 誘導加熱装置の保守点検例	78
(9) 誘導加熱装置における最近の動向	78
2.3 潤滑	82
2.3.1 熱間鍛造の潤滑	82
(1) 潤滑剤の目的	82
(2) 潤滑剤の機能	82
(3) 潤滑剤の種類および特徴	82
(4) 潤滑剤の選択および使用方法	84
(5) 潤滑剤の管理	85
2.3.2 冷間鍛造の潤滑	86
(1) 鋼の潤滑	86
(2) ステンレス鋼の潤滑処理	91
(3) チタンの潤滑処理	92
2.4 熱処理	94
2.4.1 焼き入れ、焼き戻し	94
2.4.2 焼きならし（焼準）	96
2.4.3 焼きなまし（焼鈍）	96
2.4.4 鍛造自熱を利用した熱処理	98
2.4.5 各熱処理後の組織写真	99
2.4.6 各種熱処理設備	99
2.5 仕上・検査	105
2.5.1 仕上	105
(1) 鍛造品の表面処理	105
(2) 酸洗い	106
2.5.2 曲げ矯正・サイジング	107
2.5.3 さび止め	108

2.5.4	検査	108
(1)	材料受入検査	108
(2)	材質検査方法	109
(3)	金型検査	110
(4)	試打ち検査、けがき検査	110
(5)	完成検査	110
第3章	主要型鍛造品の製造工程事例	112
3.1	熱間型鍛造製品	112
3.1.1	自動車用	112
1	デフリングギヤ	112
2	クランクシャフト	113
3	ギヤ、カウンター	118
4	ハブユニット	120
5	コネクティングロット	122
6	セカンダリーシャフト	124
7	ギヤファイナル	126
8	フロントアクスル	128
9	トランスミッションの軸付ギヤ	130
10	トラック用ステアリングナックル	132
11	トラック用ステアリングナックルアーム	134
12	トラック用リヤーアクスルパイプ	136
13	二輪用分割クランクシャフト	138
3.1.2	建設機械用	140
14	トラックリンク	140
15	ツース	144
3.1.3	その他用	148
16	高所作業用フック	148
17	Y . 1.6 t フックカバー	150
18	工具用ベンチ	152
19	工具用ニッパ	154
20	ベアリングリング	156
21	ギヤブランク	158
22	石油掘削用ビッドボディー	160
3.2	複合型鍛造品	162
3.2.1	自動車用	162
23	自動二輪用ギヤ、フォースピニオン	162
24	ハウジングエンド	166
25	クラッチドラム	168

26	ロッドシャフト	172
27	ワンピースクラッチギヤ	174
28	リヤアクスルシャフト	178
3.3	冷間型鍛造品	182
3.3.1	自動車用	182
29	デフロック、スリーブ	182
30	シンクロギヤ	184
31	タービンシャフト	188
32	CVJ インナーレース	192
3.3.2	その他用	194
33	軸付内歯車	194

〔製品事例提供企業〕

(順不同)

アイコクアルファ株式会社
 愛知製鋼株式会社
 株式会社ゴーシュー
 サムテック株式会社
 第一鍛造株式会社
 T D F 株式会社
 トヨタ自動車株式会社

浪速鍛工株式会社
 福光精機株式会社
 株式会社メタルアート
 三菱製鋼株式会社宇都宮製作所
 冷間鍛造株式会社
 理研鍛造株式会社

第1章 鍛造加工の概要

1.1 鍛造の目的

金属素材を打撃・加圧することにより、目的の形状を造ることを「鍛造」といい、この方法で製造されたものを鍛造品という。

鍛造の目的は、材質改善（鍛錬）と成形の二つである。

(1)溶けた金属を固めた鑄塊（インゴット）は、材枝状晶と呼ばれる粗大な組織を持ち、性質がよくないので、加熱状態で打撃・加圧し、組織にゆがみを与えて再結晶を促し、緻密で均質な組織に変えて機械的性質を改善する。

(2)上記により製造された鍛造素材を、加熱状態または室温で打撃・加圧し、目的の形状に成形する。

1.2 鍛造の種類および特徴

1.2.1 加工温度による分類

(1) 熱間鍛造

材料を加熱すると、変形を受けてゆがんでいた結晶が、再びゆがみのない新たな結晶粒となる温度を再結晶温度といい、この温度以上で行われる鍛造をいう。

加熱により変形抵抗が低くなる上、再結晶により常に元の変形能を回復しながら加工が行われるため、室温では加工できない材料が加工できたり、一度に大きな変形を与えることができ、複雑な形状の製品の製造が可能である。

材料が凝固したままの粗大な組織を加熱状態で打撃・加圧すると、結晶粒に大きなゆがみが生じ、再結晶が始まる。結晶粒のゆがみが厳しいほど再結晶の核（出発点）が沢山でき、結晶粒が細くなるため、緻密で均質な組織ができる。

このような材質改善（鍛錬）に必要な加工率は、鍛錬成形比図1で表し、この値が4以上必要である。工具や刃物材になると10程度にしないといけない。

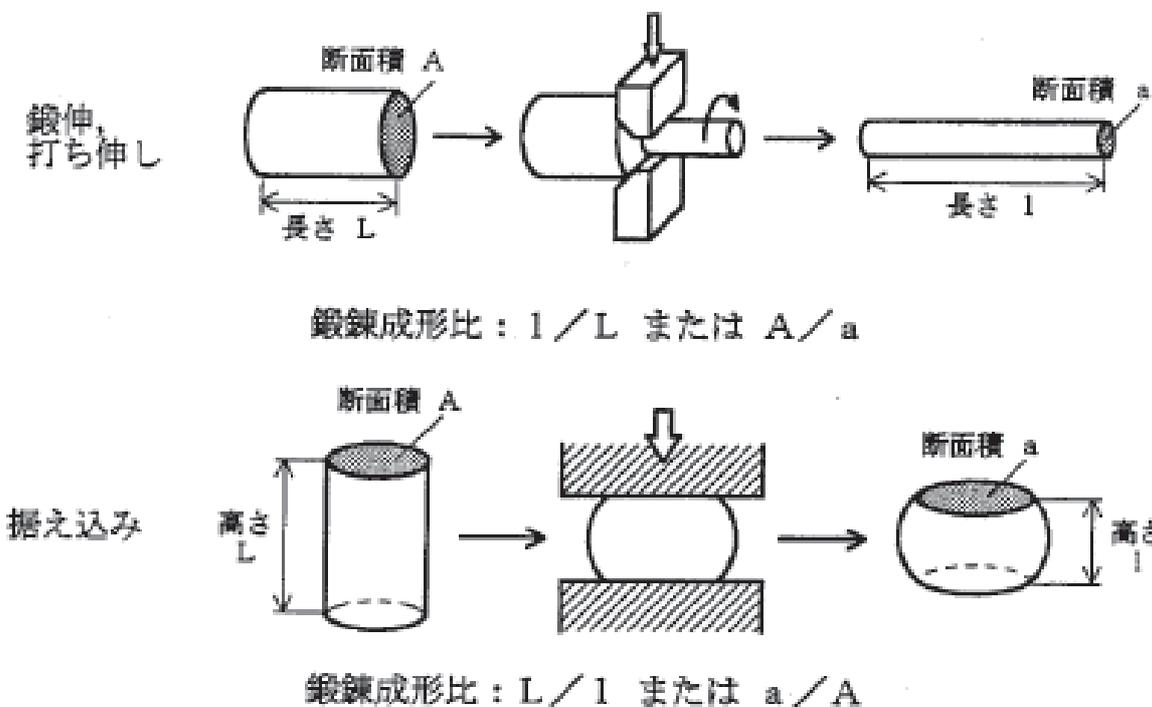


図1 鍛錬成形比



図 2 鍛流線

熱間鍛造の第一の目的は材料の鍛錬であるが、その最終段階で所望の製品形状を造りだすことが次の狙いとなる。このため、小物部品の場合には、素材の棒材の製造段階で材質改善がなされ、成形が主体となる。

成形に際して製品輪郭に従う結晶組織の流れが生じ、それが材料内部に鍛流線、図2を形成する。この鍛流線に沿う方向の材料性質の強化が顕著なため、成形により製品としての実体強度が高まる。

成形の立場から見ると、熱間鍛造は加熱による酸化膜の生成、冷却収縮による寸法、形状変化等精度の得にくい条件が重なるため、後続の仕上げ加工が不可欠である。また、熱を伴うため作業環境はよくない。

型は常に高温にさらされるため、寿命が約2千～5千個と比較的短い。

(2) 冷間鍛造

材料を加熱しないで室温で行う鍛造をいう。上記の熱間鍛造に比べ、変形抵抗が高く、変形能が小さいという悪条件が重なり、型工具の破拐や製品の割れの危険があるため、一度に与え得る変形量が小さくなるが、得られる製品の表面はきれい寸法、形状精度もよいため、後仕上げの必要がなく、高精度に適した加工法である。

強さと変形能を兼ね備えた素材や強い型工具材の開発により、冷間鍛造の適用が広がっている。成形の際の加工硬度が製品の強化にも役立つ。

型寿命は、数千から数十万個以上と熱間鍛造より長い。

鍛造後の熱処理による強化の際ひずみが生じ、折角得られた高い精度が、悪化することがあるため、低熱処理ひずみ材や低ひずみ熱処理法の開発が進められている。

(3) 温間鍛造

上記の熱間鍛造と冷間鍛造の長所を合せ持たせることを目的に、両者の中間の温度で行う鍛造法をいう。変形能の増大と変形抵抗の低減をある程度実現し、しかも表面酸化を特別な後加工を要しない程度に抑え、加工硬度も利用しようとするものである。

兼ね合わせを狙ったものだけに、適性条件の選定範囲は狭く、選定を誤れば逆に両方の短所が現れてしまうため、注意を要する。

変形抵抗の低減が主目的の時は高い温度を、また精度向上を目指す時は低い日の温度を用いている。製品精度、型寿命とも両者の中間数値に収まる。

(4) 複合鍛造

熱間または温間鍛造で複雑な形状を成形した後、冷間鍛造で精度を高めるという組み合わせの鍛造法が複合鍛造と呼ばれ、急速に広まっている。

熱間または温間鍛造の後、簡単な中間切削を行うことにより、最終の冷間鍛造での精度が顕著に向上している。

(5) 恒温鍛造

耐熱性を要する難加工材を鍛造する場合、温度変化を少なくするため金型を加熱して行うもの。

1.2.2 工具形式または運動形式による分類

(1) 自由鍛造

平面あるいは単純な曲面を持つ上下二つの加圧板の間に加熱された材料をはさんで圧縮し、材料移動、拘

転させて各部分を断続的に加圧して、種々の形状の製品を自由に成形する方法をいう。大・中形品の多品種少量生産に向くが、作業者の技能に負うところが大きい。

自由鍛造は、鑄塊や鍛錬や予備成形、次に述べる型鍛造のための素材荒地をつくる場合に用いられる。治工具を補助的に用いることにより、切込みや分割も行われ、多様な製品が成形できる。

(2) 型鍛造

図3のように圧縮工具面に所望の製品形状の雌型を彫った鍛造型内に、製品体積よりやや大きな体積を持つ荒地素材を加熱状態または室温のまま入れ加圧成形する方法で、同一形状の製品を大量生産する場合に用いられる。

素材を鍛造型内に充満させるため、上下型の合わせ目から流出してゆく材料をうまく制御しなくてはならない。

このために、図示のフラッシュランド（バリ道）とガッター（バリ溜り）が設けられ、

フラッシュランドでの摩擦および変形抵抗の増加による流出抵抗により内圧を高め、型の隅々まで材料を充たすとともに最終的に余った材料をガッターへ流出させる役割をしている。

次工程でバリを抜き落として加工を終える。

(3) すえ込み鍛造

素材を軸方向に圧縮し、断面積を広げる場合が一般的なすえ込みであるが、特に素材の一部または端部を太める場合をいう。ねじ、ボルト、リベットなどの造頭加工が代表的なものである。

図4のように、素材をダイス欠から長さLだけ出して保持し、その頭をたたいてすえ込む場合、Lが素材直径Dの約2.5倍以下でないと座属して折れ込んでしまう。大きな頭を必要とし、L/Dが3倍以上のときは、同図()のように、先端を保持した1打目を含めた2段打ちとする。

多段打ちの適用限界がほぼ次のように示される。

2段打ちで L/D 4.5 (最大5.5)

3段打ちで L/D 6.5 (最大8.0)

(4) 回転鍛造

回転する工具で材料を局部的に加圧しながら順次全体形状を成形する一連の加工法をいう。加工時間は長くなるが、加圧が衝撃的でないため静かで、しかも逐次加工により加工力も加工面圧も低くできるという特徴を持つ。しかし、逐次加工で工具の運動面によって形状が決まり、全体形状が工具によって規定されていないため、精度の確保に弊しさがある。

円柱のすえ込みにおいて、平面工具によって代えて門徒形工具の軸を傾けて材料を一部加圧し、垂直軸の周りをすりこぎ運動させることによって、円周方向に順次すえ込んでゆく「揺動鍛造」、リング半製品を数個のロールの間で成形する「リングローリング」、丸棒材を回転させながらくさび状工具を順次食い込ませ材料を軸方向に流

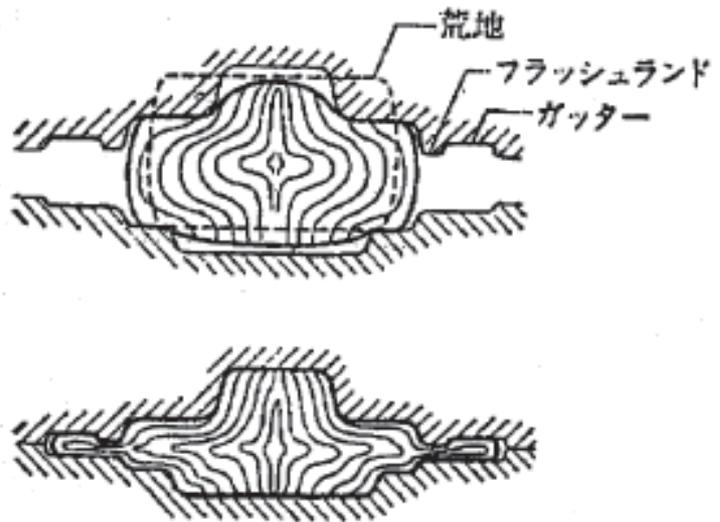


図3 型鍛造

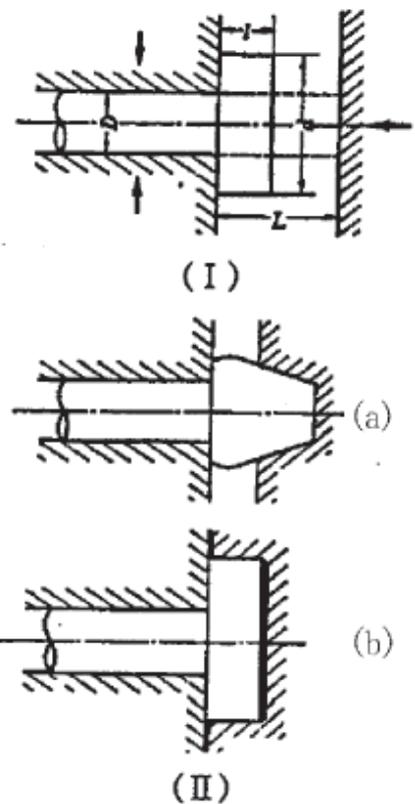


図4 造頭すえ込み加工

動させて段付軸を作る「クロスローリング」などがある。

1.3 鍛造素材

1.3.1 素材

(1) 鍛造素材に要求される特性

鍛造品には、それらから製造される部品の用途に応じて各種の強度特性、耐食性、耐熱性などの特性が必要であり、これら特性を満足する鍛造素材を選定する必要がある。また鍛造素材に要求される特性としては、これらの部品特性だけでなく、素材、鍛造、部品加工および熱処理などの部品製造プロセスにかかわる特性も重要である。

例えば素材の表面品質および内部品質は変形能などの鍛造性に影響をおよぼし、また焼入性あるいは表面処理性は部品の強度特性に大きな影響をおよぼす。これら鍛造素材に要求される特性を表1にまとめて示す。したがって鍛造素材の選定にあたっては、対象とする鍛造品の要求特性を部品製造プロセスも含め

表1 鍛造素材に対する要求特性

		鍛造素材に対する主な要求特性
部品特性		・強度特性 : 引張強さ、疲労強度、耐磨耗性、衝撃強度など ・耐食性、耐熱性など
部品製造プロセス	素材	・形状、寸法およびその許容差 ・表面品質 : 表面キズ、脱炭 ・内部品質 : 非金属介在物、内部欠陥、備析など
	鍛造	・熱間加工性 : 熱間変形抵抗、熱間変形能など ・冷間加工性 : 冷間変形抵抗、冷間変形能、潤滑処理性など
	部品加工	・切削加工性、溶接性など
	熱処理	・焼入性・表面処理性 : 浸炭焼入れ、高周波焼入れ、窒化

て明確にすることが重要である。

(2) 鍛造素材の種類と用途

鍛造品は主に機械構造部品および一般構造部品に用いられており、これら部品の要求特性に応じて各種の鍛造素材が使用されている。鍛造素材は機械構造用鋼、ステンレス鋼などの鉄鋼材料とアルミニウム合金、チタンなどの非鉄材料に大きく分類されるが、ここでは工業的重要性が高く、また実際の鍛造品の多くに使用されている鉄鋼材料について述べる。

機械構造用鋼

自動車あるいは建設機械などにおいて強度上信頼性の必要な部品の多くには強靱性に優れる機械構造用鋼が使用されている。また機械構造用鋼には多くの種類があり、部品に対する要求特性と経済性の観点から使い分けされている。表2に機械構造用鋼

のJIS規格を示す。またこれらの中から代表的な鋼種の主要化学成分と用途例を表3に示す。機械構造用炭素鋼の中でC量の少ない鋼種は主に軽荷重部品に使用され、C量の多い鋼種は高荷重部品に使用される。またクロム鋼、クロムモリブデン鋼などの合金を含有する鋼種(合金鋼)においてはC量が0.15~0.2%と少ない鋼種は主に浸炭焼入れ処理が施され、各種歯車部品に使用される。C量の多い合金鋼は特に強

表2 機械構造用鋼のJIS規格

JIS番号	種別	記号
G 4051	機械構造用炭素鋼鋼材	S10C~S58C
G 4102	ニッケルクロム鋼鋼材	SNC
G 4103	ニッケルクロムモリブデン鋼鋼材	SNCM
G 4104	クロム鋼鋼材	SCr
G 4105	クロムモリブデン鋼鋼材	SCM
G 4106	機械構造用マンガン鋼鋼材	SMn
G 4106	マンガンクロム鋼鋼材	SMnC
G 4052	焼入性を保証した構造用鋼鋼材 (H鋼)	000H

表3 機械構造用鋼の主要化学成分と用途例

記号	主要化学成分 (%)						熱処理 (*)	用途例
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo		
S15C	0.13 ~ 0.18	0.15 ~ 0.35	0.30 ~ 0.60	< 0.20	< 0.20	-	N	軽荷重部品、各種フランジ、ボルト、ナットなど
S25C	0.22 ~ 0.28	0.15 ~ 0.35	0.30 ~ 0.60	< 0.20	< 0.20	-	N	
S45C	0.42 ~ 0.48	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.90	< 0.20	< 0.20	-	NまたはQT	高荷重部品、クランク軸、アーム
S53C	0.50 ~ 0.56	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.90	< 0.20	< 0.20	-	NまたはQT	ロッド軸、ナックルシャフト類など
SCr420	0.18 ~ 0.23	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.85	0.90 ~ 1.20	< 0.25	-	C	各種歯車、トランスミッション部品、軸受部品、ピストンピン、など
SCM415	0.13 ~ 0.18	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.85	0.90 ~ 1.20	< 0.25	0.15 ~ 0.30	C	
SCM420	0.18 ~ 0.23	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.85	0.90 ~ 1.20	< 0.25	0.15 ~ 0.30	C	
SNCM420	0.17 ~ 0.23	0.15 ~ 0.35	0.40 ~ 0.70	0.40 ~ 0.65	1.60 ~ 2.00	0.15 ~ 0.30	C	
SCr440	0.38 ~ 0.43	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.85	0.90 ~ 1.20	< 0.25	-	QT	高荷重部品クランク軸、ナックル、アーム、ロッド軸、シャフト類、高張力ボルトなど
SCM435	0.33 ~ 0.38	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.85	0.90 ~ 1.20	< 0.25	0.15 ~ 0.30	QT	
SCM440	0.38 ~ 0.43	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.85	0.90 ~ 1.20	< 0.25	0.15 ~ 0.30	QT	
SNCM439	0.36 ~ 0.43	0.15 ~ 0.35	0.60 ~ 0.90	0.60 ~ 1.00	1.60 ~ 2.00	0.15 ~ 0.30	QT	
SNCM630	0.25 ~ 0.35	0.15 ~ 0.35	0.35 ~ 0.60	2.50 ~ 3.50	2.50 ~ 3.50	0.50 ~ 0.70	QT	

熱処理 (*) : N (焼ならし)、QT (焼入れ焼き戻し)、C (浸炭焼入れ)

靱性が要求される高荷重部品に使用される。

図1に焼入れ焼もどし処理を行った各種機械構造用鋼の引張強さと衝撃値の関係 (JIS機械的性質の参考値を用いて作成) を示すが、同一鋼種系においてはC量の増加により引張強さが増加する。またCr、MoあるいはNiを含有する合金鋼は炭素鋼に比べて引張強さが高く、同一引張強さにおける衝撃値も高くなる。すなわち機械構造用鋼においてはC量が多いほど引張強さが高くなり、またCr、Mo、Niなどの合金含有量が多いほど強靱性が増加する。

機械構造用鋼は基本的に焼入れ焼もどしや浸炭焼入れなどの熱処理により強度特性が付与されるが、同一の鋼種を用いても鍛造品の質量や形状、あるいは熱処理条件によって強度が変化する。特に質量が大きな鍛造品では焼入れ時の冷却速度が遅くなるため、強度が低下する傾向がある。したがって対象とする

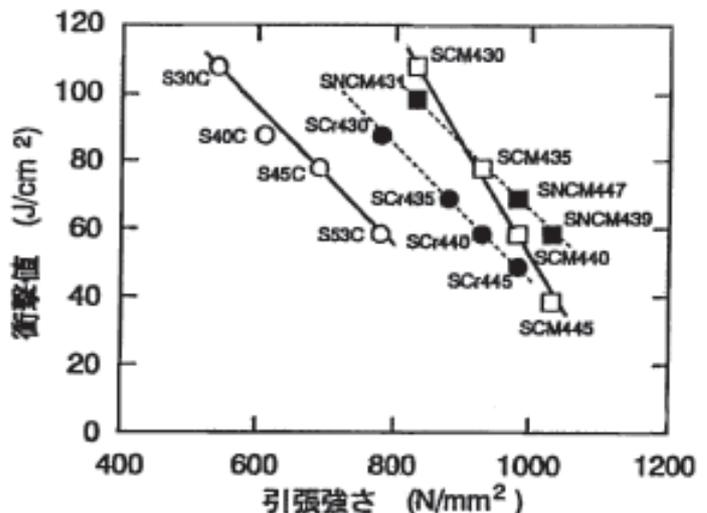


図1 各種機械構造用鋼の引張強さと衝撃値の関係

鍛造品に応じた焼入性（焼入性については後述）を有する鋼種を使用する必要がある。

非調質鋼

上述した機械構造用鋼は焼入れ焼もどし処理により所定の強度が得られるが、非調質鋼は焼入れ焼もどし処理を行わず、熱間鍛造のままで所定の強度が得られる鋼である。非調質鋼の使用により熱処理費の低減、工程の短縮などの効果が得られるため、自動車用のクランクシャフト、コンロッドあるいは建設機械の油圧シリンダー部品などに適用が進んでいる。これら非調質鋼は700～900N/mm²程度の引張強さが得られ、主に機械構造用炭素鋼（S40C～S53C）の代替として使用される。非調質鋼は基本的には炭素鋼あるいはマンガン鋼に0.1 髄程度のVが添加された鋼であり、鉄鋼各社にて多種の非調質鋼¹⁾が製造されている。

表4 非調質鋼の化学成分（ISO 11692）

記号		化学成分					
番号	名称	C	Si	Mn	P	S	V
1	19MnVS6	0.15～0.22	<0.80	1.20～1.60	<0.035	0.020～0.060	0.08～0.20
2	30MnVS6	0.26～0.33	<0.80	1.20～1.60	<0.035	0.020～0.060	0.08～0.20
3	38MnVS6	0.34～0.41	<0.80	1.20～1.60	<0.035	0.020～0.060	0.08～0.20
4	46MnVS6	0.42～0.49	<0.80	1.20～1.60	<0.035	0.020～0.060	0.08～0.20
5	46MnVS3	0.42～0.49	<0.80	0.60～1.00	<0.035	0.020～0.060	0.08～0.20

る。表4に非調質鋼の成分規格例（ISO11692）を示すが、現状、非調質鋼の大半は鉄鋼各社のブランド鋼¹⁾が使用されている。

非調質鋼の強度特性は、鍛造温度、鍛造加工率および冷却方法などの鍛造条件により変化する²⁾ため、非調質鋼の使用にあたってはこれらの鍛造条件を考慮した鋼種選定²⁾が必要である。

表5 高炭素クロム軸受け鋼の主要化学成分

記号	化学成分（%）						
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
SUJ2	0.95～1.10	0.15～0.35	<0.50	<0.025	<0.025	1.30～1.60	-
SUJ3	0.95～1.10	0.40～0.70	0.90～1.15	<0.025	<0.025	0.90～1.20	-
SUJ4	0.95～1.10	0.15～0.35	<0.50	<0.025	<0.025	1.30～1.60	0.10～0.25

高炭素クロム軸受鋼

各種軸受の軸受玉、軸受ころおよび軌道輪には高炭素クロム軸受鋼鋼材（JISG4805、表5に代表鋼種の化学成分を示す）が使用される。

高炭素クロム軸受鋼はC量が1%程度と高いため、熱処理により耐摩耗性に優れた硬い金属組織が得られる。また、軸受部品は疲労強度、耐摩耗性、転動寿命などの高い信頼性が要求されるため、その素材は非金属介在物を極力低減させるなど優れた内部品質が要求される。熱間鍛造においても脱炭あるいは異常組

表6 耐熱鋼棒の主要化学成分

記号	化学成分（%）						分類
	C	Si	Ni	Cr	Mo	W	
SUH1	0.40～0.50	3.00～3.50	<0.60	7.50～9.50	-	-	マルチンサイト系
SUH3	0.35～0.45	1.80～2.50	<0.60	10.00～12.00	0.70～1.30	-	
SUH31	0.35～0.45	1.50～2.50	13.00～15.00	14.00～16.00	-	2.00～3.00	オーステナイト系
SUH310	<0.25	<1.50	19.00～22.00	24.00～26.00	-	-	

織などを防止するため鍛造条件を厳しく管理する必要がある。

耐熱鋼

石油工業やタービン機関、または内燃機関では高温（～7000C）でも十分な強度を持つ鋼が必要であり、これらには耐熱鋼棒（JISG4311、表6に代表鋼種の化学成分を示す）が使用される。耐熱鋼は高温強度と高温での耐酸化性を確保するためにNi、Cr、Siなどの合金が多く含有される。耐熱鋼は高温強度が高いため、熱間加工性は極めて悪い。したがって、耐熱鋼の熱間鍛造は小さな加工率の鍛造を繰返して行うなどの考慮が必要となる。

ステンレス鋼

化学機器を始めとする各種産業用機器、一般家庭用品、建築資材、自動車部品、海洋開発機器などの各種部品、部材には特に耐食性が要求されるものが多くあり、これらにはステンレス鋼が使用される。JISではステンレス鋼は化学成分だけでなく形状別にも分類規定されているが、主に鍛造用途に使用されるのはステンレス鋼棒（JIS G4303）である。ステンレス鋼は主成分によってCr系とCr-Ni系の2種類に大別され、また金属組織によってマルテンサイト系（Cr系）、フェライト系（Cr系）、オーステナイト系（Cr-Ni系）、オーステナイト・フェライト系（Cr-Ni系）析出

硬化系（Cr-Ni系）の5種類に分類される。表7にステンレス鋼棒の代表例と用途例を示す。

表7 ステンレス鋼棒の主要化学成分と用途例

記号	主要化学成分（％）					用途例	分類
	C	Ni	Cr	Mo	Cu		
SUS410L	<0.03	<0.60	11.0 - 13.5	-	-	一般家庭用占 厨房器具、な ど	フェライト系
SUS430	<0.12	<0.60	16.0 - 18.0	-	-		
SUS420J2	0.26 - 0.40	<0.60	12.00 - 14.00	-	-	医療機器、刃 物、など	マルチンサイ ト系
SUS440C	0.95 - 1.20	<0.60	16.00 - 18.00	-	-	軸受、など	
SUS304	<0.08	8.0 - 10.5	18.0 - 20.0	-	-	一般家庭用晶 厨房器具など	オーステナイ ト系
SUS316	<0.08	10.0 - 14.0	16.0 - 18.0	2.00 - 3.00	-	化学工業設備 など	
SUS630	<0.07	3.00 - 5.00	15.0 - 17.5	-	3.00-5.00	機械構造部 品、ボルト、 など	析出硬化系

ステンレス鋼の鍛造性は鋼種により大きく異なるが、C量あるいはCr、Niなどの合金量が多い程低下する傾向があり、鍛造条件および潤滑方法などに考慮が必要である。

(3) 鍛造素材の特性

鍛造素材は表1に示したように部品特性を満足しつつ、さらに部品製造プロセス上の要求特性を満足する必要がある。これらの各種特性は鍛造素材の種類すなわち鋼種により異なる。したがって鍛造素材の選定にあたっては、各種特性におよばず鍛造素材の影響を理解する必要がある。

熱間加工性

熱間加工性は主に変形抵抗と変形能にて表される。実際の鍛造における鍛造荷重は変形抵抗と相関があり、鍛造品の割れ発生は変形能と相関がある。変形抵抗は図2³⁾に示すように鍛造温度の上昇に伴い、減少する傾向があるが、C量の高い鋼種あるいは合金含有量の高い鋼種ほど変形抵抗は高い。また鍛造加工率の増加に伴い、変形抵抗は増加する傾向があるが、図3³⁾に示すように機械構造用鋼ではその変化は小さい。

変形能については変形抵抗が高い程、すなわちC量あるいは合金量が多い鋼種程低下する傾向があるが

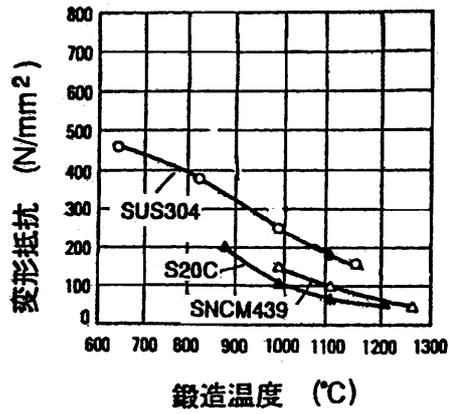


図2 各種鋼種の鍛造温度と変形抵抗の関係 (加工率10%)³⁾

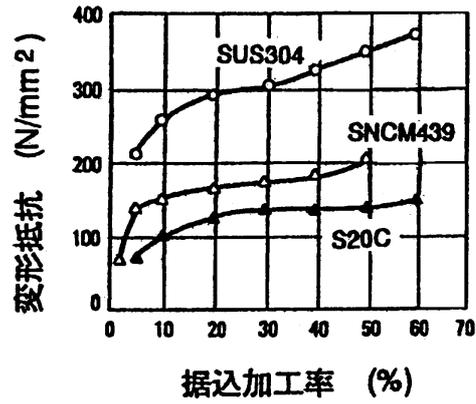


図3 各種鋼種の鍛造据込加工率と変形抵抗の関係 (鍛造温度980°C)³⁾

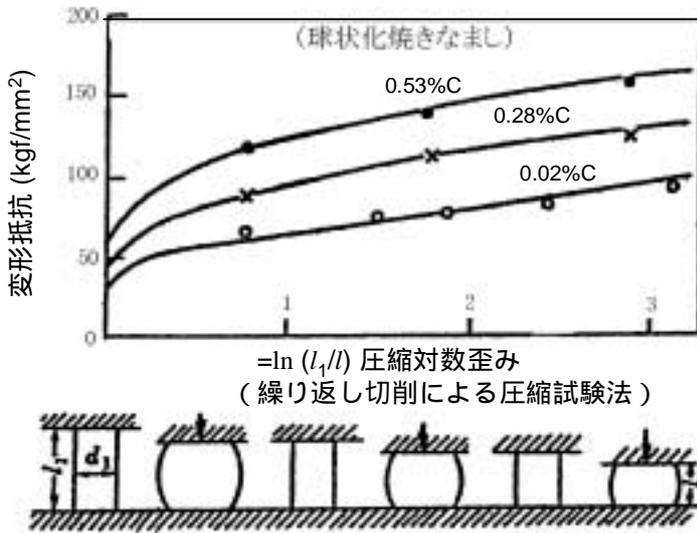


図4 鋼の変形抵抗曲線⁴⁾

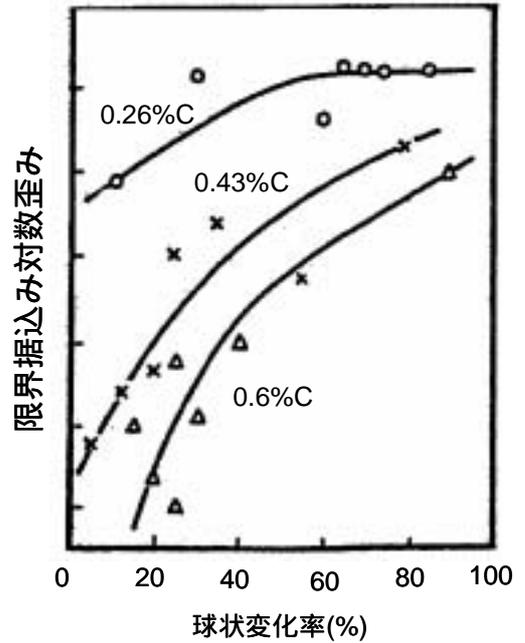


図5 限界据え込み歪みに及ぼす球状変化率とC量の影響⁵⁾

機械構造用鋼の範囲においては実用上あまり問題とならない。実際の鍛造において素材要因にて割れが発生する場合は、非金属介在物、内部欠陥あるいは表面きずなどの素材品質が原因となることが多い。

冷間加工性

冷間鍛造は熱間鍛造に比べて、鍛造品の寸法精度が優れているため、ネットシェイプ化による機械加工費の低減に大きな効果がある。しかし、鋼の冷間加工は熱間加工に比べて変形抵抗が数倍以上高くなり、また変形能も大きく低下する。したがって冷間鍛造における鍛造素材の変形抵抗と変形能は、熱間鍛造におけるそれらよりも重要となる。冷間鍛造においては変形抵抗を低減させ、変形能を増加させるため鍛造素材は通常、球状化焼鈍あるいは焼きならしが施される。しかし図4⁴⁾に示すように、C量および合金量の増加により変形抵抗が増加するため、実際の冷間鍛造ではS10C ~ S25C、SCr420、SCM415などのC量

表8 鋼種によるリン酸塩被膜重量の差

鋼種	皮膜重量 (g/m ²)
S10C	4.1
S25C	5.3
S40C	6
S60C	7.8
SCr415	7
SCM415	10.2
SCr440	9.3
SCM435	12.4

の低い鋼種、すなわち変形抵抗が比較的低い鋼種が多く使用されている。S45CあるいはSCM435などのC量の高い鋼種、すなわち変形抵抗の高い鋼種については冷間鍛造工程を複数に分割し、工程途中で軟化炊鈍を施すことにより冷間鍛造を可能としている。また冷間加工性は鋼種ばかりではなく、鍛造素材の熱処理状態によっても変化するため、冷間鍛造に適した熱処理を行う必要がある。図5⁵⁾に各種熱処理条件により球状化率を変化させたC量の異なる鋼の変形能(ここでは限界振込み対数歪みにて表す)を示すが、C量の多い鋼種あるいは球状化率が低い程、変形能が低いことがわかる。

冷間鍛造に使用される鍛造素材には、摩擦係数を低減させて鍛造荷重を低減させる、あるいは金型との焼き付きを防止するなどの目的から潤滑処理が施される。機械構造用鋼の場合は一般的にリン酸塩皮膜処理が用いられる。リン酸塩皮膜処理性についても表8⁶⁾に示すように鋼種により差がありC量の増加および合金量の増加によりリン酸塩皮膜重量が増加する。またステンレス鋼の場合はリン酸塩皮膜の生成が不可能となるため、シュウ酸塩皮膜処理が用いられる。

焼入性

機械構造用鋼は一般的に焼入れ焼もどし処理を行って使用される。鋼は理想的な焼入れによって硬さの高いマルテンサイト組織が得られる。このマルテンサイト組織の硬さは合金量の有無にかかわらず、図6⁷⁾に示すようにC量と良い相関がありC量の増加により硬さも増加する。しかし実際の焼入れ処理では鍛造品の表面は速く冷却されるが、内部の方は冷却速度が遅くなるためこのマルテンサイト組織が得られにくくなり、硬さが低くなる傾向がある。また鋼にCr、Moなどの合金を添加すると遅い冷却速度でもマルテンサイト組織が得られやすくなる。このように鋼を焼入れした場合の硬さの得られやすさを鋼の焼入性という。各種の鋼の焼入性を定量化するために図7に示す焼入れ方法によるジョミニー端炊入れ法が用いられる。図8にジョミニー端炊入れ法による合金量の異なる鋼の試験結果例を、図9にC量の異なる鋼の試験結果例を示す。これらよりC量あるいは合金量の増加により深い距離まで硬さが得られる。すなわち焼入性が向上することがわかる。

したがって機械構造用鋼の選定にあたってはこの焼入性が特に重要な特性の一つとなる。また機械構造用鋼の中で、購入性を保証した構造用鋼材(H鋼)(JIS G4052)が規定されている。

表面処理性

機械構造部品の疲労強度や耐摩耗性を効果的に向上する

目的で、各種の表面処理が行われる。表9に代表的な表面処理方法とその特徴を示す。

a) 浸炭焼入れ

浸炭炊入れとは、鋼の表面より炭素を浸入拡散させた後、炊入れ焼もどしを行うことにより表層部に硬化層を形成する方法である。適用鋼種としては表9に示したようにSCM415などのC量の低い合金鋼が用いられる鋼種の選定にあたっては部品の要求硬さおよび焼入れ時の冷却速度を考慮した焼入性で選ぶ必要がある。また硬化層の靱性が重要な部品においてはSNCM420などのNi含有鋼が用いられる。

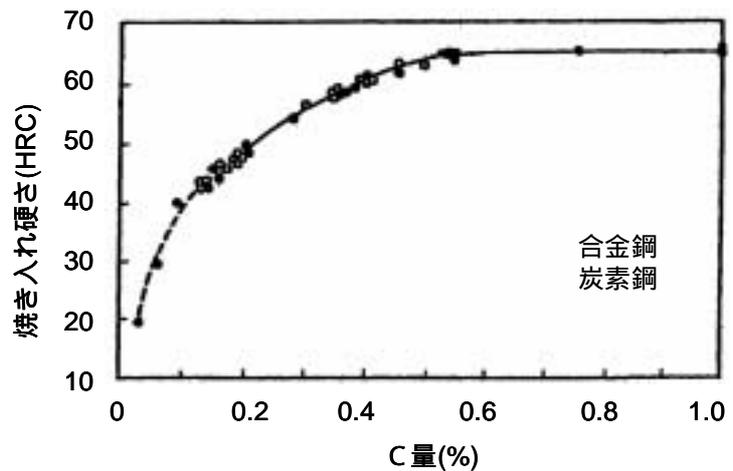


図6 鋼のC量と最高焼入れ硬さとの関係⁷⁾

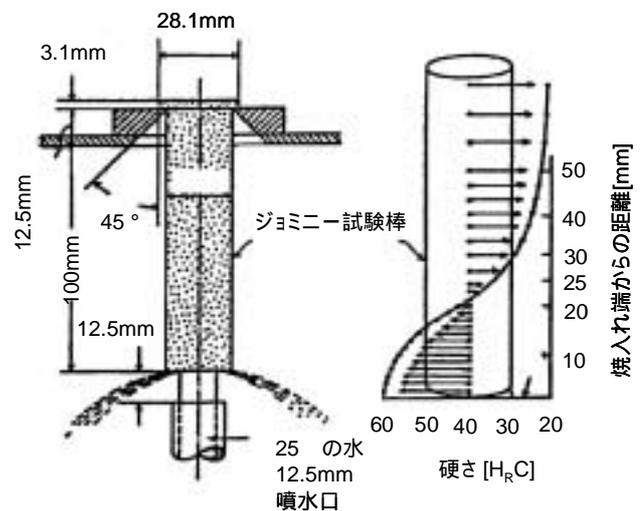


図7 ジョミニー端焼入れ法

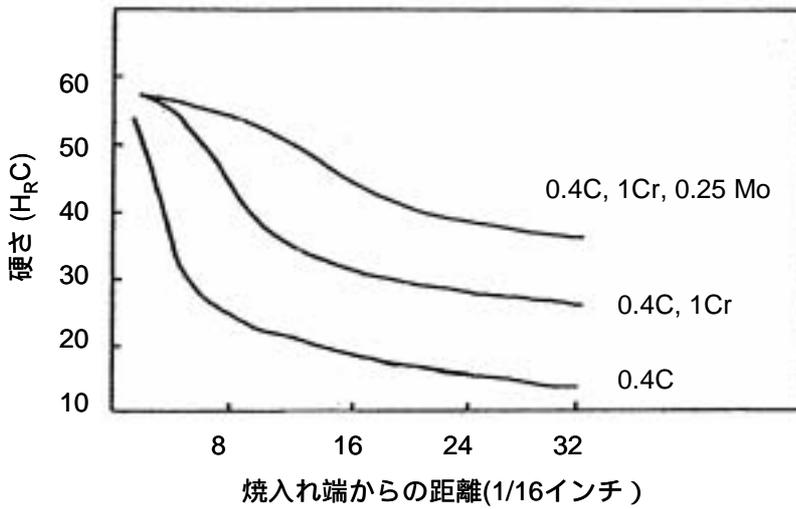


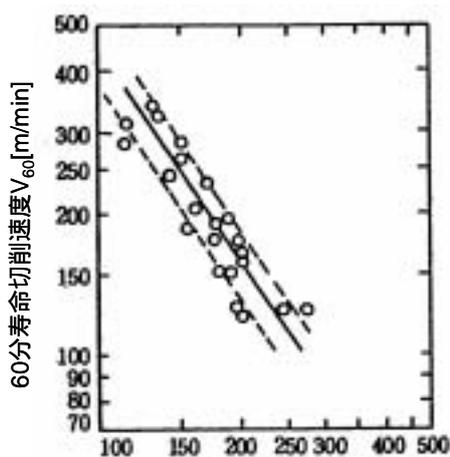
図9 C量の変化とジョミニー曲線の関係

b) 高周波焼入れ

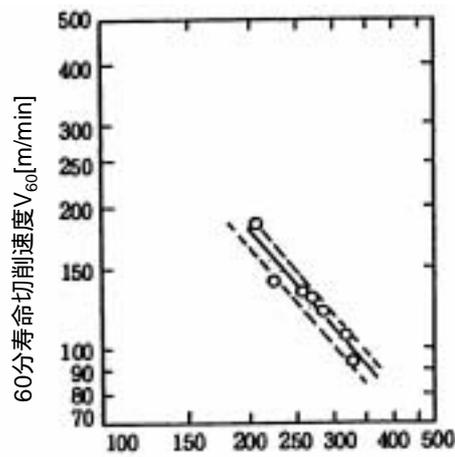
高周波焼入れとは、鋼の表層部分のみを高周波誘導コイルにて加熱した後、速やかに焼入れすることにより表層部にのみマルテンサイト組織を得て、硬化させる方法である。表面硬さは図6に示したようにC量が多い程、増加するためS45C, SCM435などのC量の多い鋼種が用いられる。硬化層深さを大きくするためには加熱時間を長くするなどにより加熱深さを深くするとともに、深い位置までマルテ

表9 各種表面処理方法とその特徴

方法	表面硬さ	硬化深さ	処理温度	適用鋼種	用途例
浸炭焼き入れ	HV600 ~ 850	0.3 ~ 2mm	900 ~ 1000	SCr415, SCr420, SCM415, SCM420 など	各種歯車など
高周波焼き入れ	HV500 ~ 850	0.5 ~ 10mm	900 ~ 1000 (表層部のみ)	S40C ~ S58C, SCr440, SCM435, SCM440 など	クランク軸、シャフト、ロッドなど
窒化	軟窒化	HV500 ~ 1000	0.1 ~ 0.5mm	S40C ~ S58C, SCr440, SCM435, SCM440 など	クランク軸、など
	窒化	HV600 ~ 1200	0.1 ~ 0.5mm	SCM435, SACM645, SCM440, 窒化鋼 など	シャフト、ロッドなど



(a) 焼なまし、焼ならし



(b) 焼入れ、焼もどし

被削剤：機械構造用炭素鋼および合金鋼、工具：硬度P10
 送り量：0.2mm/rev, 切込み：1.5mm、VB：0.6mm
 KT：0.06mm、乾式長手旋削

図10 材料の硬さと60分寿命切削速度の関係⁸⁾

ンサイ組織が得られるように焼入性の高い鋼種を選定する必要がある。

C) 窒化処理

窒化処理とは、鋼の表面より窒素を浸入拡散させて表層部に窒素の高い層を形成させることにより硬化させる方法である。処理温度が450～600℃と低いため、熱処理ひずみが小さいという長所があり、ひずみを嫌う部品に適用されることが

多い。窒化硬さおよび窒化深さなどの窒化処理性はAL Cr、MoおよびV量の増加により向上する傾向がある。表9に示したように軟窒化処理においては、C量の多い炭素鋼および合金鋼が広く使用されているが、窒化処理ではSACM645（JISG4202）あるいは31CrMoV9（独、DIN規格）などのAL Cr、MoあるいはVを含有した窒化鋼も使用される。

切削加工性

切削加工は部品製造プロセスにおいて極めて重要な工程であり、部品製造コストの中で大きな比率を占める。したがって切削加工性は重要な材料特性の一つである。工具寿命で見た切削加工性は図10⁸⁾に示したように、材料の硬さと相関があり、硬さが高い程、工具寿命は低下する傾向がある。ただし、切削加工性は工具寿命だけでなく、切りくず処理性、仕上げ面あかさなども重要であり、また旋削加工、ドリル加

表10 各種の材質試験方法

試験の名称	試験の方法	試験特性値	規格
磁粉探傷試験	鋼材に磁化させ表面欠陥部の漏洩磁束を磁性粉の付着により観察	表面きずの有無	JIS G 0565
超音波探傷試験	鋼材内部の欠縮からの超音波の反射波を測定して欠陥を観察	内部欠陥の有無（巨大介在物など）	JIS Z 2344
脱炭層深さ測定	顕微鏡または硬さ測定により脱炭層の深さを測定	脱炭層深さ	JIS G 0558
非金属介在物試験	鏡面仕上げした鋼材の非金属介在物の種類、個数を顕微鏡により測定	非金属介在物の量	JIS G 0555
結晶粒度試験	腐食によりオーステナイト組織を現出させ顕微鏡にて結晶粒度を測定	オーステナイト結晶粒度	JIS G 0551
金属材料引張試験	鋼材より機械加工された試験片を引張試験機にて引張破断させる	引張強さ、伸び降伏点、絞りなど	JIS Z 2201 JIS Z 2241
金属材料衝撃試験	鋼材より機械加工された試験片を衝撃書式試験機にて衝撃破断させる	シャルピー衝撃値	JIS Z 2202 JIS Z 2242
ブリネル硬さ試験	鋼材の硬さをブリネル硬さ試験機にて測定	ブリネル硬さ	JIS Z 2243
焼入性試験	ジヨミニー端焼入法により熱処理された試験片の硬さ測定	ジヨミニー硬さ	JIS G 0561
マクロ組織試験	鋼材を腐食し、各種欠陥の有無を肉眼で観察（主に棒鋼に適用）	パイプ、多孔質備析などの有無	JIS G 0553
地きず試験	鋼材を段削りし、地きずの数を肉眼で観察（主に棒鋼に適用）	地きずの量	JIS G 0556

工といったような加工方法の違いによっても切削加工性が異なる場合がある。切削加工性の向上には硬さの低下が有効な場合が多いが、切削条件によっては硬さが低いと切りくず処理性などが悪くなり、切削加工性がかえって悪化することもある。したがって切削加工性については実際の切削条件での確認が必要である。

また鋼の切削加工性を向上させる方法としてSあるいはPbを添加した被削性改善鋼（JASO M106）の使用があげられる。なお、S、Pbの添加により強度特性あるいは鍛造性が劣化する場合もあるので、その使用には確認が必要である。

（4）鍛造素材の試験方法

鍛造素材の各種特性を試験により測定する必要がある。表10に各種の材質試験方法を示す。これらの試験は主に、鍛造素材の品質保証として行われ、その試験項目および規格値は注文者と製造業者との協定によることが多い。また鍛造品の材質試験については「鍛鋼品の製造、試験及び検査の通則」（JIS G 0306）に規定されている。ここでは特に鍛造品からの試験片採取位置が規定されているが、各種の材質試験方法は表10に示した方法と同様である。

参考資料

- 1) 特殊鋼、37巻11号、(1988) p.42.
- 2) 脇門恵洋 他：自動車技術、Vol.39、(1985) p.927.
- 3) H.J.Henning 他：Report ML - TDR - 64 - 95、U.S.Air Force、(1964)
- 4) 工藤英明 他：冷間鍛造ハンドブック、アグネ、(1973) p.53.
- 5) 鍛造、日本塑性加工学会編、コロナ社、(1995) p.171.
- 6) 西山卯二郎 他：冷間鍛造、日刊工業新聞社、(1969) p.135.
- 7) Metals、26、(1938) p.1.
- 8) 竹山秀彦 他：精密機械、41、(1975) p.392.

1.3.2 金型材料

金型は温・熱間鍛造金型と冷間鍛造金型に大別され、金型材料としてはJIS G4404 合金工具鋼が主に使用される。近年の鍛造技術の高度化や鍛造品の品質、精度向上への要求は、金型への熱、応力負荷を増大させて金型寿命の低下を招いており、金型寿命の向上が可能な金型材料の選択が必要となっている。しかし、同時に金型費低減の要求は厳しくなっており、金型材料の適切な選択が今まで以上に重要な課題となっている。併せて金型の適切な熱処理、表面処理の組み合わせにより更なる効果が得られる。

金型材料の選択においては金型によって損耗現象が異なるため各々の要求特性を十分考慮する必要がある。

表1 工具鋼の硬さと熱処理条件

用途	分類	鋼種	硬さ	熱処理条件		
			(HRC)	焼入れ		焼き戻し
温・熱間用	熱間工具鋼	SKT4	32～49	820～880	油冷	400～650 空冷
		SKD61	33～54	1,000～1,050	空冷	550～650 空冷
		SKD62	35～55	1,000～1,050	空冷	550～650 空冷
		SKD7	40～53	1,000～1,050	油冷	550～650 空冷
冷間用	冷間工具鋼	SKD8	40～56	1,070～1,170	油冷	600～700 空冷
		SKS3	57～61	800～850	油冷	150～200 空冷
		SKD11	58～61	1,000～1,050	空冷	150～250 空冷
	57～60		1,020～1,050	空冷	500～530 空冷	
	高速度工具鋼 (ハイス)	SKH51	58～62	1,160～1,220	油冷	550～570 空冷
		SKH55	61～65	1,160～1,230	油冷	550～580 空冷
SKH57		62～66	1,160～1,230	油冷	550～580 空冷	

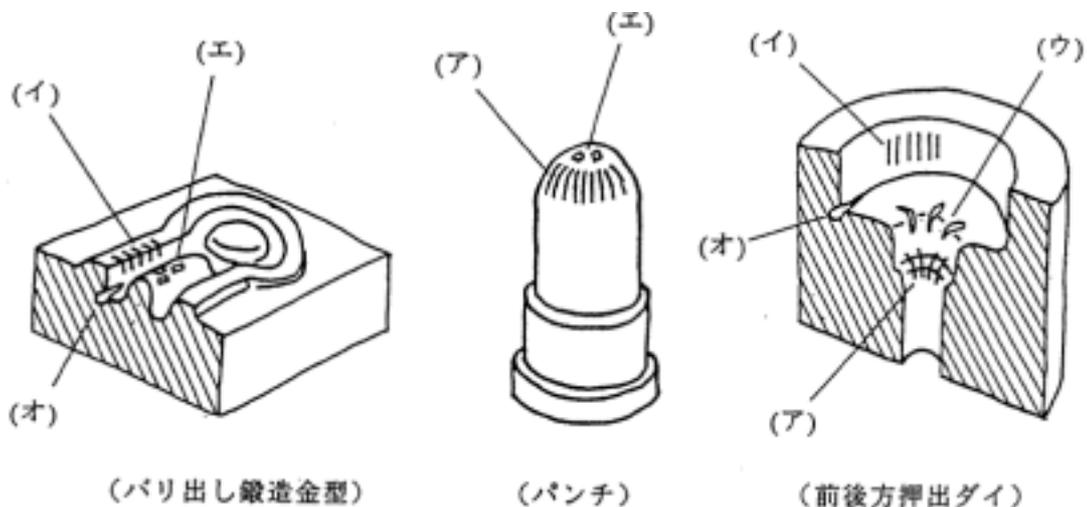
る。ここでは金型の損耗現象から金型材料の要求特性を整理して、金型材料の選択基準例を示す。

(1) 温・熱間鍛造金型

損耗現象と要求特性

温・熱間鍛造金型の成形面は、高温のワークからの伝達熱、ワークと金型の摩擦熱による加熱と、潤滑・離型剤の塗布、噴霧による冷却の繰返しの熱サイクルを受けてヒートクラックが発生する。さらに加熱により金型表層部が軟化して流動摩耗を促進する¹⁾。同時に金型は鍛造による衝撃的な応力を受ける。従って、高温強さと靱性の兼備した金型材料が必要である。

鍛造製品の種別、成形面の部位によっても損耗現象が異なるため、重点部位の損耗現象が何かを見極める必要がある。図1に各々の損耗現象に対する金型材料の要求特性を挙げる。摩耗も、熱影響の大きさによって要求特性が異なる。ワークにめり込むパンチの先端のようにワークとの接触時間が長く熱影響が大



損傷現象	金型材料	熱処理・表面処理	鍛造条件、型設計、型製作
(ア) 摩耗 (熱影響大)	・高温強さup	・窒化の適用 ・焼入れ温度up	・金型冷却 ・潤滑強化
(イ) 摩頼 (熱影響小)	・靱性up・炭化物量up	・表面処理の適用 ・設定硬さup	・金型潤滑強化 ・高硬度材の入れ子採用
(ウ) ヒート・クラック	・高温強さup・靱性up	・焼入れ冷却速度up ・設定硬さup ・窒化条件の最適化	・金型潤滑強化 ・金型冷却条件の最適化
(エ) 窒化層剥離 肌荒れ	・窒化特佐の最適化・高温強さup	・窒化条件の最適化	・金型潤滑強化 ・金型冷却条件の最適化
(オ) エロージョン	-	-	・金型潤滑条件の最適化 ・ガス抜孔の追加
大割れ	・靱性up	・焼入れ冷却速度up ・設定硬さdown ・焼入れ温度down ・窒化条件の最適化	・金型予熱条件の最適化 ・金型表面佐状の最適化 ・焼驗め適用 ・金型の分割化

図 1 温・熱間鍛造金型の損傷減少と寿命改善における検討項目

きい場合は、高温強さが要求される。フラッシュ・ランドのように肉流れは大きいワークとの接触時間が短く熱影響が比較的小さい場合は、硬さが要求され、金型材料としては硬さを高く設定するための靱性や金型材料に含まれる炭化物の多いことが要求される。ヒート・クラックに対しては、高温強さと靱性の兼備が必要である。窒化層剥離は金型材料の窒化特性の最適化とともに、窒化層を支える母材の高温強さが要求される。エロージョンは金型の隅R部等に潤滑剤が残っている状態で鍛造を行うと発生する。潤滑剤が一瞬のうちに気化するため金型にクレーターのような痕跡が形成される。これに関しては金型材料、熱処理、表面処理での対策は困難であり、潤滑条件の最適化や金型にガス抜き孔を追加する等の対策が必要である。

これらの寿命改善の検討は、金型材料のみならず、他の項目についても同時に検討を行うと更なる効果が期待される。

金型材料の選択基準

プレス型ではSKD61、ハンマー型では特に靱性に優れたSKT4が主に使用される。

摩耗対策では、高温強さのより高い金型材料が必要となる。JIS鋼種ではSKT4 - SKD61, SKD62 - SKD7 - SKD8の順に高温強さが高くなる。反面、靱性が低くなるので、高温強さの高い金型材料へ変更すると型割れの発生の危険がある。そこで靱性の低下を最小限にして高温強さを向上させたJIS鋼種の改良材が開発されて適用が進んできている。

金型表層部が受ける熱影響の程度によって対策が異なる。熱影響が比較的小さい金型(目安として表層部の昇温が約650 以下)であれば、設定硬さを高くすることが有効であり、硬さを高めても靱性低下の小さい金型材料を選択する。熱影響の大きい金型(目安として昇温が約650 以上)では、高温強さの高い金型材料の適用が有効である。表層部の昇温を測定することは容易ではないが、使用済みの金型の表層部の硬さを測定することによって推定することができる。金型材料の選択基準例を焼入れ焼戻し材(焼なまし状態で供給されるもの)とプリ・ハードン材(熱処理されて供給されるもの)に分けて図2に示す。マトリックス・ハイスは摩頼対策において優れた金型材料であり、ワークの変形抵抗の高い温間鍛造金型、ギヤ等の精密熱間鍛造金型に適している。析出硬化系熱間工具鋼は金型表層部のみ使用時の昇温で硬さが高くなる特性を有しており、被削性、内部の靱性と表層部の高温強さを兼ね備えたプリ・ハードン材である。

焼入れ焼戻し材は金型製作工程の中に熱処理を必要とするが、熱処理条件によっても特性が変化する。焼入れ温度は高温強さを重視すれば高め、靱性を重視すれば低めに設定する。焼入れ時の冷却方法も特性に影響を与える。SKD61、SKD62は空冷可能だが、油冷もしくは空冷より速い冷却方法(塩浴焼入れ、高圧ガス

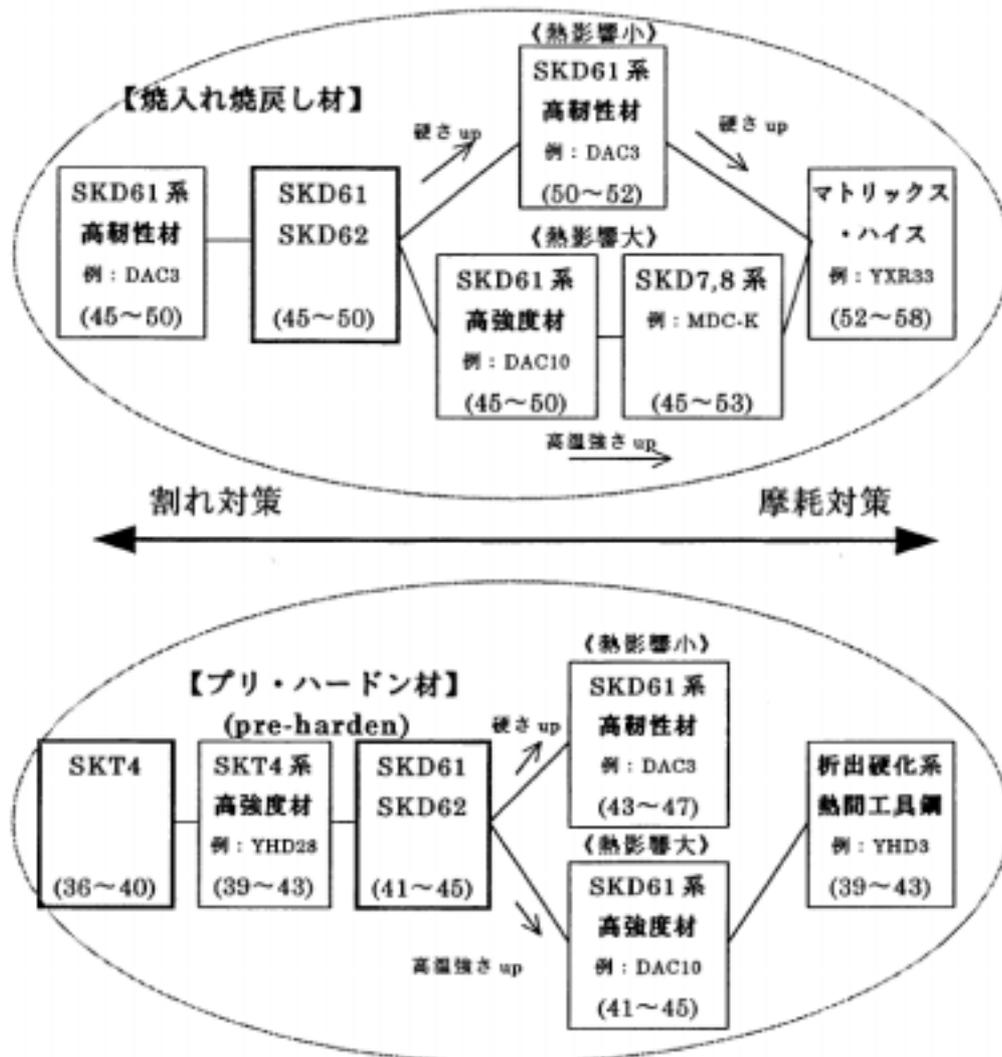


図2 温・熱間鍛造金型材料の選択基準例
(注: ()内はロックウェルC硬さの目安)

冷却式真空焼入れ等)を採用することにより、特に大物金型において、靱性の向上が図れる。

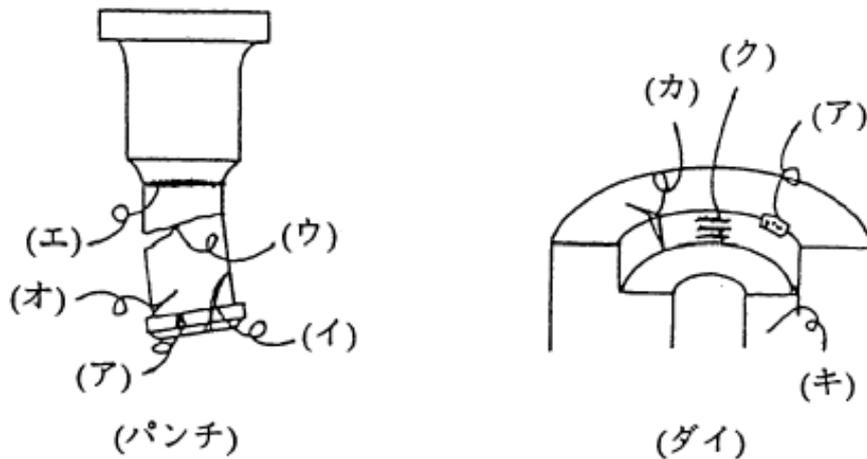
温・熱間鍛造金型全体の70%以上は表面処理を施して佐用されている²⁾。窒化は代表的な表面処理である。金型材料によって窒化特性は異なっており、特に金型材料に含まれるクロム(Cr)量の影響が大きい。SKD7(Cr = 3wt%)、SKD8(Cr = 4wt%)に比較してクロム量が高いSKD61、SKD62(ともにCr = 5wt%)は同一窒化条件で窒化硬さが高く、窒化層深さが浅くなる傾向がある。クロム量の低いSKT4(Cr = 1wt%)は窒化硬さがほとんど得られない。窒化層剥離等の窒化層に起因する損壊の場合、窒化特性も金型材料の選択において考慮すべきである。

(2) 冷間鍛造金型

損耗現象と要求特性

冷間鍛造金型に負荷される応力は2,500MPa以上にも達すると言われ、負荷の形態も引張、圧縮、曲げ、ねじりあるいはこれらが複合され多様である。図3にパンチとダイに発生する破損現象の代表例とこれに必要な金型材料特性を示す³⁾。

摩耗による損耗にはワークに含まれる炭化物や酸化物あるいは摩耗粉等によって金型表面が掘り起こされるアプレッシブ摩耗と、ワークの一部が局部的に溶着と脱落を繰返すうちに金型表面の一部が剥離する擬着摩耗、そして、高速加工やステンレス等の変形抵抗の大きいワークを加工するとき金型表層が昇温、軟化して塑性変形する流動摩耗等がある。これらの摩耗に対して、設定硬さを高めること、金型材料に含まれる炭化物量が多いことが要求される。



現象	応力の発生主因	金型剤用の要求特性
(ア)	異物かみ、ワークの取り付け不良等による過大衝撃力	靱性、圧縮強さ
(イ)	摩擦による端面引張応力 金型のふくれに伴う表面引張応力	引張強さ、低摩擦係数、
(ウ)	偏心、たわみ等による曲げ応力	曲げ強さ、圧縮強さ圧縮強さ
(エ)	圧縮、引張、曲げの繰返し応力	疲労強さ
(オ)	成形圧による圧縮せん断応力	圧縮強さ
(カ)	内圧による引張応力	引張強さ
(キ)	成形圧による圧縮せん断応力	圧縮強さ
(ク)	摩擦による側面の引張応力	耐焼付性、引張強さ

図3 冷間鍛造金型の破損減少と金型材料の要求特性

金型材料の選択基準

冷間鍛造金型には冷間工具鋼ではSKD11、高速度工具鋼（以下ハイスと表記する）

ではSKH51が主に使用され、さらにJIS鋼種にない高性能材の開発、適用が進んでいる。冷間鍛造金型は、まず必要特性を最も満足する硬さを選択し、その硬さにおいて適切な金型材料を選択することが重要である。

- a) 引張強さはSKS3、SKD11で200前後で低温焼戻ししたものは55HRC、500以上で高温焼戻ししたものはs7壬{RC、SKH51のようなハイスは62HRCに極大値を持ち、引張強さにおいては62HRCが最適である。
- b) 曲げ強さはSKS3、SKD11のような冷間工具鋼は60HRC、ハイスは62HRCに極大値を持つ。
- c) 圧縮強さは硬さに比例して大きくなる。
- d) 疲労強さは、SKD11のような冷間工具鋼はs8～60HRC、ハイスは60～62HRCに極大値を持つ。極大値より高い硬さでは、疲労強さは金型材料の金属組織と相関があり、SKH51マトリックス・ハイス粉末ハイスと金型材料に含まれる炭化物が微細、均一化するほど高くなる。しかし、繰返し応力振幅が104回以下のいわゆる低サイクル疲労領域では金型材料の靱性と良い相関が認められる。
- e) 靱性の指標であるシャルピー衝撃値は、硬さが高くなれば低下するが、同一硬さにおいて、金型材料の差、熱処理条件の差が存在する。疲労強さと同様に金属組織と相関があり、金型材料に含まれる炭化物が微細、均一化するほど高い。従ってJIS鋼種よりもマトリックス系冷間工具鋼、マトリックス・ハイス、粉末ハイスほどシャルピー衝撃値は高い。また、温・熱間鍛造金型の項で述べたように、焼入れ温度、炊入れ冷却速度の影響を受ける。
- f) 靱性のうち、ある潜在き裂の存在下でどれだけの応力に耐えられるかを示す尺度である破壊靱性値 K_{Ic} （式(1)）は55HRC以上の硬さ領域においては、硬さと相関があり、式(2)で近似できる。SSHRC以上では、金型材料の差、熱処理条件の差は顕著に現れない。

$$K_{Ic} = c (C)^{1/2} \quad (1)$$

(c : 不安定破壊を起こす限界応力、 C : き裂の大きさ)

$$K_{Ic} (\text{kgfmm}^{3/2}) = - 7.6 \times (\text{HRC 硬さ}) + 551 \quad (2)$$

これらの硬さと特性の関係を考慮してまず硬さを設定し、その上で金型材料を選択する。

摩耗、焼付対策としては、硬さを高くすること、金型材料に含まれる炭化物量が多いことが有効である。バナジウム(V)系炭化物が効果が大きく、バナジウムを多く含む金型材料が耐摩耗性、耐焼付性に優れている。さらにTiNやTiC等の表面処理を適用すると効果的である。

その他の要素も加えた金型材料の選択基準例を図4に示す。

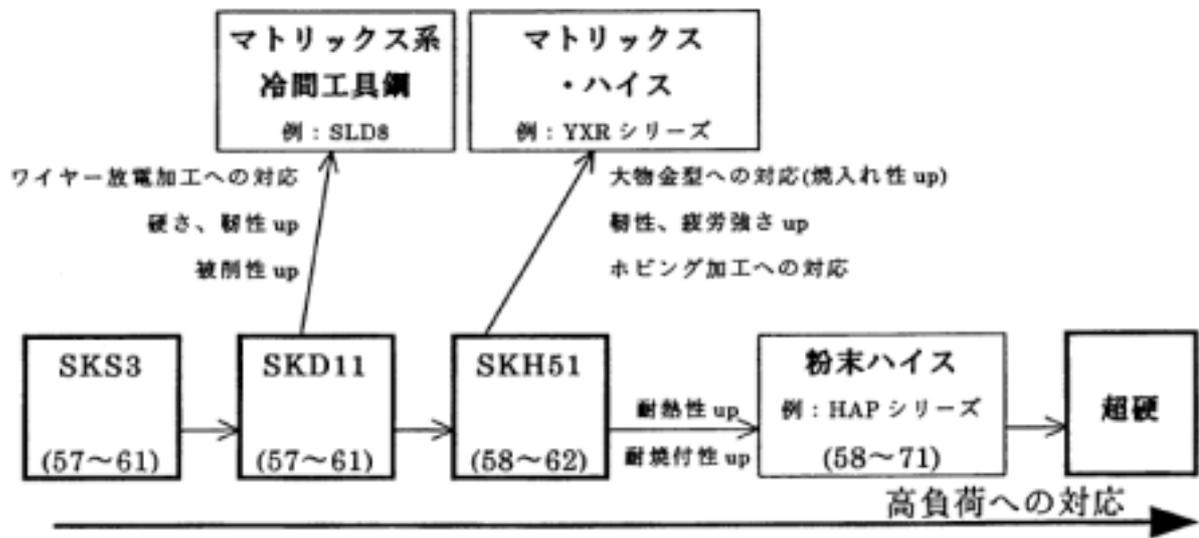


図4 冷間鍛造金型材料の選択基準例
(注：()内はロックウェルC硬さの目安)

参考資料

- 1) 素形材センター研究調査報告 506 「平成8年度鍛造用金型寿命向上調査研究報告書」
- 2) 素形材センター研究調査報告 489 「平成7年度鍛造用金型寿命向上調査研究報告書」
- 3) 内田憲正：「最近の塑性加工用金型材料」第178回塑性加工シンポジウム(1998.2)

1.4 鍛造法案

1.4.1 型設計 「熱間」

(1) 鍛造品において設計上考慮すべき事項

型鍛造品の設計に際して基本的に考慮しなければならないことは鍛造性が容易であること。

材質的特性を満足させること。

加工基準の設定と加工の容易性を考慮すること。

などであるが、更につけ加えて経済的に生産が行われるように設計されることが重要な要素である。そのためには、一般的に次のような点に留意すべきである。

- a) なるべく左右対称の形をとり、鍛造作業時に横方向に働く力の発生を防ぐ。

- b)出来るだけ円形断面を採用して型の製作を容易にすることと、型寿命がのびるようにする。
- c)肉厚の不同は出来るだけ避け、薄くて広い面はなくす。
- d)鋭い角、急激な断面変化は避ける。
- e)型割面はなるべく一平面とする。
- f)高い寸法精度の要求される場所は、一つの型に集まるようにし、上下型のくいちがい、厚みのバラツキの影響を避ける。
- g)ばり抜きによる寸法変化、かえりが発生しないようにする。
- h)熱処理による割れ、曲がりの少ない形状にする。

(2) 型設計例

型鍛造には大別して解放型、半額閉型、密閉型等があるが密閉型の型設計を例にポイントを説明する。

工程数の決め方

工程数は使用設備、ダイホルダーのスペース等で制限があるが、普通形状の密閉品の場合は仕上成形までの工程は荒打、仕上打の2工程とする。スケールオフの予備据え込みが必要な時は、据え込み、荒打、仕上打の3工程とする。

素材精度

密閉鍛造では切断重量の管理が最も大切なことである。切断重量の精度をどの程度に押さえるかは鍛造品の厚み公差とプレス許容荷重による。

また l/d は一般に 1.3 l/d 2.3 の範囲に設定するのが望ましい。

荒打形状

密閉鍛造の荒打形状は出来るだけ単純にして、材料の配分のみを行い、形状は仕上型で作るようにする。

a) 単純荒打形状

- ア.自由据え込みでつぶした形状とする。
- イ.外径 D は仕上型形状より少し小さくし仕上型にて位置決め出来るようにする。

b) 一般的な荒打形状

自由据え込みだけでは欠肉や上下型合わせ面のばりの発生等があるものに適用する。

ア.仕上形状に合った荒打形状とする。右図に示すような荒打形状をもとに仕上形状に合わせバリエーションし、型摩耗、欠肉、ばり発生、キズ発生等しないようにきめる。

イ.荒打で備肉しない形状にすること。そのためには ϕd 部で素材を位置決めする方式が望ましい。

ウ.仕上打で腐肉しない形状にすること。そのためには出来るだけ外径 D で位置決めする方式の方がよい。

特殊荒打形状

その他特殊形状に対する荒打形状は理論的計算により定めることは難しく、永年の経験の積み重ねを参考にして求めるのが一般である。この場合も (a)(b)でのべた原則を応用すればよい。

仕上型設計と金型構造

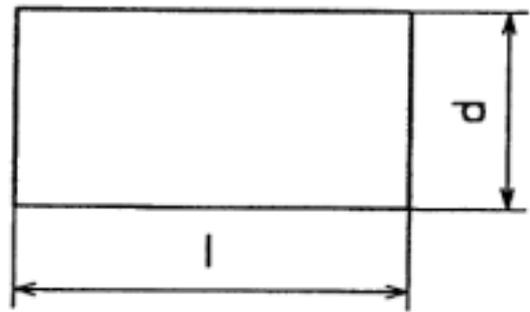


図1 据込み比

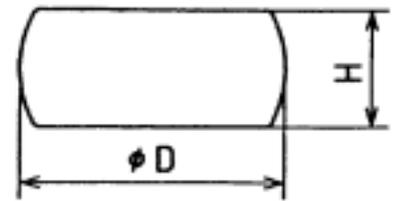


図2 単純荒打形状

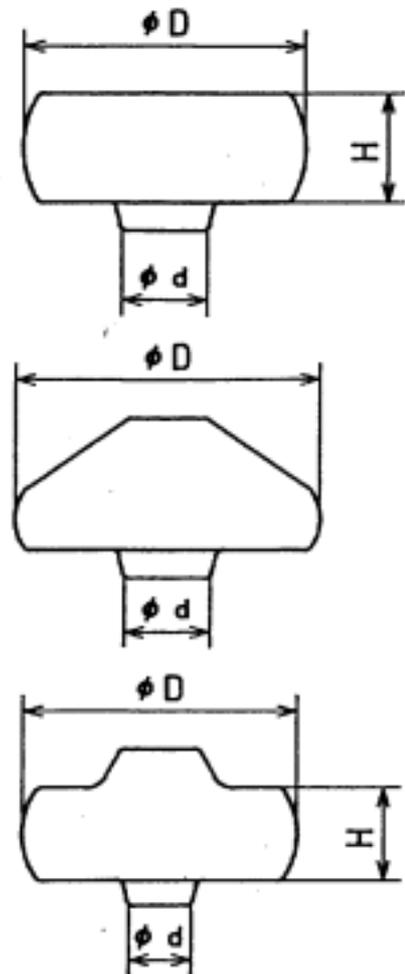


図3 一般荒打形状

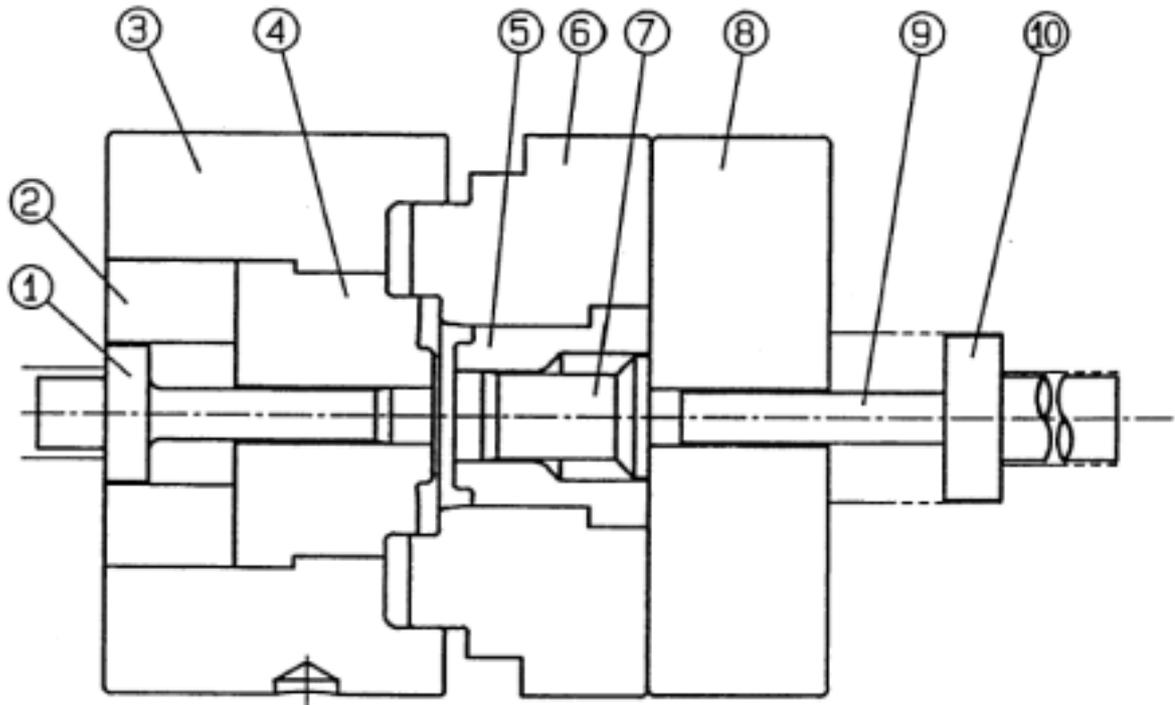


図4 金型構造例

a) 仕上型のインプレッションは鍛造品形状に準じて設計する。特に次のような点に留意して設計する必要がある。

- ア．部分的に型摩耗が異なる型は分割構造とする。
- イ．分割型にすることにより型替が容易になる。
- ウ．肉流れを考慮して型の分割位置をきめる。
- エ．上下型芯合わせのガイド部を設けることが望ましい。
- オ．製品をロックアウトして取出せる構造とすること。
- カ．製品の大きさ、作業ピッチにより必要に応じ型冷却を行うこと。

キ．上型にロックアウトをつけるのが困難な場合は、製品形状、抜け勾配等を工夫し上型にスタックしない(上型にひっつかない)ようにすること。

b) 下図に仕上型の金型構造例を示す。また下表に使用型材と硬さの例を示す。

c) 金型の上下のクリアランスは製品の大きさ(外径の大きさ)で多少異なる。ガイド部クリアランスとしては径で0.05～0.2インプレッション部は径で0.1～0.5の範囲で製品形状、大きさ、要求精度等より適正値を選ぶこと。

名 称	材 質	硬 度
ロックダウンピン	SKD61	HRC50～54
ライナー(上)	SKD61	HRC50～54
アウター(上)	SKT4	HRC42～46
ニブ(上)	SKD61	HRC50～54
ニブ(下)	SKD61	HRC50～54
アウター(下)	SKT4	HRC42～46
ロックアウトピン1	SKD61	HRC50～54
ライナー(下)	SKD61	HRC50～54
ロックアウトピン2	SKD61	HRC50～54
ロックアウトピン3	SKD61	HRC50～54

参考文献

- 鍛造へのおさそい
- 鍛造技術講座

1.4.2 型設計「冷間」

冷間鍛造により製品を成形する場合、成形にはある一定の制約があり、それを考慮しないと製品に割れや欠縮を生じたり、金型が破鏡する等、トラブルの原因となる。

これらのトラブルを回避する方法として最も基本的なことは、型のある部分に材料の逃げ部を設けることである。加圧方向と材料の流れ方向により、幾つかの成形方法に分類することができる。

以下に冷間鍛造における基本的な成形方法を示す。

冷間鍛造で作られた製品は、全てこれらの成形方法の組合せにより成形されたものである。

(1) 冷間鍛造の基本工法

前方押出し

冷間鍛造で成形を行うとき、ダイの中に挿入された素材が図1に示す様に、プレスの加圧方向と同じ方向に流動する加工方法を前方押出しと言う。

本工法は一般的に段付軸やフランジ付中空体を成形するのに用いられる。

後方押出し

後方押出しとは図2に示す様に、ダイに挿入された素材を成形する時プレスの加圧方向に対して材料が反対方向に流動する加工方法を言う。本工法は一般に底付円筒を成形するのに用いられる。

複合押出し

複合押出しは前方押出しと後方押出しを同時に行う工法であり、その代表例である軸付カップ製品を図3に示す。

据込み

プレスの加圧方向に対し材料が直角方向に流動する加工方法を据込みと言う。

アイオニング

アイオニングとは底付円筒状の素材を用いて、その壁厚よりも狭い金型の間を通すことにより円筒状の部分の部分を薄く長くする成形方法である。図4にシリンダーチューブの成形例を示す。

なお、基準工法と代表的な製品例を図5に示す。

(2) 冷間鍛造の型設計

冷間鍛造により工業的にメリットのある製品を製造するには、一般的に前項で述べた成形方法をいくつか組合せて成形するのが普通である。

例えば図6に示す様な底付フランジ円筒を成形する場合は図7に示す様に、後方押出し—前方押出し—据込みの3工程が必要となる。

与えられた製品形状を出来るだけ少ない工程で成形すること、又、一定の工程内で製品に出来るだけ高い付加価値をつけること、この2つが型設計の最大のポイントである。

1.4.3 金型加工法

(1) 金型加工法の変遷

金型製作の機械化は1950年頃汎用立てフライス盤から始まり、60年代からは倣いフライス盤の登場により倣い加工(木、石膏などで作成したモデルを倣って金属など硬い材料に同じ形状を再現する加工)が始まり、つい最近までおこなわれてきた。

一次元油圧倣いから三次元自動倣いと進み、70年代後半からは多工程連続倣いの出現で自動化、高精度化が進み、倣い加工の全盛期をむかえている。この間、自動プログラミング装置の開発によりNC加工も

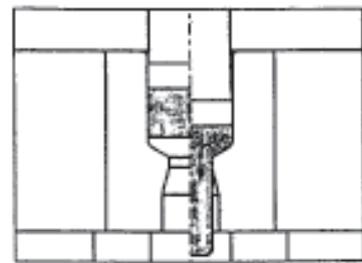


図1 前方押出し

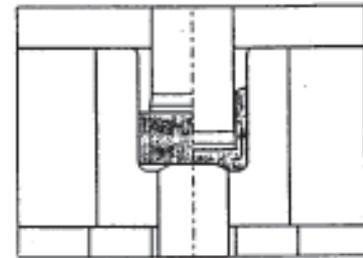


図2 後方押出し

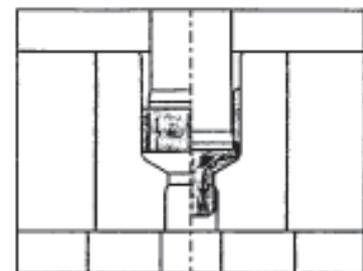


図3 複合押出し

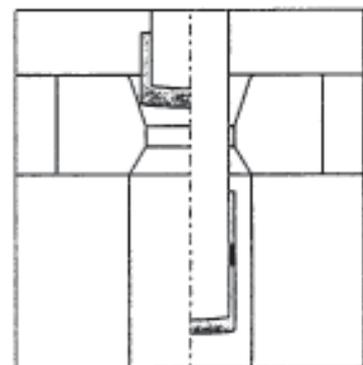


図4 アイオニング

盛んになってきていたが、救いフライス盤のデジタル化機能（モデルを放ってNCデータを作成）または、デジタル化専用機により三次元自由曲面でもNCフライス盤・マシニングセンタで加工できるよう

になり、その後のCAD/CAMの進歩と共にNC加工が盛んになっていった。

一方、電気加工機は1946年に基本的な加工法が発明された。放電加工の原理は、冷却などを目的とした加工液中で、電極と工作物間に放電を断続的に発生させ、工作物を徐々に溶解し除去するものであり、あらかじめ目的の加工形状に加工された電極により、その形状を工作物に転写する加工法である。その後、60年代のトランジスタの発達とともに電極の消耗量が著しく改善され、形彫り放電加工機として金型の形状加工への普及が進んだ。その他、鍛造金型では放電加工面の変質層は金型寿命に影響する場合があります、変質層の除去のため電解加工機が利用されている例も見られる。

(2) 最近の加工法

鍛造金型は金型の強度と対摩乾性が必要であり、熱処理された合金鋼が多用されている。加工法としては、焼入れ前の材料を切削加工で前加工した後、熱処理を行い、形彫り放電加工機で仕上加工をした後、更に人手により放電加工面を磨くという加工工程が一般的におこなわれている。

鍛造金型加工の課題は、金型寿命の向上と加工リードタイムの短縮である。現在、切削加工と放電加工の両面から新技術を利用した改善が進められている。切削加工においては、機械の高速高精度化を背景に、高速・高品位ミーリングと称する新たな加工方法で、熱処理材を高精度に能率よく加工できる方法が普及しはじめている。これにより、放電加工を使用せず切削加工のみで済ますことができる鍛造金型も多く、しかも工具のピックフイード量を細かくすることで、後仕上げも不要にすることが可能になりつつある。一方、放電加工においても、加工液中に微細な誘電体を添加した加工法が新しく開発され、仕上加工性能が著しく向上し、加工面あらかさが大幅に改善されている。

最近の傾向として、金型のコストダウンとリードタイム短縮において、特に、高速・高品位ミーリング

	素 材	製 品 例		
前方押出し				
後方押出し				
複合押出し				
掘込み				

図5 基本工法と代表的な製品例

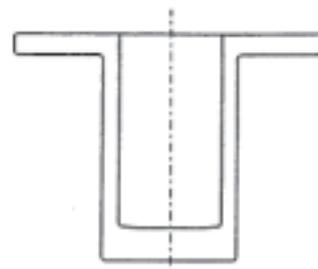


図6 底付フランジ製品

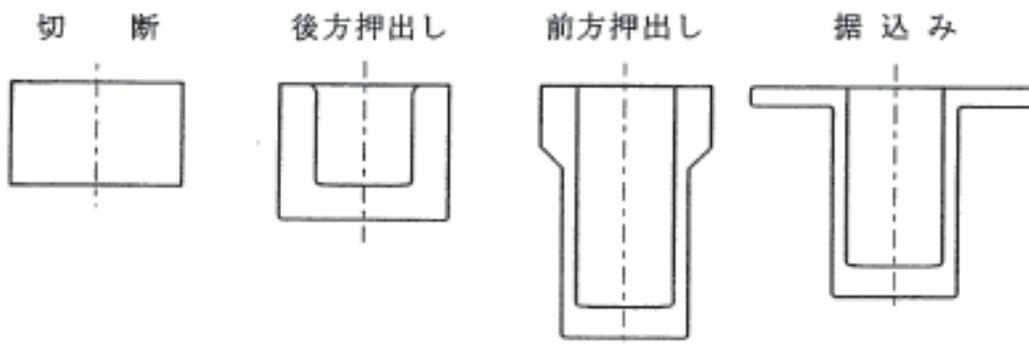


図7 底付フランジ製品の成形工程

加工は金型加工を画期的に進歩させ、鍛造金型加工に急速に普及している。一方、切削加工は超合金などの金型材質や一部の加工形状などにおいては

適応範囲の制限があり、放電加工の新技术を利用した改善も同時に進んでいる。

高速直彫り加工

- マシニングセンタによる高速・高品位ミーリング「FF加工」-

この切削加工方法はフライス工具を用いて高精度に高硬度材料を能率よく加工する事を目的に開発された加工方法であり、FF加工(Flush Fine Cutting)と称している。従来の金型は、切削による荒加工、焼入れ、放電電極の作成、放電仕上加工、みがき工程など多数の工程を経たおこなわれており、各工程間の待ち時間や段取り時間を必要とするため金型の製作時間の短縮が困難であった。鍛造金型のFF加工では、生材はもちろん焼入れ後の金型材でも、出来るだけ切削工具を使って細部まで加工することで、放電やみがきの工程そのものの削減と工程間の待ち時間を削減し金型の完成までの期間短縮を可能にしている。(図1)この加工方法は特殊な加工概念によるものではなく切削加工の基本に忠実に従って加工するもので、切り屑排除、工具温度、工具変形に着目した加工方法である。

- ・切り屑の再噛み込み防止 - - - 加工域からの切り屑の完全排除
- ・工具温度の抑制 - - - 加工地を配慮した高速切削
- ・工具の変形の制御 - - - 均等な切削負荷の維持

a) 切り屑の再噛み込み防止

最近のマシニングセンタにはスルースピンドルクーラントと呼ばれている機能がある。この機能は圧縮空気または切削油を回転している主軸から工具ホルダーに供給し、工具または工具の周辺に高圧で吹き付け、切り屑の排除と刃先の冷却と潤滑をおこなう機能である。これにより、切り屑は加工域から強制的に排除されるため、切り屑の再噛み込みによる切刃の損傷・チッピングが防げ、工具寿命が大幅に延びる。また、加工面の品位向上にもつながる。

b) 工具温度の抑制

加工で消費されるエネルギーの大部分は図2のA部に素材のせん断と変形等により熱に変換される。この熱の大部分は切り屑に蓄積されるが一部は素材へ伝播し(B) 素材を熱変形させる。他の一部は工具刃先(c)へ伝播する。工具刃先は切り屑と摩擦をおこして さらに加熱される。素材に伝わる熱はA部と素材の温度差に応じた伝導速度で伝わる。従って、比較的軽切削でA部の温度を上げずに熱の伝導速度より速い速度で加工をおこなうと素材は温度変化しないことになる。

一方、工具(フライス及びエンドミル)は断続切削になるため加工比に応じて加熱と冷却が繰り返され(図3)、通常の加工では瞬間的に温度が上昇する。図3と同じ切削速度で切削幅を半減したモデル(図4)を想定し温度上昇を考えてみると、工具が加熱冷却される温度変化の勾配は同じだが、加熱と冷却の比が変化している。回転当たり4分の1が切削により加熱され他の4分の3は冷却になり、その結果、工具の温度は上昇しない。実際はもっと複雑だが、切削比を少なく保ち比較的軽負荷切削を高速でおこなった場合、切削液をかけずにエア-のみで加工しても工具の温度上昇は見られない。

c) 工具の変形の制御

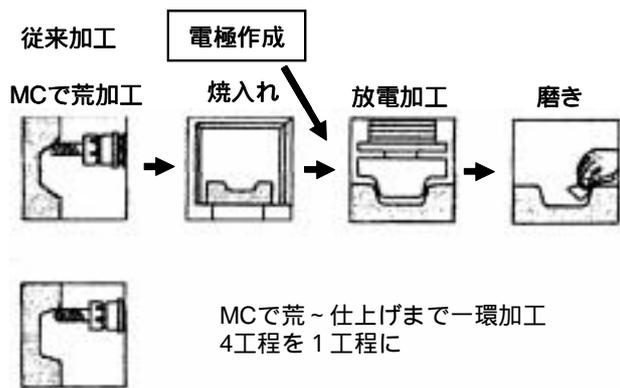


図1 工程集約

DIN仕様タイプBスルースピンドルクーラント装置

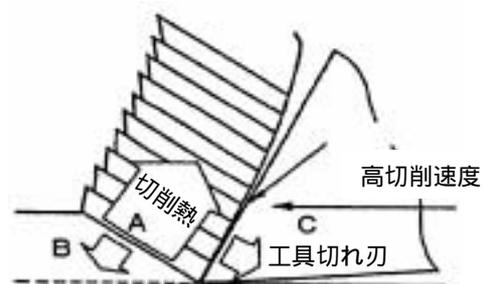
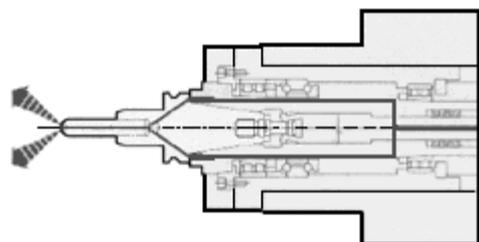


図2 熱の発生

加工負荷により工具は簡学に変形する。高速加工では切削負荷を一定に保ち、加工の不安定な部分に切削条件を合せることを避けなければならない。そのためアプローチはZ軸の単独切込みを避け、ランプ切込みやヘリカル切削とする。形状加工では、図5に示すようなスキャン加工では極所で工具に負荷が掛かりチップピングや欠陥につながるので、等高線輪郭加工を基本にし、切込みを浅く一定に保ち、切削負荷を安定させる加工とする。

以上の条件で加工を行うと、高精度・高品位な加工面に仕上がりが、切削時間も大引に短結され、しかも安定切削なので工具の長寿命化につながる。そのため、金型製造において高硬度金型材の直彫りも可能となり、工程を集約し極めて高い生産性を得ることが出来る。写真2に唐きをも不要にした実際のコンロツド鍛造型の直彫り事例を示す。写真3はこれを製作した高速回転主轴と高速・高精度送り機機能を有するマシニング

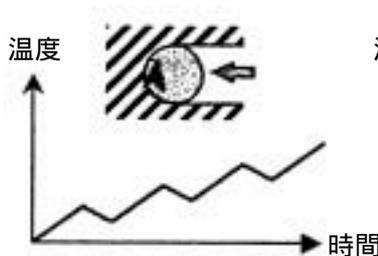


図3 工具の温度変化(1)

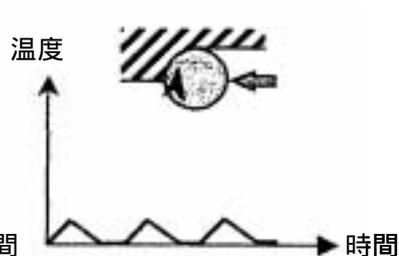
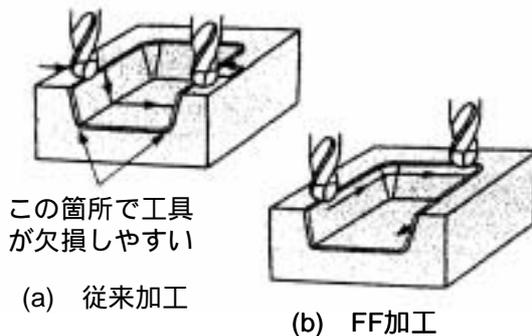
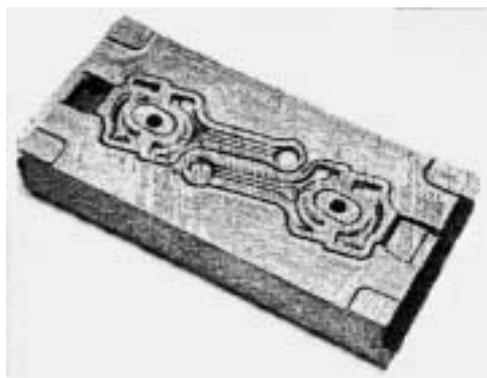


図4 工具の温度変化(2)



(a) 従来加工

(b) FF加工



被削材種: SKD61,46HRC
被削寸法: 450 × 200 × 110
加工時間: 8時間08分



写真3 高能率マシニングセンタ

センタを示す。

高速形彫り放電加工

一形彫り放電加工機による高速・高品位仕上加工「HQSF」 - 放電加工は電極の形状を工作物に転写する加工法である。電極の材質としては、主に電気銅、グラファイトや銅タングステンがある。電気銅は放電加工時の加工精度が得やすい利点から小形の金型向きであり、グラファイトは電極製作の容易さや放電加工速度の利点から大形の金型で多く用いられている。また銅タングstenは超硬合金の加工に適している。加工部は加工液中に浸漬した状態で放電加工するが、この加工液は放電溶解部の冷却剤として作用すると同時に電極とワーク間の絶縁を維持する役目もあり、管理の容易さから石油系の加工液が広く使用されている。電極と工作物の間隙は放電ギャップと呼ばれ、極間制御機能により放電が正常に発生する間隙に常に保たれている。放電ギャップは、通常0.005 ~ 0.5mmであり、放電パルスの大きさにより異なる。放電加工は工作物の硬度に関係なく加工できる特徴がある。

一般に、放電加工の加工面あさは設定された放電パルスで決まる。

図6のように放電パルスはピーク電流値とパルス幅で表され、ピーク電流値は0.5 ~ 1000A、パルス幅は

0.5 ~ 100 マイクロン秒の範囲で利用される。放電により溶解し飛散した部分はクレータ状の放電痕と呼ばれるものとなり、放電パルスが大きいくほど大きくなり加工面は粗くなる。

一方、仕上加工のためには加工面あらさを細かくする必要がある。しかしながら加工面あらさは放電パルスを小さくしても、ある一定以下にはならない場合がある。

図7のように放電加工の加工面あらさの限界は放電面積に左右され、放電面積が大きくなるほど限界面あさは粗くなる特徴がある。これは図8のように電極とワーク表面の間で電荷が引寄せられるため、電気容量が発生するためである。この電気容量は浮

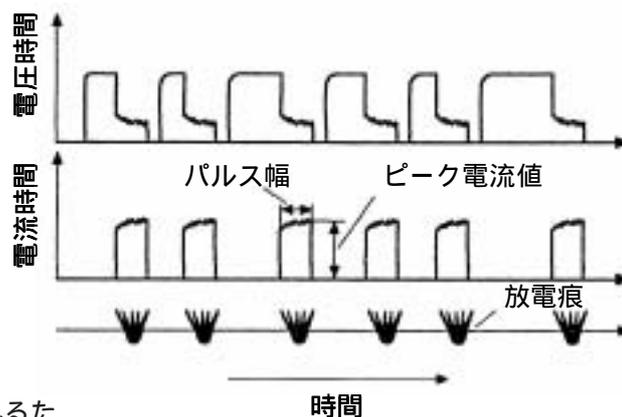


図6 放電パルスの発生状況

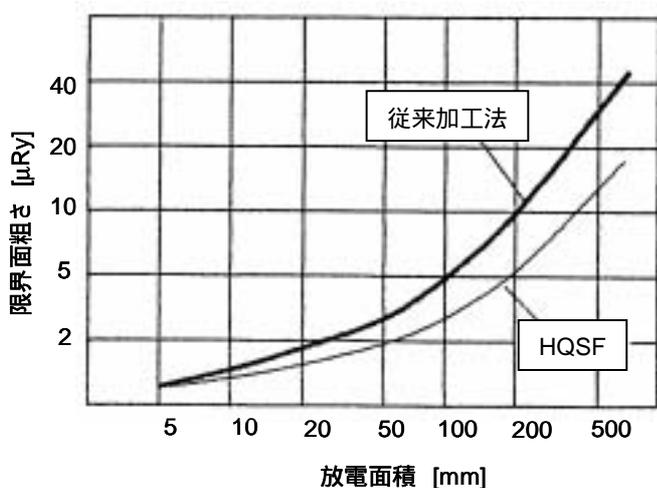


図7 放電面積による限界面粗

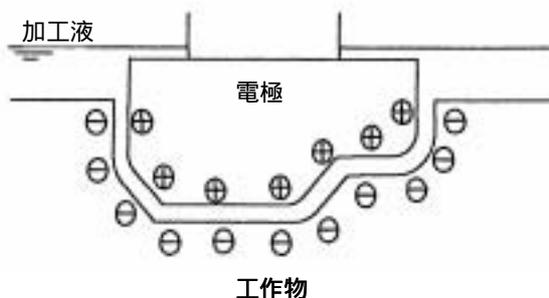


図8 電極と工作物間の浮遊容量

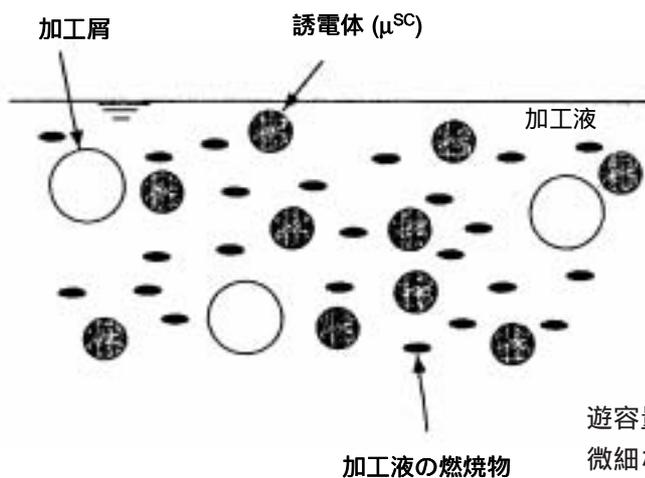


図9 加工液中の誘電体

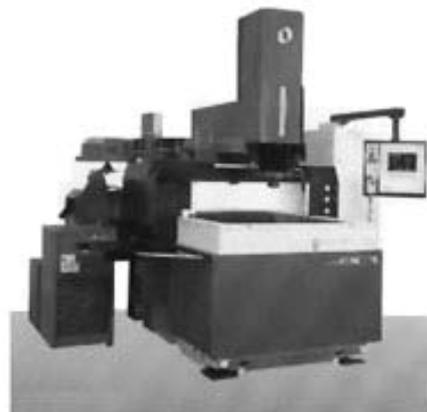


写真4 型堀放電加工機EDNC65S

遊容量と呼ばれ放電面積が大きくなるほど大きくなり、微細な放電パルスの発生を阻害する。このため電極が大きくなるほど仕上加工面が粗くなるのが一般的である。

放電加工後の仕上加工面あさは鍛造金型の型寿命に影響する。この点から放電加工の仕上加工性能の改善が一層求められている中で、加工液中に微細な誘電体を添加した加工法が新しく開発され普及が始まっている。この加工法は、「HQS F」、「粉末混入加工」などと呼ばれ、仕上加工性能を大きく向上させている。

主な加工法の特徴は、図9のように、加工液中に粒径1～30マイクロメートルの誘電体を加工液1リットル当たり1～30グラムの割合で添加する。これにより、より大きな放電ギャップで放電が発生し浮遊容量が低減するため、仕上げ加工面あらかさが向上するとともに、放電の誘発が進み、単位時間あたりの放電の繰返し数が仕上げ加工の領域で2～5倍に増大するため加工速度が大幅に向上する。

また、放電が加工面に対して極めて良く分散して発生する特徴から、放電加工面の状態が均一であり、ヒートクラック試験においても放電加工面のクラックの発生が少なくなる特徴も報告されている。

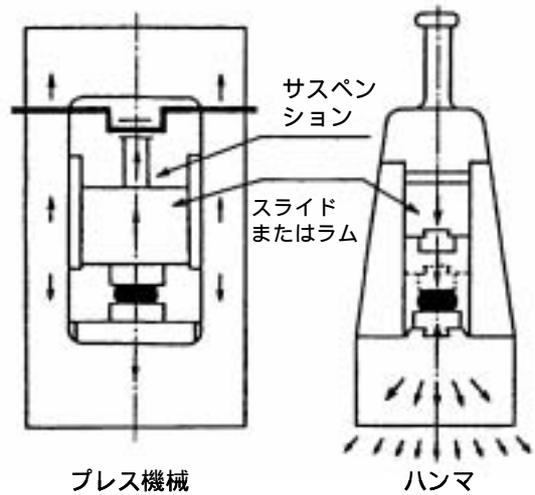


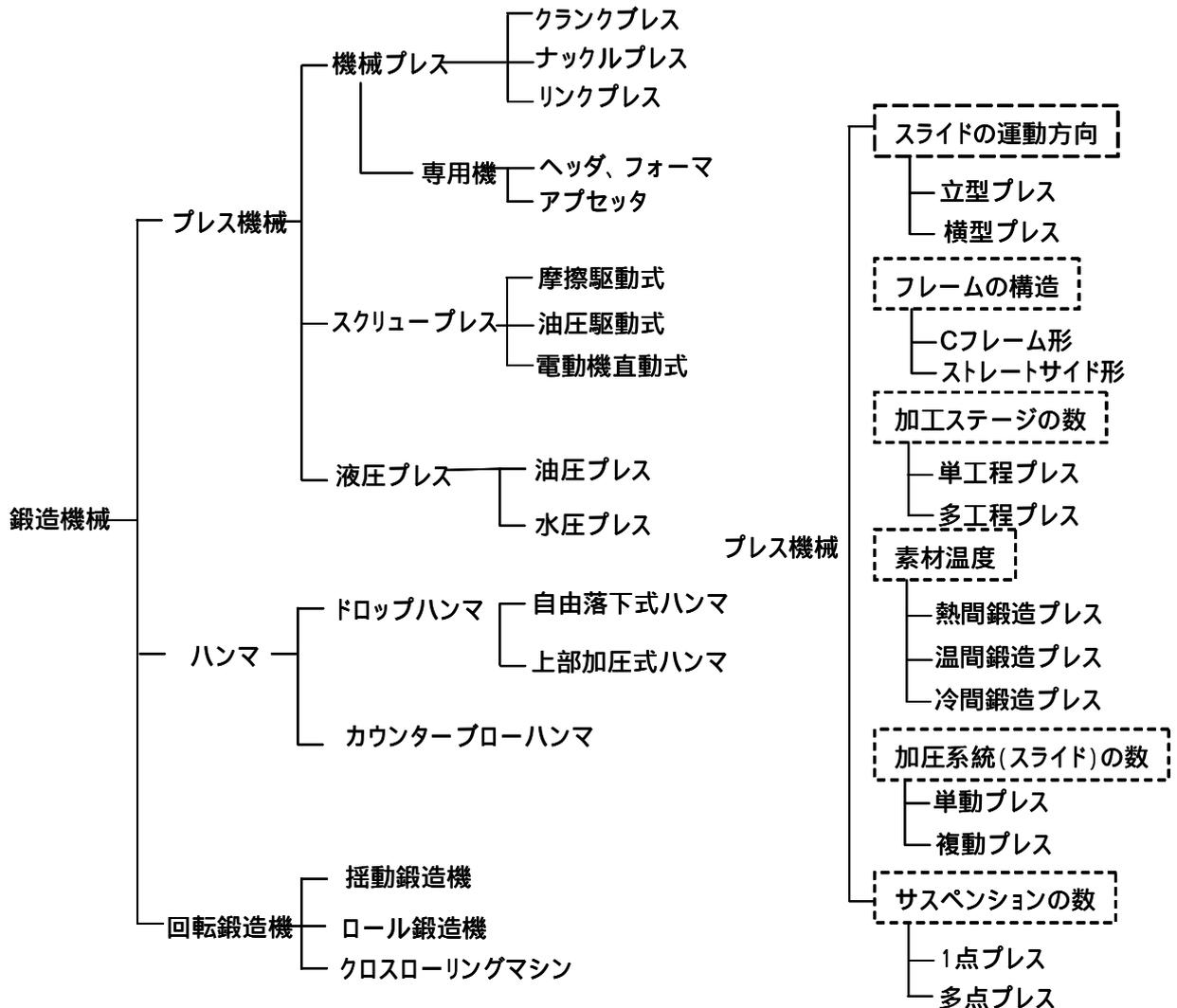
図1 プレス機械ハンマ

1.5 鍛造機械および設備

1.5.1 鍛造機械

(1) 鍛造機械の種類

鍛造に使用される機械には多くの種類がある。それぞれ



(a) 鍛造機械の駆動形式による分類

(b) プレス機械の各要件による分類

図2 鍛造機械の分類

れの特徴を把握し、加工法に最も適した機械を選ぶ必要がある。

鍛造機械とは、2個以上の対の工具(金型)を用いて固体材料の一部または全体を圧縮または打撃することにより成形および鍛練を行うための機械である。材料に加工力をあたえる際に、工具が直進運動のみを行うか、工具が回転運動を伴うかにより、使用される機械の形態が大きく異なる。

工具が直進運動のみによる鍛造機械は自由鍛造、型鍛造に広く使用されており、これにはプレス機械とハンマがある。加工力の反力を機械自体で支える構造の機械をプレス機械といい、一方この反力を基礎で受ける構造の機械をハンマという(図1)。機械の一部で移動型を取り付ける部分をスライド(またはラム)という。鍛造機械は図2に示すようにいろいろな観点から分類される。

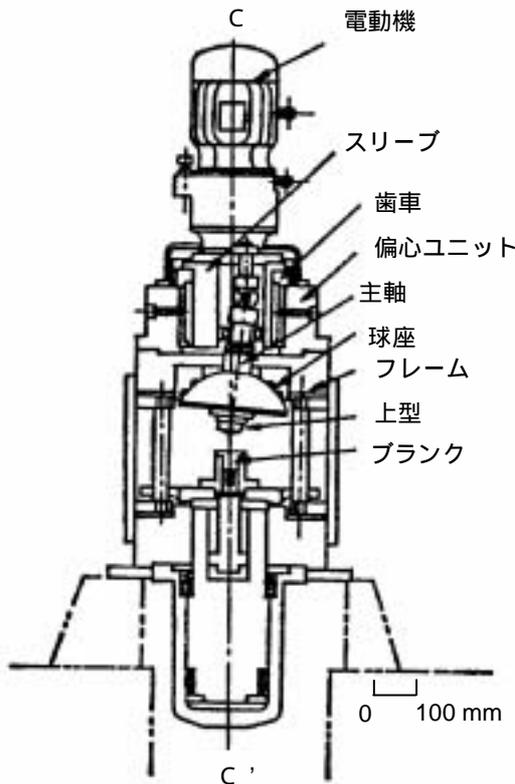


図3 揺動鍛造機¹⁾

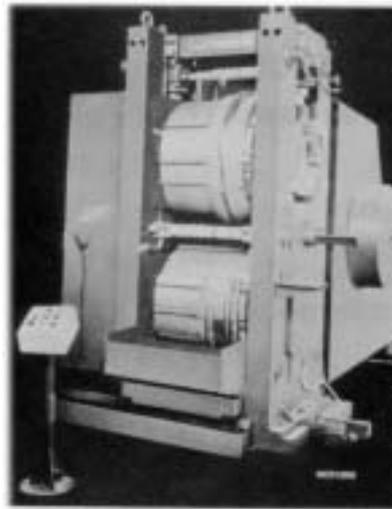


図4 クロスローリングマシン²⁾

工具が回転運動を伴う加工を回転鍛造と呼ぶ。

図3の揺動鍛造機は、熱間・冷間加工による型鍛造の予備成形やサイジングに使用されている。

図4のクロスローリングマシンによれば加熱した丸棒材から一気に段付き製品を得ることが可能であり、熱間鍛造の予備成形用としても使用されている。ロール鍛造機はフォーミングロールとも呼ばれており、ロールに複数回通すことにより加熱した素材を伸ばし、その断面に変化をつけることのできる機械で、予備成形用として使用されている。回転鍛造機はこれ以外にも多くの種類がある。

(2) プレス機械
プレス機械はスライドを駆動する方式により、各種のプレスに分類される。またスライドの移動方向により立形と横形に、フレームの構造によりCフレーム形とストレートサイド形に(図5)加工ステージの数により単工程プレスと多工軽プレスに分類される。図6に代表的なプレス機械を示す。表1には各種のプレス機械の比較を示した。

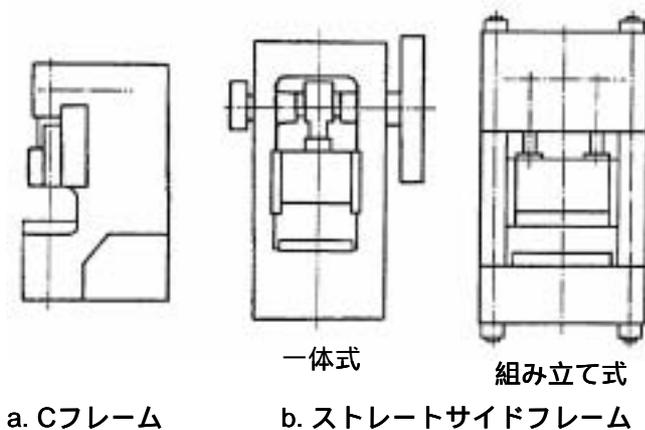
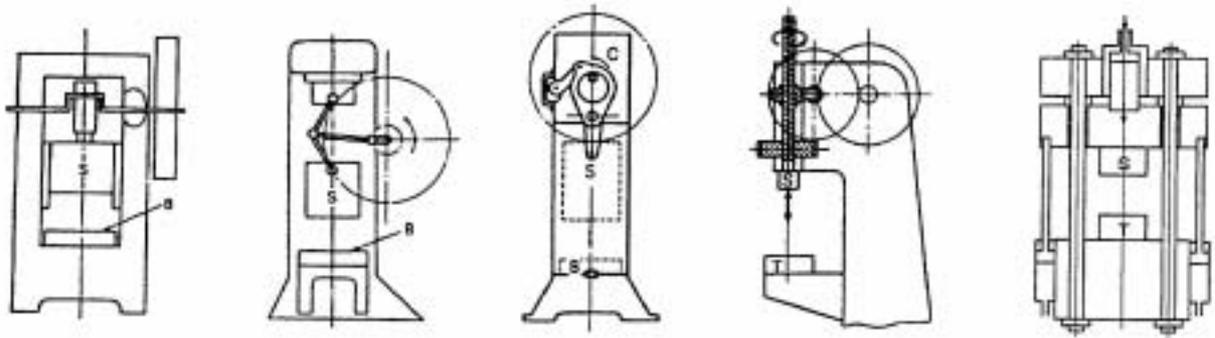


図5 フレームの構造

(2) プレス機械

プレス機械はスライドを駆動する方式により、各種のプレスに分類される。またスライドの移動方向により立形と横形に、フレームの構造によりCフレーム形とストレートサイド形に(図5)加工ステージの数により単工程プレスと多工軽プレスに分類される。図6に代表的なプレス機械を示す。表1には各種のプレス機械の比較を示した。

一連の鍛造作業では鍛造プレス(フォーミングプレス)による加工の他に、バリの発生を伴う場合は縁切り作業が必要となり、これに



a. クランクプレス b. ナックルプレス c. リンクプレス d. スクリュープレス e. 油圧プレス

図6 代表的なプレス機械

使用するプレスをトリミングプレスと言うこともある。

機械プレス(メカニカルプレス)

機械プレスは、スライドを駆動する機構により多くの種類がある。一般に、フライホイール(加工エネルギーを蓄える)クラッチ(フライホイールからスライド駆動機構に動力を伝達する)とブレーキ(スライドを停止させる)を有している(図7)。通常、スライド駆動機構にクランク機構を採用し回転動力をスライドの往復動作に変換しているため、スライドの移動限(下死点と上死点)があり、その移動速度は上死点から下死点に至る間、刻々と変化する。

鍛造加工用プレスとしては、加工品の金型からの排出のためにロックアウト機構を具備しているのが特徴の一つである。

以下に各種の機械プレスについて述べる。

a) クランクプレス(図6a)

スライドの往復動にクランク機構を使うものをクランクプレスといい、機械プレスのなかで最も代表的なプレスである。図7はクランクプレスの動力伝達機構の一例である。モータがフライホイールを回転させ、その動力はクラッチを経由してクランク軸に伝達し、スライドを上下動作させる。図7は、クラッチからメインギヤに動力を伝達する中間軸を持つ2段軸タイプで、2つのサスペンションを有する2ポイントプレスの例である。クランクプレスの動力伝達機構の形式は各プレスメーカーで様々である。

図8に示すようにスライドを駆動する軸は、いわゆるクランク形状のクランク軸のものと、エキセン軸のものがあり、後者を適用したプレスをとくにクランクレスプレスと呼ぶ。エキセン軸は剛性が高く中・大形のプレスに適用されている。

クランクプレスは熱間・冷間鍛造の他、各種のプレス加工に広く使用されている。

b) ナックルプレス(図6b)

スライドの往復動にナックル機構を使用したものをナックルプレスと呼ぶ。スライドの移動速度が下死点付近でクランクプレスに比べて非常に遅くなる。一般に冷間加工によるコイニングやサイジングに適している。

このプレスは、機種によりその考案者の名をとってマイプレスと呼ば

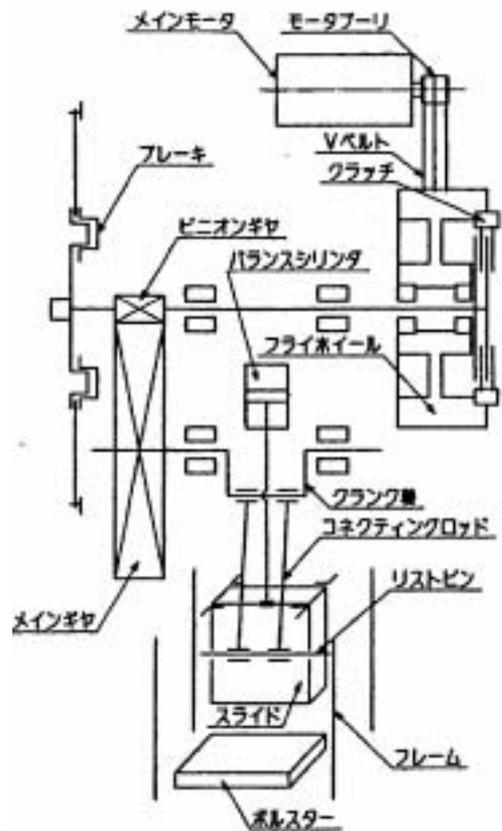
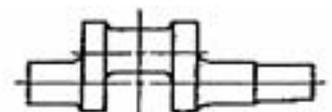
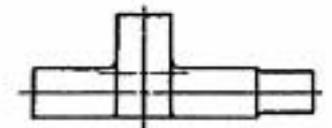


図7 クランクプレスの動力伝達機構(2段軸タイプの模式図)



a. 通常のクランク軸



b. エキセン形のクランク軸

図8 クランク軸

れている。

c) リンクプレス (図 6c)

スライドの往復動にリンク機構を用いているものをリンクプレスと呼ぶ。鍛造加工によっては、加工速度の変化が小さいことが好ましい。このプレスはスライドの移動速度は下死点より上の加工域で小さく、下死点から上死点に戻る領域で大きくなっており(図9) クランクプレスに比べてプレスの1回転に要するサイクルタイムの短縮と生産性の向上がはかれる。このプレスは特に冷間加工による、長い加工品の押し出し加工やしごき加工に適している。

この他に鍛造加工に適用される機械プレスとしてヘッダ(フォーマ)とアプセッタがある。

ヘッダはコイル材、棒材を使用し、切断から鍛造までを一台で行う横形の機械で、生産性が高いことが特徴である。ワークの自動搬送装置を有し、加工ステージの数の点では、1段のものから多段のものまで多彩である。毎分の稼働回数は、同等の加圧能力の他の機械プレスよりも格段に大きく、200spmを超える例もある。小ネジ、ボルト、ナット、鋼球の加工のほか、比較的単純な形状の加工に適用されている。スライドの駆動機構としてはクランク機構が一般的で、熱間鍛造用と冷間鍛造用がある。

アプセッタは据込み加工の専用機で、分割された金型を用い素材を拘束して加工を行う。拘束のためにグリップ機構を有しているのが特徴である。長い軸部を有する製品の据込み加工に適しているが、他の加工への適用や自動化が可能である。

機械プレスのスライドの動作は、図9に示す運動曲線のようにそのスライド駆動機構により異なる。どのようなスライドモーションをもつプレスを選定するかは加工の内容を考慮して決める必要がある。

スクリュウプレス(図 6d)

スライド駆動機構にねじ機構を用いたプレス機械で、機械プレス的一种である。鍛造加工用のものは摩擦駆動式(フリクションスクリュウプレス)が一般的で、その構造としては、上型を下降させて加工するタイプと下型を上昇させて加工するタイプがある。前記 項のプレスと異なり、フライホイールに蓄えられたエネルギーを加工時にすべて放出する。その特性は、表1のように液圧プレスの特性と似ている。熱間鍛造および冷間鍛造に使用されている。加工のときのスライドの動作を模式的に図9に示した。

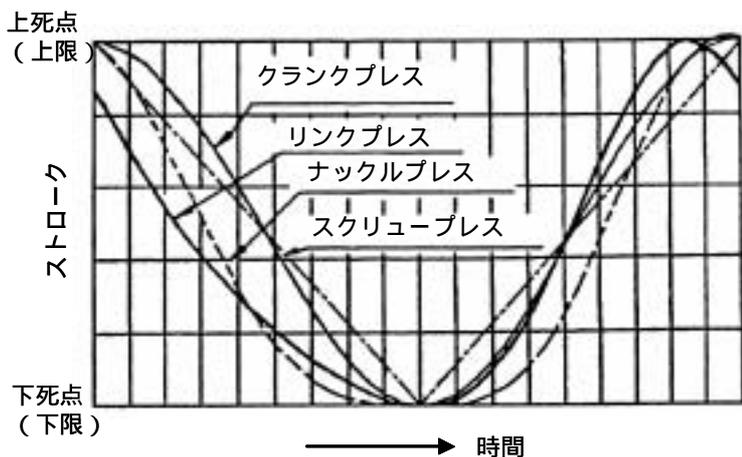


図9 機械プレスのスライド運動曲線

最近のスクリュウプレスは空油圧技術や電気・電子制御が取入れられ、操作性・安全性の向上がはかられている。

液圧プレス(図 6e)

スライドを液圧シリンダで駆動するプレスである。作動流体の種類により油圧プレスと水圧プレスがある。生産性の点では機械プレスに劣るが、長いスライドストロークや大きな加圧能力への対応性に勝れ、長軸・

表1 各種のプレス機械の比較

機能	クランクプレス他	スクリュウプレス	液圧プレス
生産の速さ	液圧プレスより速い	液圧プレスより速い	機械式鍛造機より遅い
ストローク長さの限度	あまり長くできない	相当長いものが可能	相当長いものが可能
ストローク長さの変更	一般に変更できない	容易に変更が可能	極めて容易に変更が可能
ストローク終端位置	正確に決まる(下死点)	一般に正確に決まらない	一般に正確に決まらない
加圧速度の調整	調整できない	一般に調整できない	容易に調整が可能
加圧力の調整	調整は困耗	調整は困難	容易に調整が可能
加圧力の保持	保持ができない	保持ができない	容易に保持が可能
公称能力の発生可能域	下死点付近に限定	スライドの加工域の全域	スライドの加工域の全域
鍛造機械への過負荷	過負荷を生じ易い	過負荷を生じ易い	過負荷は生じない

大寸法の製品の加工やスライドの下降限で一定の加圧力を要する製品の加工にその特徴を発揮している。油圧プレスが熱間鍛造に適用されている例は少ない。

プレス機械の能力

鍛造機械の能力はその機種により内容と表わす方法が異なるが、代表的なものは次のとおりである。

a) 圧力能力

機械が加工において安全に発生することのできる最大能力を圧力能力(または公称能力)と呼ぶ。前記項で述べた機械プレスでは、この能力を発生できる領域が下死点付近に限定される。

この能力に関するプレス機械の構造部分はフレーム、ボルスタ、スライド、クランク軸(機械プレス)、シリンダ(液圧プレス)などである。

鍛造加工のは種々の原因でばらつくので、機械プレスの圧力能力は、常用の加工荷重のピーク値がその圧力能力の75~80%となるように余裕をもっていることが必要である。

b) トルク能力

特に機械プレスに特有な能力であり、下死点上の何mmの位置で安全に発生できる加工力のことである。

図10は各種の機械プレスの「発生カーストローク曲線」であり、圧力能力とその発生位置が同一として3機種を比較したものである。

このなかではリンクプレスがこの能力の点で優れている。この能力に関するプレス機械の構造部分はクラッチ、伝導軸、クランク軸などである。

図11は「加工荷重 - スライドストローク曲線」と「機械プレスの発生カーストローク曲線」の関係を示した図である。スライドのストロークのどの位置においてもプレスの発生力が加工荷重を上回るようなトルク能力のプレスを選定する必要がある。上記の両曲線の接近点が圧力能力の部分にくる場合は加工荷重が発生力の75~80%、接近点が圧力能力より低いところにある場合は加工荷重が発生力の90%程度となるように余裕をもっていることが好ましい。図11において、作業a、b、cに適するトルク能力はそれぞれ、①、②、③である。作業bにトルク能力④の選定および作業cにトルク能力⑤の選定は共に不適当である。

スクリュウプレス、液圧プレスでは、トルク能力の表現は適用されない。しかし生産用の実機では、加工に使用できる、スライドのストロークの領域には制限がある。

スクリュウプレス、液圧プレスでは、トルク能力の表現は適用されない。しかし生産用の実機では、加工に使用できる、スライドのストロークの領域には制限がある。

c) 仕事能力

1回の加工に安全に使用できるエネルギー、さらに1分間に何回その加工を行なえるかを示す能力である。この能力に関するプレス機械の構造部分は原動機(モータ)の出力、フライホイールの大きさなどである。

仕事能力については、加工に要する仕事量を10~15%程度上回る仕事能力のプレスの選定が必要である。

d) ステージ負荷能力と許容備心荷重

多工程プレスにおいてはプレスの各加工ステージの負荷能力が、対象の加工工程の荷重を上回っていることが必要である。

多工程加工ではプレスへの備心荷重が避けられないことが多いが、偏心荷重はスライドの傾きの原因となり、金型に悪影響を与えるので、その許容値に比べ極力小さい状態でプレスを使用することが望ましい。備心荷重を発生する加工では合計の荷重ではなく、偏心荷重を基準としてプレスを選定する必要がある。

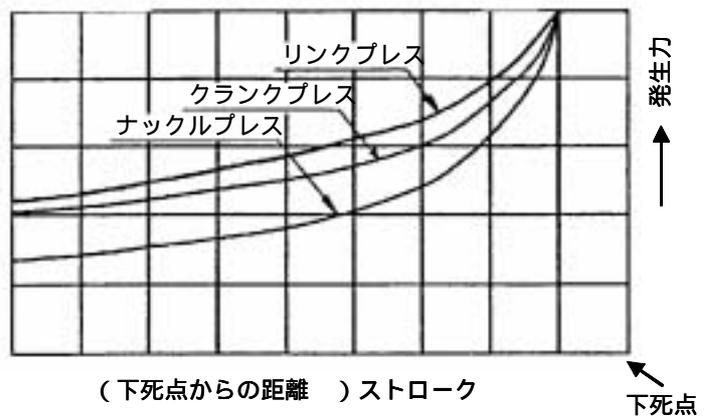


図10 機械プレス「発生カーストローク曲線」

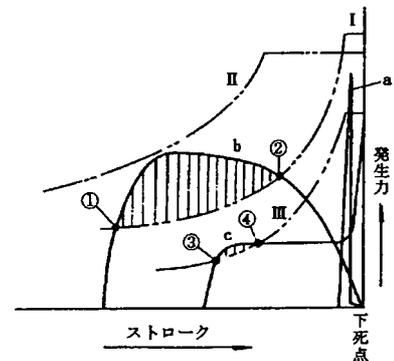


図11「加工荷重-スライドストローク曲線」と「機械プレスの発生カーストローク曲線」の関係

プレス機械の自動化

a) 自動化装置の構成

プレス機械の自動化には基本的に材料供給装置と搬送装置が必要であり、以下に述べるようにこれらの装置の種類は多い。場合によっては製品整列装置も必要となる。

鍛造では特に潤滑材の剥離、素材およびワークの打痕・傷の防止が必要となることが多く、各自動化装置はこれに対する配慮が必要である。

高い生産性を維持し加工品の精度を安定させるには、プレス機械をはじめ成形に関連する自動化装置の選定が重要である。機械プレスの場合、毎分の成形個数は、自動化装置の形式・運転方式により異なり10～50個/分程度であるが、ヘッダ(フオーマ)では200個/分を上回る例もある。

近年、制御技術の発達とACサーボモータの開発により大型の熱間鍛造プレスでも高速化が達成されている。

多工程加工における自動生産では各ステージの金型にワークを供給して加工を行うことが基本的な形態であるが、1ステージおきに(1個飛び加工)あるいは2ステージおきに(2個飛び加工)加工を行うことがある。この場合生産効率の点では劣るが、合計荷重の低減、金型の冷却、潤滑剤の供給の点では優れる(図12)。このワークの搬送方式は特に温・熱間鍛造で多用されている。

b) 材料供給装置

材料供給装置は、通常は山積み状態で無作為に投入された素材を、その方向を揃えて素材加熱装置やプレス機械に供給する装置であり、これにはエレベータフィーダ、ラビットフィーダが代表的である。パーツフィーダは小寸法の素材の供給に使用される。素材の上下方向を揃えるためには方向選別装置が使用され、回転方向の位相を揃えるためには位相出し装置が使用される。これらの装置は材料供給装置の末端部分に設けられるが、簡単な装置ではダイエリアの中に施設されることもある。小寸法の素材の整列ではパーツフィーダが適用可能な場合もある。

c) 搬送装置

プレス内のワークの搬送には、2次元トランスファ装置や3次元トランスファ装置が適用される(図13)。これらのトランスファ装置を有する多工程プレスをトランスファプレスという。単純な形状のワークではグリップトランスファ装置が適用される。

搬送の不具合、2個打ちを防止するに

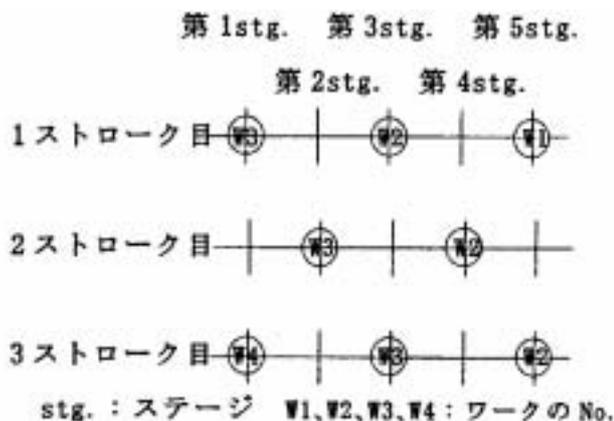


図12 「1個飛び加工」におけるワークの移動

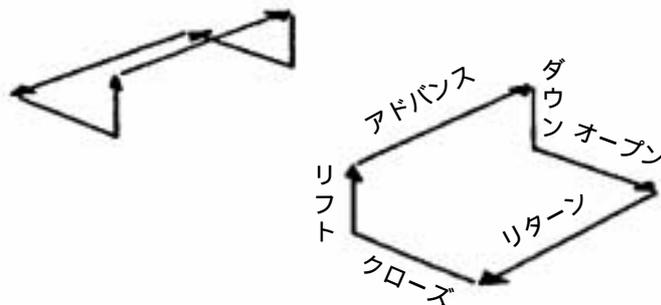


図13 3次元トランスファ装置の動作

特に温・熱間鍛造で多用されている。

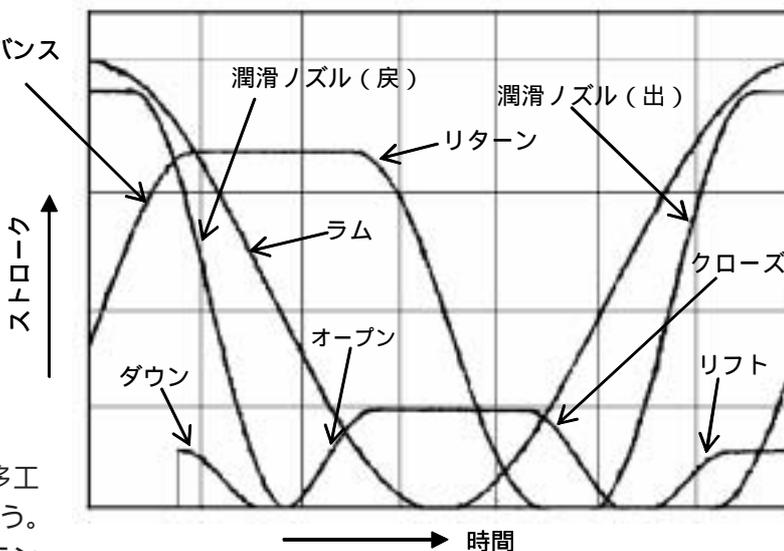


図14 トランスファプレスの動作線図(1)
—プレスマスター

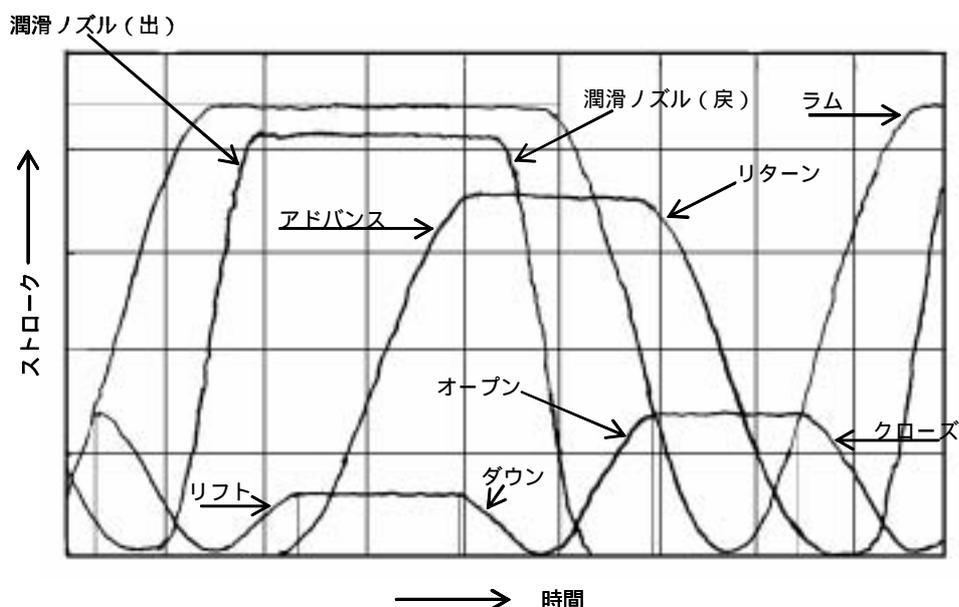


図15 トランスファープレスの動作線図(2)
- プレスマスタ -

は、ワークのクランプが正常か否かを確認する検知装置（ミスグリッパ検知装置等）が必要である。

2次元・3次元トランスファ装置を使用した搬送では、プレス機械と搬送装置の運転方式に、両者が同期したプレスマスタタイプと同期していないトランスファマスタタイプ（プレスは断続運転、フィーダは連続または断続運転）がある。プレスマスタタイプでは連続運転が可能であり、生産効率が良い。一方、トランスファマスタタイプでは長いワークの搬送が可能となり、また金型の冷却の点で有利である。図14、図15はそれぞれの動作線図の例で、とくに機械プレスによる熱間鍛造を対象としたもので潤滑剤吹付け装置のノズルの動作も示している。

1工程の加工には専用のロボットが使用されることもあり、この場合長く複雑な形状のワークへの対応性は勝れるが、生産性には限界がある。重い製品の熱間鍛造ではワークの搬送にマニピレータが使用されることが多い。

d) 潤滑剤吹付け装置

温・熱間鍛造ではプレスのストローク毎に金型へ潤滑剤の供給が必要となる。自動化されたプレスでは金型やトランスファーバーに固定されたノズルからスライドの動作とタイミングをとって潤滑剤を吹付ける方式が一般的である。

機械プレスでは、近年プレスの高速化に伴い、ノズル自身がダイスペース内を出入りして、上下型の必要な部分に潤滑剤を吹付ける装置も多く使用されている（ノズルの動作は図14、図15による）。この装置にはスライド連動型とACサーボモータなどの駆動源を有する単独駆動型がある。

e) 製品整列装置（バラタイジング装置）

後工程との関係で加工品を整列させる場合、また歯車製品のように加工品の傷・打痕を防止する場合は加工品整列装置が使用される。加工品は個々に分離され、専用のケースに収納される。

ヘッダ（フォーマ）の自動化

一般的に供給材料としてコイル材、定尺材が使用されるので、材料供給装置としてはアンコイラ、レベラ、ロールフィーダがあげられる。

ヘッダ（フォーマ）のプレス内のワークの搬送には、加工の内容、生産性の向上に対応した専用の搬送装置が使用されている。

(3) 熱間鍛造・冷間鍛造とプレス機械

熱間鍛造と冷間鍛造では、素材の温度、加工品に要求される品質が異なる。従ってこれらの加工に使用されるプレス機械はそれぞれ適切な特性を有している必要がある。

熱間鍛造プレスの概要

熱間鍛造は高温度域、約1100～1250℃で塑性変形させる作業である。鍛造荷重は鍛造温度に反比例し、高温にすると荷重は軽減されるため、形状が複雑で変形量の多い大型鍛造部品の成形にも使用される。

設備は加圧能力的には冷間鍛造プレスに比べ小さくなるが、全体としては多工程成形を考えると大きな物となる。高温で鍛造するため、熱による膨張、鍛造による反り及びスケールの発生等が影響し、最終寸法に対して機械加工代を考慮した寸法にする必要があるが、最近では型鍛造においてバリ出し鍛造から熱間での精密閉塞鍛造が進んでおり、成形後の機械加工工程の省略や短縮という合理化が可能となってきている。

鍛造方法はベアリングやギヤー等の縦打ち、コンロッドやクランクシャフト等の横打ちがあり、熱間鍛造において高速化が要求されるなか、立型ではクランクプレス、横型ではヘッダ(フオーマ)が代表的な機械である。

冷間鍛造プレスの概要

冷間鍛造では、金型の一部に大きい加工力が集中して加わる。使用されるプレス機械についても同様である。更に加工品には他の鍛造加工に比べ高い精度が要求されることが多い。したがって冷間鍛造に適用されるプレス機械にはまず高い応力と集中荷重に耐えられる十分な強度と剛性が必要とされる。またそのスライドには高い運動精度も必要となる。

冷間の押し出し加工では、プレス機械に下死点上の高い位置から大きな加工力が、一気に加わる例が多い。このためには十分なトルク能力を有する機械が必要とされる。また、騒音・振動が発生し易く、これについての対策も必要となる。

冷間鍛造用プレスとして代表的な機械としては、クランクプレス、ナックルプレス、リンクプレス、スクリュウプレス等がある。加工品によりヘッダ、油圧プレスが使用される例も多い。

プレス機械の選定

a) 選定に先立って

鍛造加工には種々の方法があり、対象製品に対する鍛造工程は一通りではない。

プレスの選定に当たっては先ず考えている加工法が対象製品について適切であり、その加工工程が適正で

表2 プレスの選定のための前提条件とプレスの仕様

前提条件		関連するプレスの仕様・設備
項目	内容	
加工品	寸法精度、必要機能	プレスの形式、種類、プレスの精度・剛性
適用工法	加工荷重とその変化	加圧能力、トルク能力・加圧ストローク
	仕事量	仕事能力
	各工程の荷重	ステージ負荷能力、許容備心荷重
	材料の流動速度	ストローク長さ、スライドモーション、spm
	金型と析料の接触時間	ストローク長さ、スライドモーション、spm
金型構造	金型の高さ寸法	ダイハイト
	金型の平面寸法	ダイスペースの寸法(ボルスタ、スライド)
	各工程のピッチ	ステージピッチ
	素材の投入加工品の取出し	ストローク長さ、ロックアウトクベッド、スライド)の仕様
生産品種 生産数量		spm、材料供給装置の供給能力、プレスの種類(汎用機、専用機化)
自動化	プレス内のワークの搬送	搬送装置の型式・仕様、搬送タイミング、ストローク長さ
	金型関係の自動化装置	潤滑剤吹付け装置、各種検知装置
	材料供給装置	材料供給装置の仕様、位相出し装置

あることを十分に検討する必要がある。

加工工程の設定には、製品の材質、製品に要求される形状・寸法精度と機能、鍛造前処理、金型、自動化、後加工等についての検討が必要である。

b) プレス機械の選定

プレス機械および関連装置の選定には、詳細な検討が必要である。表2にプレスの選定のために必要な主な前提条件と、それらに関連するプレスの仕様を示した。各条件のなかでも適用工法と金型構造を明確にすることが大切である。

加工品の品種の数もプレスを選定する上で重要な要件である。また生産数量の多い加工品の場合は専用機を選定する方が得策となることもある。

プレス機械の主要な仕様、その精度等については機械メーカーごとにそれらの基準をさだめているので、メーカーとの打合わせも必要となる。

(4) ハンマ

ハンマは鍛造機として長い歴史を有している。ハンマは依然として、自動化、振動・騒音、熟練作業者の確保等の問題が存在している。しかしながら、設備費が鍛造プレスに比較して低いことや、製造面で汎用性に優れている事など利点もある。また、衝撃を利用するという他の鍛造機にはない独特な特性を有し

表3 各ハンマの特徴

	自由落下式ハンマ	上部加圧式ハンマ	カウンターブローハンマ
ラムの上昇	ボード式、エアリフト式	圧縮空気または油圧	圧縮空気
下金型	固定式	固定式	連動式
ラムの落下	自由落下	加圧式(空気、油圧)	加圧式
ハンマの大きさ	0.5~2.5 ton	10ton以下	10ton以上
打撃速度	5m/sec	6~8m/sec	3m/sec
打撃数	40~60spm	60~100spm(エアドロップハンマ)	6~10spm
生産品	小物	小物から中物	大物
生産ロット	非量産	量産	非量産

ているため、今後とも少量多品種生産を中心に使用されていくものと思われる。

ハンマの種類

一般に使用されている型鍛造用ハンマはラムの動作により大別すると以下の通りである。

a) 自由落下ハンマ

b) 上部加圧式ハンマ

c) カウンターブローハンマ

各ハンマの特徴

表3に各ハンマの特徴を示す。

エアドロップハンマの概要

型鍛造において最も一般的なエアドロップハンマについて概要を説明する。

ラムはピストンによって吊り上げられ、落下するときは自重の他にピストン上部に作用する空気圧により加圧される。従って自由落下ハンマよりはるかに大きな打撃力を得ることが可能である。

ハンマの呼び能力はラム及びピストンの合計重力で表し、普通上型の重量を含めない。ハンマの構造もより大きな打撃エネルギーにて耐える、剛性を重視した構造となっている。

図16はエアドロップハンマ全体図を、図17はハンマ用固定式基礎を示す。

打撃力は足踏みペダルの踏み込み量によって、ストローク長さと空気の吹き込み量が変化して、自由に加減することが出来る。ハンマの動作は下記の通りである。

ラムはペダルを踏み込むに従って下方に移動してアイドリングを行う。ハンマの操作はこの動きを利用して、ペダル一つでラムに強打、中打、軽打任意にしかも無段階に行わせることができる。ただし、その時ペダルの動きとラムの動きの間には空気の流れによる時間差が生じる事に留意しなければならない。特にハイスピード型のハンマではラムの動きが早いので、この点に充分注意することが必要である。

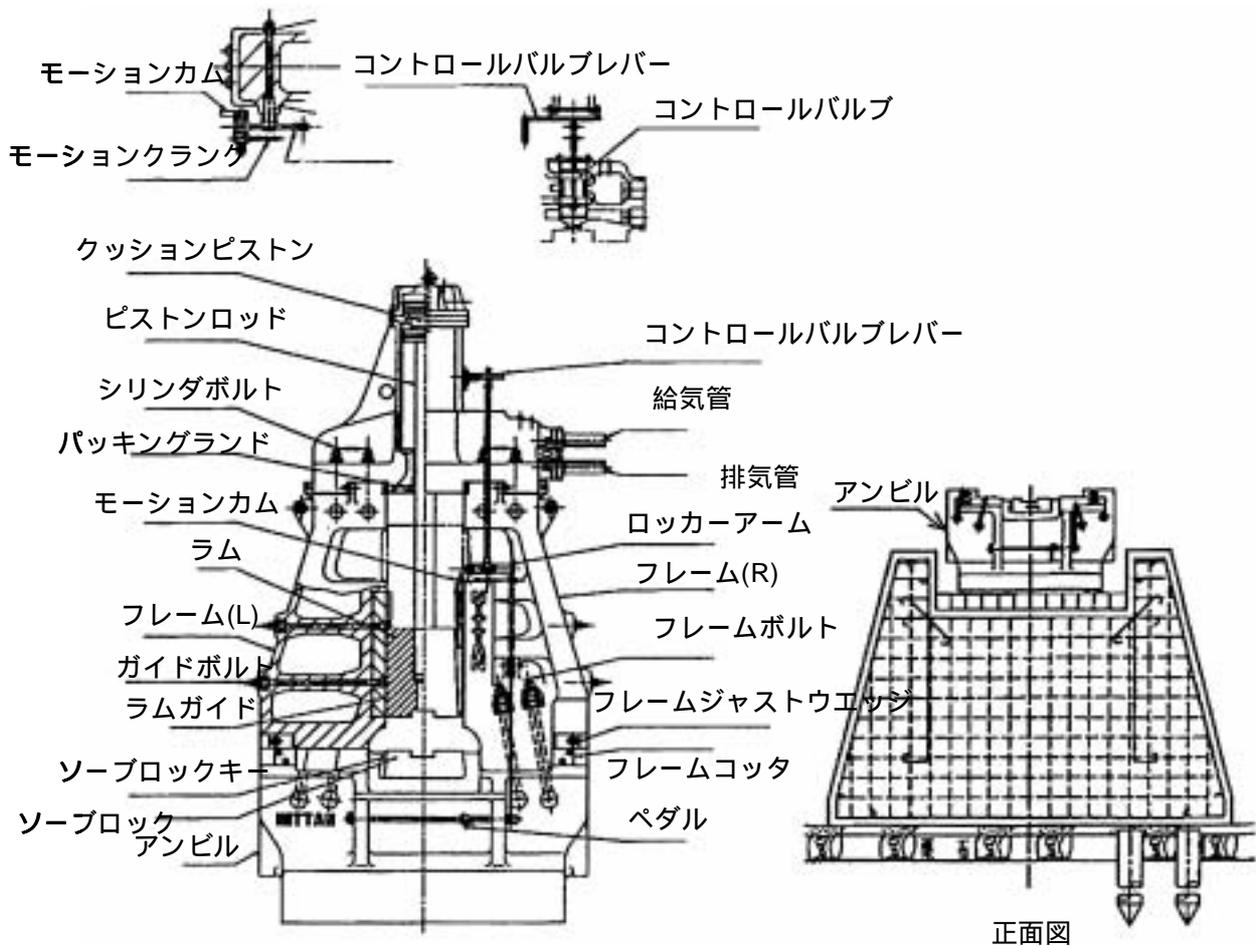


図16 エアドロップハンマ全体図

図17 ハンマの基礎

ペダルを戻すタイミングは空気圧力と金型重量と鍛造品の形状によって異なる。初め所要ストロークの約1/2の点でペダルを戻して二度打ち現象を見せるかどうか確認後、僅かづつ踏み込み時間を延長して、打撃力の大きさとペダルを戻す時期とのタイミングを覚える必要がある。なぜなら打撃までペダルを踏み込んでいると金型寿命を短縮するばかりでなくピストンロッドの耐用命数にも著しく悪影響を及ぼすためである。また、小さい品物を鍛造するのに大きな力で行うことも不良品を作るばかりでなく、ハンマの寿命も短縮することになる。製品の形状や鍛造方法によっても異なるが、ワンヒートの場合、6～8打数程度で製品になるのが理想的である。

(5) 鍛造作業の安全性と点検

表4 機械プレス of 安全装置・安全対策と日常点検

	安全装置・安全対策	日常点検項目
1	クラッチ・ブレーキの電磁弁にダブルバルブの使用	クラッチ・ブレーキの空気圧とその作動電磁弁の作動、停止時のブレーキのすべり
2	急停止装置、急停止ボタン	機能確認
3	安全—工程の運転モード	機能確認、一定位置でのスライド停止
4	再起動防止回路	機能確認
5	両手押しボタン	〃
6	オーバラン監視装置	〃
7	光線式安全装置	〃
8	安全ガード、安全ブロック	〃
9	各種のインタロック回路	〃

表5 ハンマの日常点検項目

	項 目	日 常 点 検 項 目
1	給 油	シリンダ
		バルブの作動部分
		ガイド
		フレーム
		給油管のドレン
2	ラ ム	ピストンロッドの入り込み
3	各 部 の 緩 み	バルブの作動部分のピン、コッター
		パッキングランドの滞れ
		フレームキー（コッカー、アジャストウニッジ）
		ガイド締付けボルト
		型取付けキー
		ソーブロックキー
4	摩 耗	ラム及びガイド
		ソーブロック

鍛造作業による災害で、特に作業中に上下型間で発生するものについてみると、一般のプレス作業に伴う災害に加えて、金型の破損に伴う危険物の飛散やワークの飛散によるものも多い。この他の災害には、鍛造機械や自動化装置によるもの、析料や機械の取扱い・運搬にともなって発生するものがあり、いずれも重大な人身事故につながる。それらが鍛造機械および関連装置に起因する場合の他、人的原因による湯合もある。従って鍛造作業では、フェイルセーフ、フールプルーフの考えに基づいて、鍛造設備、生産管理、保全等あらゆる面から安全対策を講じることが必要である。その主なものは以下のとおりである。

- ・安全性・信頼性の高い鍛造機械の使用とその日常点検・定期点検
- ・作業環境を整備と安全作業に関する教育・指導・監督

安全性・信頼性の高い鍛造機械

安全な鍛造機械とは次の項目を満たすことであろう。

- ・スライド、ラムが2度落ちしないこと
- ・危険限界に身体の一部ですら近付けず、近付いたときは機械は急停止すること
- ・危険物が飛んで来ないこと（特に冷間鍛造プレス）
- ・フェイルセーフ、フールプルーフの機能を有すること

鍛造機械によってその構造上、安全対策は異なるが、機械プレスでは主な安全装置と安全対策としては表4のものがある。

なお、鍛造作業の自動化は生産の合理化だけでなく安全対策上の効果も大きいので、できるだけ自動化を心がけるべきである。

日常点検・定期点検

鍛造機械の異常は故障さらには生産に支障をきたすだけでなく、人的災害の原因となる。従ってその機能を維持し損傷・異常を早期に発見するために、給油管理、日常点検、定期点検は欠かすことができない。機械プレスでは特に表4の日常点検項目は毎日の作業前に点検を実施する必要がある。

ハンマでは表5に示すように、シリンダおよびそれを作動させるバルブ関係の給油とそれらの作動状態の他、各部に緩みがないことの確認が必要である。

作業環境の整備

作業場の整理整頓は安全作業の基本であるが、作業しにくい環境、作業者が疲れやすい環境も災害の原因となる。

- a) 塗装色による危険カ所の明示
- b) 十分な照明、換気、騒音対策
- c) 楽な作業姿勢

安全作業の心がけ

- a) 保護具の使用（靴、保護眼鏡、安全手工具、耐熱手袋、耳栓）

b) 安全に関する教育・指導・監督

参考資料

- 1) 財団法人鍛造技術研究所編 鍛造技術講座，1981
- 2) 財団法人鍛造技術研究所編 鍛造技術講座「型設計」，1982
- 3) 財団法人素形材センター編 金属プレス加工技術指導手引書，1984
- 4) 社団法人日本塑性加工学会編 塑性加工技術シリーズ4「鍛造」，1995，コロナ社

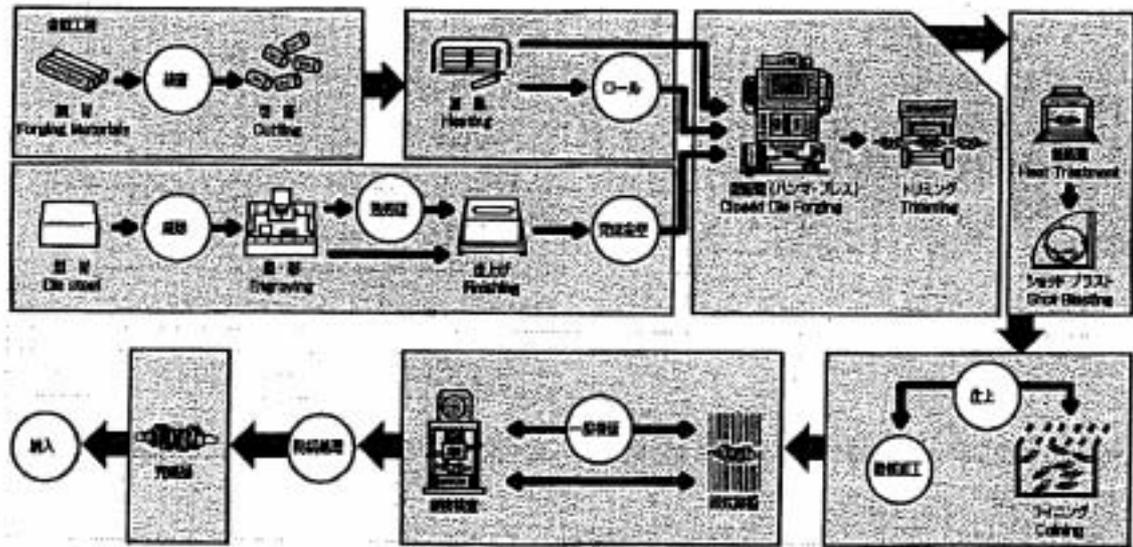


図1 熱間および温間鍛造プロセス

1.5.2 鍛造プロセス

素材の受入れから製品の出荷までの一連の熱間および温間鍛造プロセスを略図で示すと図1のようである。すなわち、熱間、温間鍛造では、素材の受入れ検査後、シャワーや鋸盤による棒材の切断、熱間、温間鍛造温度までの加熱、潤滑材塗布、一部はロール鍛造による体積配分のための荒地成形を経て型鍛造、バリ除去のためのトリミング、熱処理、切削による仕上げ、検査を経て製品が出荷される。型鍛造においては、荒地成形から仕上げ成形まで、数工程に分けて鍛造が行われる。

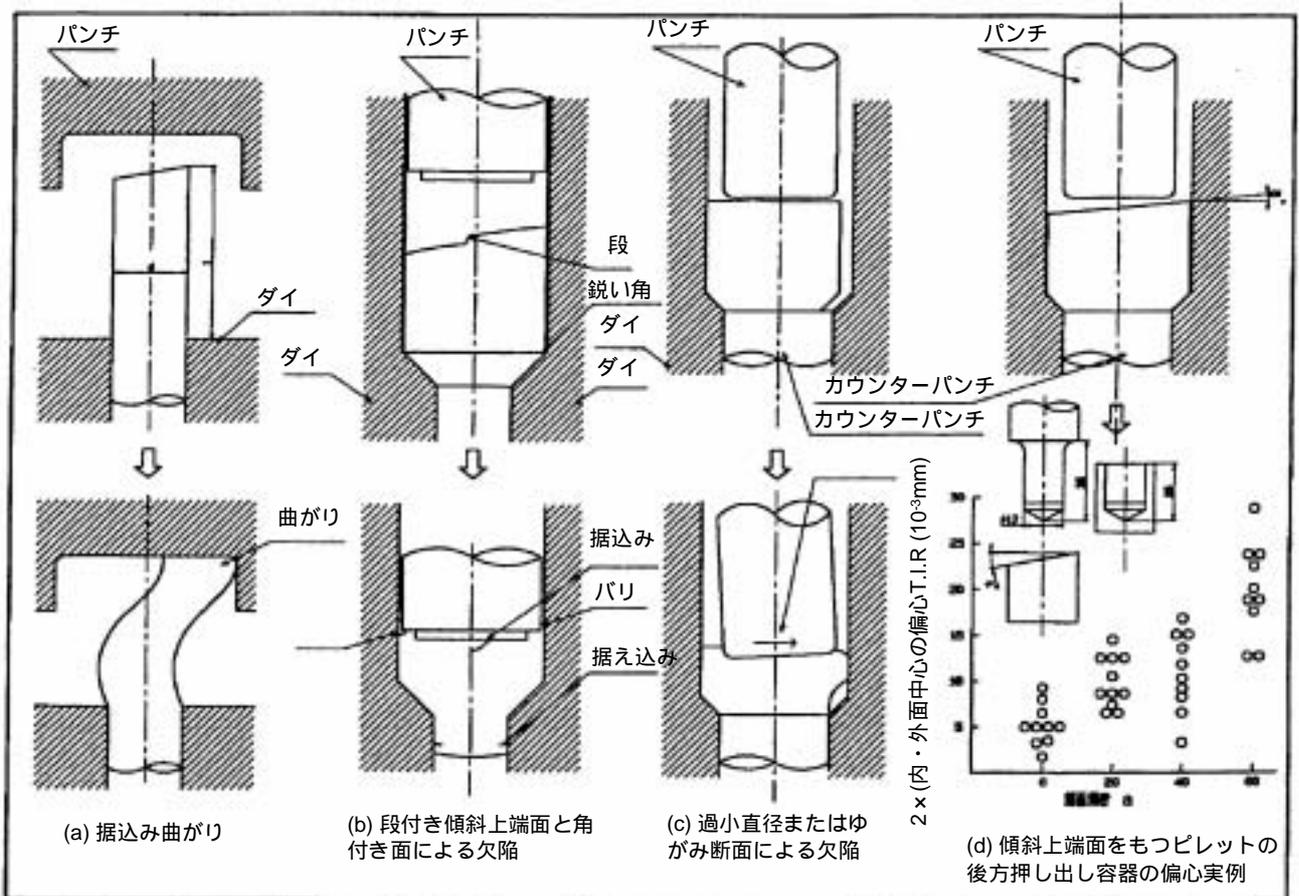


図12) ピレットの幾何性状不良のため製品に生じる欠陥

表 1¹⁾ 各種材料の切断法と特徴

切断法の種類	長所	短所	適合切断材
帯鋸切断法	・切断能率、良	・ユーレイ模様、あり	・金属全般
	・材質広汎		(材料硬度HRC45位まで)
	・直、曲切り自由		
	・束ね切り、可		
丸鋸切断法	・切断代、小		
	・小径材高能率	・大型機設備費、大	・小径材に適する
	・再目立、可	・動力、大	
マシンソウ切断法		・切断代、大	
	・軽便	・低能率	・金属材料全般
砥石切断法	・安価	・切断代、大	
	・軟、硬材自由	・作業環境、悪い	・金属全般
	・高能率	・工具消耗、大	
容断法(ガス切断)		・切断代、大	
	・直、曲切り自由	・熱影響、大	・普通鋼
	・能率、良	・材料変質	
シャー切断		・不衛生	
	・操作簡易	・ダレ、ツブレ、あり	・金属全般
	・熱間、可	・機械、大	
プラズマ切断	・高能率、歩留良好	・精度、悪い	
	・薄板の直、曲切りに適す	・設備費非常に大	・金属全般
	・高能率	・切断代、大	板材が主
		・加工費、大	
レーザ切断		・材料変質	
	・薄板の直、曲切りに適す	・設備費非常に大	・金属全般
	・高能率	・加工費、大	薄板が主
放電切断		・材料変質	
	・硬度、材質関係なし	・設備費、大	・金属全般
		・能率、悪い	大型も可
		・加工費、大	

表 2²⁾ ピレット性状欠陥の鍛造工具および製品に与える悪影響

項目	品質	与える影響		備考	
		工具に対し	製品に対し		
幾何状	体積	過小	-	欠肉	
		過大	過負荷又は破損	寸法過大またはバリ発生	密閉式工具の場合
	直径	過小	容器押出パンチの曲げ(図1(C))	非対称形状または局部バリ発生	コンテナ内での位置ズレによる
		過大	コンテナ内面の摩耗	外周面の焼付き	ピレットのコンテナ内の圧入による
	断面	ゆがみ	コンテナ内面の曲げ	据え込み曲り、押出、容器内外径偏心	非対称変形および不釣り合いによる。
	端面	非直角	容器押出パンチの曲げ(図1(C))	局部バリ発生(図1(a),(b),(d))	同上
		又、非平行	同上	残留非平坦、折込み欠損	段のある端面を工具で加圧する
端面の角	鋭い角又は、バリ	この角が最初に接触する工具面の摩耗	折り込み欠損(図1(b))	角が押しつぶされて潤滑膜が切れる、潰された角の折り込み	
物理状	硬さ	ばらつき	負荷、たわみの変動	寸法の変動	機械たわみの変動が大きい
	加工硬化	発生	負荷、増大	硬化部の割れ	
	表面	粗面	-	残留粗面	特に無形部、潤滑材封入部
		割れ	-	口広がり、折り込み欠損	
	潤滑膜	過厚	保護	表面粗化	潤滑剤のたまったところ
		過薄	焼き付き、摩耗	すりきず	

表 3³⁾ 鍛造形式による切断材の一般的な要求精度

鍛造	形式	直角	その他の条件	重量誤差
ハンマー鍛造	横内	-	-	-
"	据え込み	1度以内	かえり・きず無きこと	±1%
熱間プレス鍛造	バリ出し	-	-	"
"	密閉(閉塞)	1度以内	かえり・きず無きこと	±0.5%以内
"	前後方押出	0.5以内	"	"
温間鍛造(プレス)	バリ出し	"	-	"
"	密閉	"	かえり・きず無きこと	±0.4%以内
"	前後方押出	"	"	"
冷間鍛造(プレス)	据え込み	"	"	±0.3%以内
"	密閉	"	"	"
"	前後方押出	"	"	"

冷間鍛造の場合には、切断後の加熱処理に代わって潤滑膜の被覆処理が行われるほか、製品形状が複雑で型鍛造工程中に材料の変形能が不足してくると、その段階で中間焼なましを入れ変形能を回復させ、再び潤滑処理を施して、鍛造を続ける。

これらの工程の詳細は、以下の項で述べられている。

1.5.3 切断

(1) 鍛造用素材切断について

冷・温・熱間鍛造における鍛造品の生産は、全て素材の切断から始まる。切断された素材のピレットの精度は、後に続く鍛造工程の安定性を左右し、強いては鍛造製品の精度や品質に大きく影響する。特に最近では閉塞鍛造及び冷間鍛造におけるNNS (near net shape) 鍛造品を生産する為の、切断素材の精度要求が高度になってきている。切断法としては、鋸切断、ガス切断、シヤー切断、砥石切断等があるが、鋸切断、及びシヤー切断が最も多く採用されている。表1に各種切断法とその特徴を示す。これらの切断法は現在、なお全てが鍛造用ピレットの素材取りとして、採用されているが、表3に示すように鍛造形式により、要求される切断精度に差があり、これらを考慮して最も経済的に有利でなおかつ、高品位の素材を得るための切断方法を採用する必要がある。

(2) 鍛造用素材に要求される切断品質

型鍛造において切断素材に要求される品質精度は、重量誤差、切断面傾角、切断面の平坦度、変形、ばり、かえり、表面きず等があるが、冷間・熱間における閉塞鍛造においては特に重量誤差の管理が重要である。表2及び図1に切断素材の欠略が製品及び金型に与える影響を示す。又、各項目に対する後工程への影響は下記事項が考えられる。(閉塞鍛造の場合)

重量誤差	製品に欠肉、ばりの発生、製品寸法バラツキ
変形	製品の真円度不良、搬送におけるトラブル
かえり(ばり)	製品への打込み傷、搬送におけるトラブル
切断面傾角(平坦度)	据込み時の真円度の不良

又、表3に切断材の一般的な要求精度を示す。

(3) 鋸による切断

鋸切断の種類

鍛造用の素材切断には、鋸による切断があり、その種類は、弓鋸盤、丸鋸盤、帯鋸盤の3種類があげられ、現在弓鋸盤は非常に少なくなり、丸鋸盤、帯鋸盤が多く見られる。わが国における鍛造素材の切断は、大型材は熔断が多く、小径材は、弓鋸盤、丸鋸盤が主流となっていたが、戦後帯鋸盤が普及し、現在熔断は見られず、丸鋸による切断、帯鋸による切断が殆んどとなった。

ア．丸鋸刃による切断法

丸鋸刃は、名の通り円盤状の外周に切削用の刃先を作り、それを回転して素材を切断する方法である。その特長としては、比較的小径材の切断に適しており、現在必100以下の切断に使用されている例が多い。100以上の径の材料を切断する為には、外径が400以上の鋸刃が必要となり、機械の構造が大きくなり、

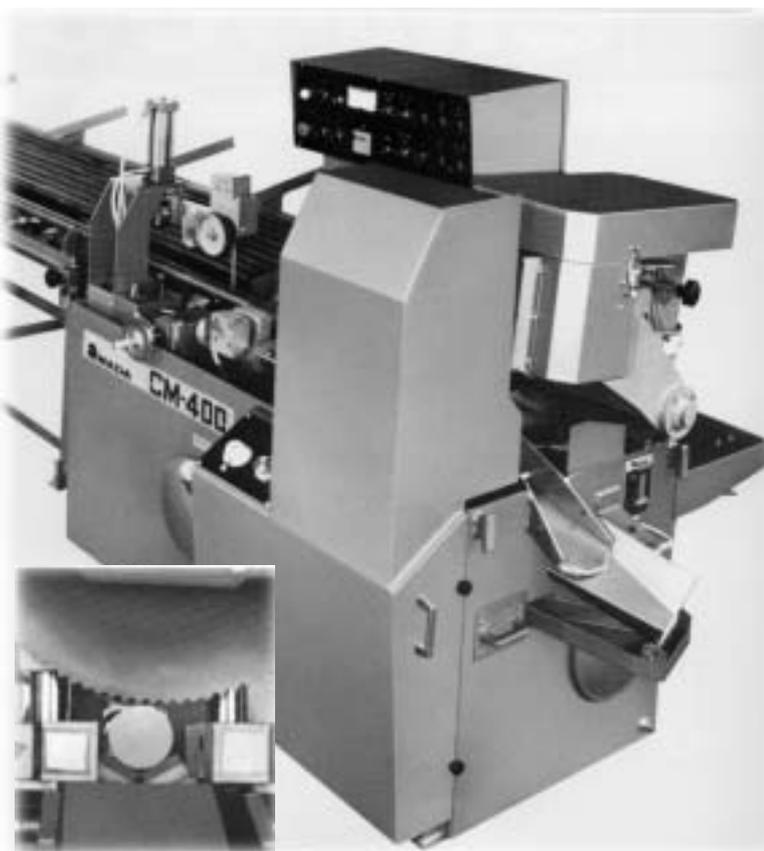


写真1. 丸鋸盤(サーキュラーソー又はコールドソー) AMADA CM-400

設備費が高くなるため大径材用の丸鋸盤は普及しないとも言える。

丸鋸刃の材質は、高速度鋼（ハイス）が多く使用されているが、現在は外周に超硬チップを使用した超硬丸鋸刃が開発され普及しつつある。超硬チップの丸鋸刃の特長は、ハイスに比較して切断早さが早いこと、面粗度が良く、切断精度も良いため、冷間鍛造、型打鍛造に適していると云われている。

切断コストについては、ハイスは再研磨ができるため、安いと見られる。丸鋸による切断は、写真1のような状態で切断され機械の構造によって、1個ずつ切断する手動盤と、切断長さを調整し自動的に切断する自動盤とがある。鍛造用の切断には自動盤が多い。60以下の切断には、丸鋸盤が比較的多く使用されており、特に冷間鍛造用が多い。

イ．帯鋸刃による切断法

带状の片側にハイスを溶接し、刃先を構成し、エンドレスとしてこれを回転し材料を切断する方法を帯鋸盤という。(写真2参照)鉄、非鉄、非金属を問わず、現在素材の切断に多く使われているのが帯鋸盤である。その特長は小形材から大形材まで切断可能なことである。特に、帯鋸刃のパイメタル化が帯鋸盤の普及に大きく貢献している。(図2参照)

帯鋸刃の構成上、胴材は曲げに強く、刃先は、硬度の高い材料を切断するためにより硬度の高いものにしなければならない。その矛盾を解決したのが、図2のようなパイメタルにした帯鋸刃である。ハイスの持つ特性を充分発揮させることが出来た。それまでの帯鋸刃は、小型から大形まで切断できる特長があったものの、刃物の材質が工具鋼であるため、切断時間がかかる、切曲る、寿命が短い等の不安要素が多く、延び悩んでいたが、このパイメタルブレードによって大きく跳躍した。

現在では、被削材によって刃先のハイスを選ぶことができ、難削材については、超硬のチップをもった帯鋸刃による切断も可能となった。

帯鋸盤の構造は、比較的単純であり、切断内容も手動から自動へ多くの機種を持つことが出来、小径10から口2000までの大形まで作ることが可能となった。鍛造業界においては、素材のみならず、鍛造用金型材の修正、再生用の切断にも多く使われている。

1.5.4 加熱

(1) 加熱の概要

鍛造作業を行う上で、加熱は重要な工程の一つである。

適切な加熱を行うことが、鍛造品の品質維持、環境保全及び省エネには不可欠である。

加熱温度

鍛造前工程では、金属材料を加熱炉に装入し、鍛造温度に加熱する。加熱温度は高いほうが変形強さが小さく、僅かな力で鍛造できる。しかし、あまり高温に加熱しすぎると、組成変化による不具合等で鍛造には不適當となる。表1に金属材料の適正鍛造温度を示す。



写真2 帯鋸盤

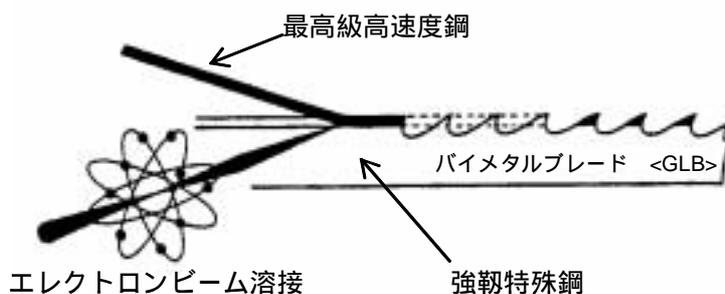


図2 . パイメタル

表1 金属材料の適正鍛造温度

材 質	適正鍛造温度 ()	材 質	適正鍛造温度 ()
炭素鋼 C 0.1%	900 ~ 1250	Ni鋼	850 ~ 1250
炭素鋼 C 0.2%	900 ~ 1250	Ni - Cr 鋼	850 ~ 1250
炭素鋼 C 0.3%	900 ~ 1250	ステンレス鋼 (18 - 8)	750 ~ 1280
炭素鋼 C 0.4%	900 ~ 1200	Mn鋼	850 ~ 1200
炭素鋼 C 0.5%	900 ~ 1200	Cr 鋼	870 ~ 1280
炭素鋼 C 0.7%	900 ~ 1180	Ti	750 ~ 950
炭素鋼 C 0.9%	900 ~ 1180	鍛造用黄銅	640 ~ 880
炭素鋼 C 1.1%	900 ~ 1100	Al	340 ~ 480
		鍛造用Al合金	330 ~ 450

(2) 燃焼加熱

鍛造において、燃炊加熱では、一般に重油、灯油、ガス等の燃料が使われている。

表2 各種燃料の性質例

性 状	名 称	仕重量 *	低 発 熱 量	理論 空 気 量
固体燃料	瀝 青 炭	1.25 ~ 1.45	7,659 kcal/kg	8.11 m ³ N/kgN
	製鉄用コークス	1.8 ~ 1.9	6,450 kcal/kg	7.21 m ³ N/kgN
気体燃料	都市ガス13A	0.842	9,883 kcal/m ³ N	11.004 m ³ N/kg
	プロパン	1.968	21,767 kcal/m ³ N	23.91 m ³ N/kgN
	ブタン	2.595	28,240 kcal/m ³ N	31.09 m ³ N/kg
液体燃料	灯油	0.78 ~ 0.83	10,400 kcal/kg	11.44 m ³ N/kg
	軽油	0.81 ~ 0.84	10,280 kcal/kg	11.2 m ³ Nkg
	(A) 重油1種1号	0.85 ~ 0.88	10,210 kcal/kg	10.9 m ³ Nkg
	(A) 重油1種2号	0.83 ~ 0.89	10,110 kcal/kg	10.8 m ³ Nkg
	(B) 重油2種	0.9 ~ 0.93	9,860 kcal/kg	10.7 m ³ Nkg
	(C) 重油3種1号	0.93 ~ 0.95	9,900 kcal/kg	10.7 m ³ Nkg
	(C) 重油3種2号	0.94 ~ 0.96	9,710 kcal/kg	10.5 m ³ Nkg

* 固体燃料は真比重を表し、気体燃料はkg/m³N、液体燃料はg/cm³を単位とする。

各種燃料の性質例を表2に示す。

重油燃焼

油燃焼においては、大部分のものが、液体燃料を噴霧して燃焼させる霧化燃焼法を用いているが、燃料が灯油のような軽質油の場合、蒸発して燃焼させる気化燃焼法をとる場合もある。ここでは、重油燃炊で主に用いられる霧化燃焼方式について述べる。

霧化燃焼方式には、

- a) 油の圧力エネルギーを用い、油の霧化を行う油圧噴霧式
- b) 高圧空気または蒸気 (一般に 1Kg/cm² 以上) を用いて、油を霧化する高圧気流噴霧式
- c) 機械的に霧化する方式
- d) 低圧空気 (400 ~ 1000mmH₂O) によって油の霧化を行う低圧空気噴霧式等がある。

一般に鍛造用加熱炉には、油圧や高圧空気を必要としないプロア空気のみで運転できる低圧空気噴霧式が用いられる。

ガス燃焼

ガスの燃焼は、LNG、LPG等の可燃ガスと空気をバーナーによって混合させ、燃焼を行う方法であり、一般的に、

- a) 高負荷燃焼が可能であり、燃炊性能が良好なため、炉室も小さくて済み効率もよい。
- b) 燃焼量、空燃比等の制御が簡単で調節範囲が広く、正確な温度制御が可能である。
- c) 重油燃焼と比較して、過剰空気が少なく済むので、被加熱材の酸化が少ない。

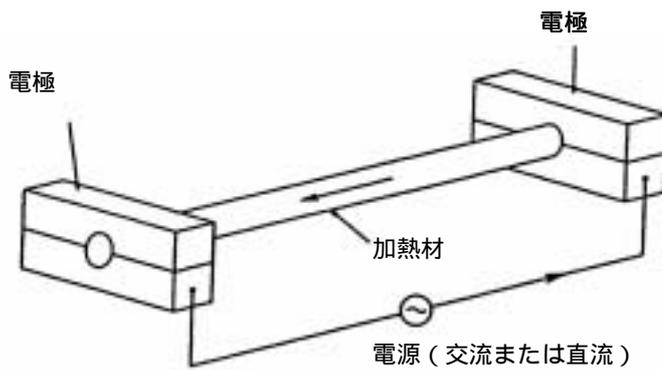


図1 抵抗加熱の原理

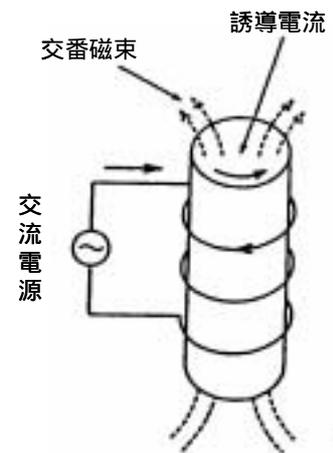


図2 誘導加熱の原理

- d) バーナーの構造が簡単で、メンテナンスが容易である。
- e) 排ガス中の硫黄酸化物、ばいじんが少ないので環境に優しい。などの特徴を持っている。

(3) 電気加熱

電気加熱については、色々な分類がなされているが、鍛造用電気加熱としては、そのほとんどが抵抗加熱と誘導加熱に分けられる。

抵抗加熱

導電性の被加熱材に直接通電し、内部抵抗により発生するジュール熱によって被加熱材自体を発熱させる方式である。

この方式は、被加熱材自体から熱が発生するため、熱効率が良い。しかし、被加熱材全体を加熱するためには被加熱材の電極接触面の状態や電極自体にも多くの注意を払う必要がある。

誘導加熱

近年、新設されている鍛造用加熱炉では、最も多く導入されている方式である。交流電源に接続されたコイル内に被加熱材を挿入するとコイルと被加熱材は接触していないにもかかわらず、被加熱材は表面から加熱されていく。これは、交流電流によってできる交番磁束が被加熱材を貫通し、その結果、渦電流が発生して、そのジュール熱によって被加熱材の表面が加熱されるからである。(表皮効果)

参考資料

- 1) 日本工業炉協会発行文献「新版工業炉ハンドブック」
- 2) 近畿鍛工品事業協同組合発行文献「鍛造へのおさそい」
- 3) 鍛造ハンドブック編集委員会発行文献「鍛造ハンドブック」
- 4) P.G.Simpson 著「INDUCTION HEATING Coil and System Design」
- 5) 日本電熱協会発行文献「エレクトロヒート応用ハンドブック」
- 6) 関西電力、日本電熱協会発行文献「誘導加熱」
- 7) 鍛造技術研究所発行文献「鍛造技術講座製造技術編」
- 8) 鍛造技術研究所発行文献「鍛造技術講座生産技術編」

1.5.5 潤滑

(1) 熱間鍛造の潤滑

一般に熱間、温間鍛造では、潤滑剤は主に素材の潤滑・離型効果、金型の摩耗防止、金型の冷却などを目的として使用されている。その潤滑剤の主流は水溶性黒鉛潤滑剤であるが、環境対策の一貫として白色または無色透明の非黒鉛系潤滑剤などが使用されている。

潤滑剤の種類及び潤滑方法を大別すると表1のようになる。

表1 熱間、温間鍛造潤滑剤および潤滑方法

No	工程	標準薬剤	濃度	温度()	時間(分)
1	脱脂	ハルクリン357	3~5%	80~85	3~10
2	水洗			RT	1~5
3	酸洗	塩酸	10~15	RT~40	3~10
		硫酸	10~15	50~70	
4	水洗			RT	3~5
5	皮膜化成	ハルホント181X	全酸度 35~60ポイント 促進剤 1~3ポイント	80~85	5~10
6	水洗			RT	1~5
7	中和	ハレン21	0.1~0.3%	70~80	1~3
8	潤滑	ハルーフ235	ハフコックンハ 1.5~3.0ポイント 遊離酸度 0~1.0ポイント	75~85	3~5
9	乾燥			自然乾燥	

潤滑剤の採用に際しては、鍛造工法(前方押し、後方押し、密閉型など) 鍛造サイクルタイム、金型温度などを十分に考慮し、潤滑剤の適切な供給方法と使用方法および潤滑剤の管理を含め、潤滑剤を選択することが望ましい。

(2) 冷間鍛造の潤滑

冷間鍛造の沿革

古来、室温で金属を変形加工する技術は、金、鋼、鉛、錫等で利用されてきた。紀元前世紀には金の鑄塊を鑄型によって圧印して貨幣と装飾品を製作しており、18世紀末には鉛の銃弾を、小さな穴を利用して押し出し加工で作ったと言われている。

この様に冷間加工は、軟かい金属ではかなり利用されていたが、鋼の加工にはなかなか本格的には利用されなかった。今世紀に入って、黄銅の薬きょうを製造する方法が開発され、やがてそれを利用して鋼の薬きょうを製作しようと試みられたが、焼き付きの発生等でなかなか実現しなかった。1934年になって、ドイツのSir ,F ,Singer¹⁾によってこの薬きょう製作にりん酸塩処理した後潤滑剤を併用する方法が考案され、初めて鋼の冷間加工が可能になった。

この様にりん酸塩を使用した冷間加工は主に軍需用に発展し、工業用に発展するのは第二次大戦後である。我が国では1950年頃から普及し始め、当初は自転車の小物部品から採用され、やがて自動車部品に採用され、加工技術の進歩と共にこのりん酸塩処理と反応型石けん潤滑剤を併用した技術も大きく進歩をした。

鋼の潤滑処理

鋼を冷間加工する場合、工具と被加工物との間に必ず、高い圧力が加わり、且つ相互間に滑りを伴う。鋼の冷間鍛造では、工具と素材との面圧は150~250kg/mm²、塑性変形による加工温度は200~250にもなると言われている。

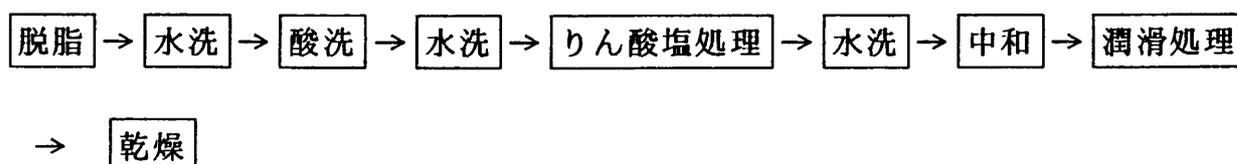
潤滑処理の目的は、この工具と素材との間に生じる摩擦を軽減し、焼き付きを起こすことなく塑性加工

を容易にすることである。ここに用いられる潤滑剤としては、軽度な加工に対しては、極圧添加剤(CI、S、Pなど)を含有した油性、またはエマルジョンの潤滑剤を使用する。しかし、強度な加工を施す場合、材料の変形に対して潤滑剤が良く追従するように潤滑剤の保持の役割をするのがりん酸塩皮膜である。

りん酸塩皮膜剤は、一般に反応型石けん潤滑剤との組み合わせで使用されるが、更に強加工の場合は二硫化モリブデン(MoS₂)等の団体潤滑剤を代わりに使うか併用する。

このように、りん酸塩皮膜は潤滑剤のベースとなっており、潤滑剤の種類によっても性能が左名されるが、りん酸塩皮膜剤の皮膜の性質が潤滑性に与える影響は無視できない。

一般的なリン酸塩の処理の工程は



である。以下に各工程の役割を記す。

a) 脱脂

脱脂工程では、鋼材の切断までに使用された潤滑油、防錆油、また治具に付着した反応型石けん潤滑剤、その他の汚れを除去する。それらの汚れを除去するために、通常は強アルカリタイプの脱脂剤を使用する。脱脂剤の成分は通常、無機塩のアルカリビルダーと界面活性剤によって構成される。アルカリビルダーは、オルソ硫酸ソーダ、りん酸ソーダ、苛性ソーダ、炭酸ソーダが主である。

b) スケール除去(酸洗)

一般に鋼材の錆や焼鈍スケールを除去するには、機械的な方法と化学的な方法がある。メカニカルディスクレーはショットプラスト法がほとんどで、ショットと呼ばれる鉄鋼の小粒子を表面に投射してスケールを除去する方法が取られる。

酸洗で除去する場合には塩酸や硫酸が多く使用される。特別の場合は他の酸も使われ、たとえば硝酸、フッ酸、各種の混酸が使われる。

ショットプラストのみでは、りん酸塩皮膜の付着量が不十分になる場合が多いので、付着量を上げるためにショットプラスト+酸洗を併用することが多い。

c) りん酸塩皮膜

りん酸と亜鉛を主成分とした水溶液に漬漬することにより、脱スケールされた鋼表面に、密着性の良いりん酸塩皮膜を生成する。通常鋼に生成するりん酸塩皮膜は、りん酸亜鉛とりん酸亜鉛鉄の混合皮膜であるが、耐熱性のあるりん酸亜鉛カルシウム皮膜や、軽加工用にりん酸鉄皮膜がある。

d) 反応型石けん潤滑

りん酸塩処理をした後に、反応型石けん潤滑処理が行われる。石けんの主成分であるステアリン酸ナトリウムとりん酸亜鉛皮膜が反応して、密着性の良いステアリン酸亜鉛皮膜が生成する。生成した潤滑層はわずか2~5μm程であるが、このうすい層が工具と被加工物との直接接触を防止し、潤滑層の優れた耐熱性や密着性により、焼き付きやカジリの発生を防止し、過酷な加工を行うことができる。この石けん潤滑処理後は、乾燥して水分を除去しなくてはならない。乾燥が不十分であると潤滑性が極端に低下する。しかし、スラグの処理においては、自熱で乾燥するので一般に乾燥工程のない場合が多い。

ステンレス鋼の潤滑処理

ステンレス鋼は、表面が30~60μmの厚さのクロムやニッケルの酸化膜いわゆる不動態皮膜に覆われており、りん酸塩処理溶液に対しては溶解せず、皮膜生成が起こらない。そのため各種ステンレス鋼の、潤滑下地処理はしゅう酸塩処理が行われている。一般にしゅう酸塩皮膜上の潤滑剤としては、りん酸塩皮膜と同じように反応型石けん潤滑処理をすることもあるが、強加工には、二硫化モリブデンを含んだ潤滑剤が使用されることも多い。

チタンの潤滑処理

チタン材は、近年自動車のエンジン部品に採用されつつあり、今後需要が増大する傾向がある。チタン

の冷間加工に対して油系の潤滑剤はほとんど効果がなく、黒鉛、二硫化モリブデンなどの固体潤滑剤は有効であるが、単独ではチタンとの結合力が弱くそのままでは焼き付きを避けられない。しかし、フッ素・チタン系およびフッ素・りん酸・チタン系皮膜の潤滑下地と二硫化モリブデンまたはステアリン酸カルシウムのような金属石けんの潤滑剤を組み合わせると潤滑剤の効果をより引出し、潤滑性を向上させることができる。

今後の潤滑対応

現在行われている、強加工用の潤滑処理は前記のように長い工程と、廃棄物を伴っている。しかしながら、近年潤滑処理にも、省エネと地球環境にやさしい処理が求められている。その対応としては、次の項目を満足させなければならない。

- ・ 工程短縮
- ・ 廃棄物削減
- ・ エネルギー低減
- ・ 作業環境改善
- ・ バッチ処理からインライン処理へ

その実現のために、材料、工法、工具、潤滑など全てを見直して次世代に受けついでゆくための新しいシステム作りが探られている。その一例としては、ショットブラストしたスラグを潤滑 乾燥の工程でインライン処理しそのまま鍛造する方式の実現化が検討されている。

参考文献

- 1) 佐藤乾太郎：実務表面技術、31, 8 (1984), 354

1.3.6 鍛造

(1) 熱間型鍛造

型鍛造の意義

型鍛造は、鍛造機械に型彫された上下1組の金型を取り付け、この型内に素材を入れて圧縮加工する方法である。同一形状の製品を多数製造する湯場合に採用され、寸法精度が高く複耗なもので成形加工を迅速に行うことができる生産性の高い方法である。しかし、金型製作に手間と経費がかかるので、製品偶数の多い湯場合に型鍛造を採用する。

型鍛造の基礎

型鍛造は金型による拘束の程度によって図のように分類できる。図中(a)のように型による拘束が比較的小さく、自由鍛造に近いものを解放型、(b)のように材料が薄いばりとなって逃げるようにしたものを半密閉型、(c)のように材料の逃げる場所の全くないものを密閉型という。(a) (b) (c)の順で歩留まり

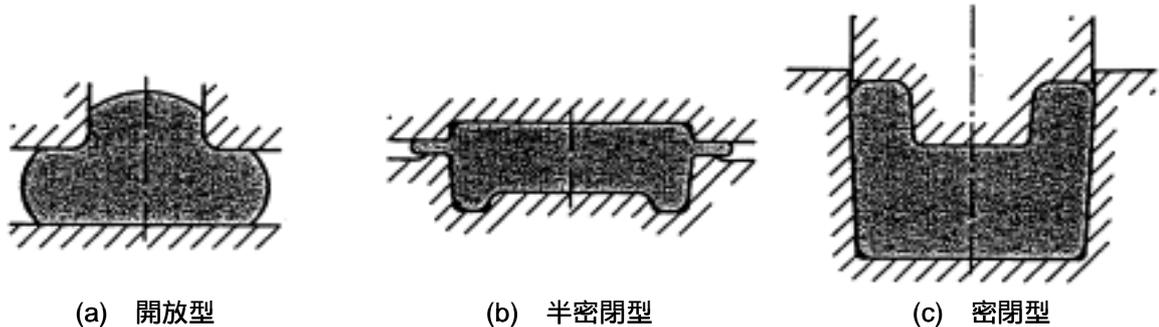


図1 鍛造型の種類

はよくなるが、加工力は高くなる。

半密閉型鍛造においては、一般にバリ道(フラッシュランド)と、バリだまり(ガッタ)を設けた金型彫刻部(インプレッション)内で、材料が三次元方向にほとんど拘束された状態で形成される。その湯合、形成される金属材料が、インプレッション内で塑性変形して、流動し充満する。下図に金型インプレッション内における材料の流動充満する挙動例を示す。

プレスによる型鍛造

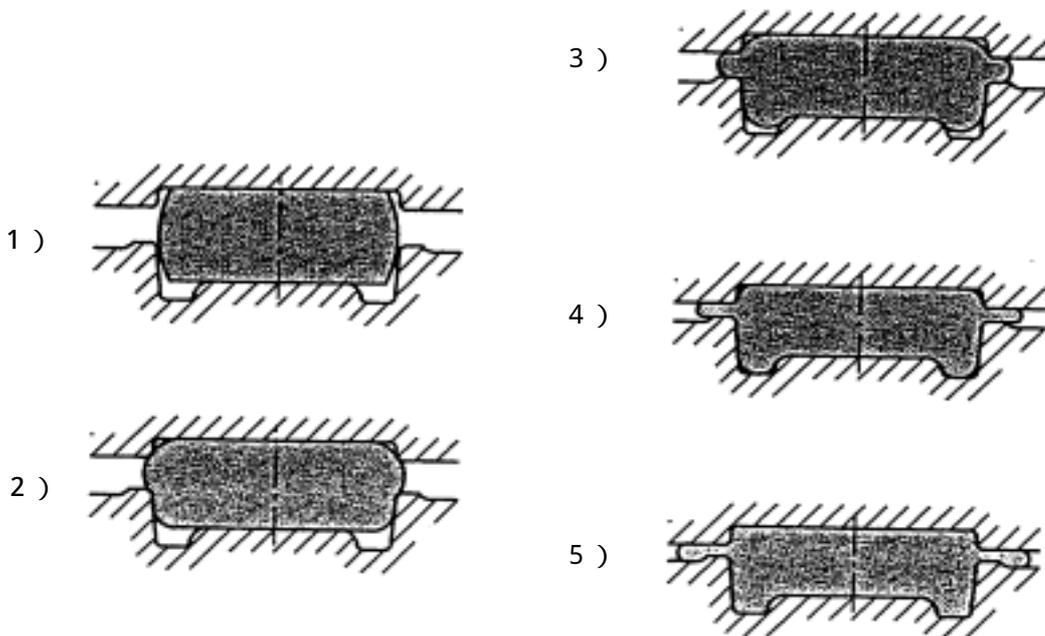


図2 型鍛造の変形状態

最近型鍛造用プレスとして最も多く使用されているのがクランクプレスである。

クランクプレスでは機械構造上その工程は一定であるから、ハンマのように強弱の圧力を任意に加減することはできないので、全変形量を各工程に分ける必要があり、それぞれに金型が必要である。しかしながら、各断面の異なる複雑な形状の伸ばしや据込みをすることは困難であるので、形状複雑なものは荒成形機としてフォーミングロール、据込みにはアプセッタなどが使用されることもある。

また、ハンマによる型鍛造の場合、その成形による鍛造品の出来ばえ、生産スピードなどは型打作業者の熟練技術によることが多いが、プレス型鍛造の場合は、型設計及び金型精度に起因することが多い。

(2) 複合鍛造

近年、部品のトータルコスト低減の観点から、ネットシェイプ形状、ニアネットシェイプ形状の精密鍛造品の要求が高まりつつある。

冷間鍛造品は、精密鍛造品の代表例であり、現在一段と大寸法、ますます複雑な形状と高強度な材料が

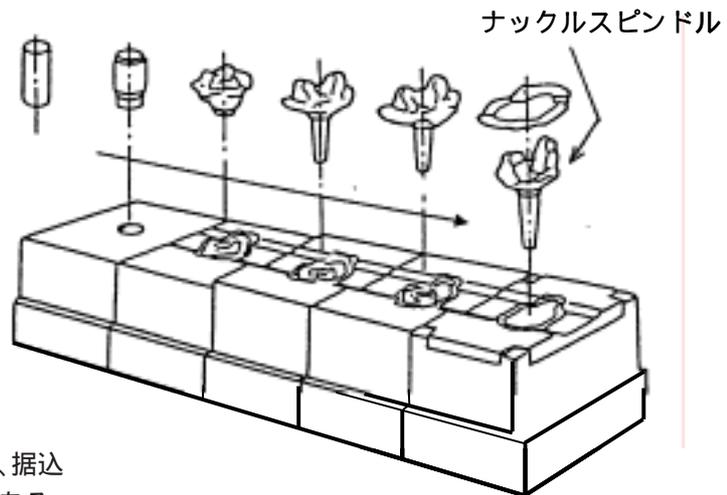


図3 型鍛造

品名	コネクティングロッド	ピン	リングギア	コンロッドキャップ	テーパーローラベアリング	トラックリンク	バルブ
完成図							
プレス直前の素材の形状							(SUS材)
鍛造工程	1 ロール5PASS (粗地) 	つぶし 	つぶし 	曲げ 	つぶし 	粗地 	つぶし
	2 仕上げ 	後方押出 	後方押出 	粗地 	粗地 	仕上げ 	粗地
	3 ピアス 	ピアス 	ピアス 	仕上げ 	仕上げ 	ピアス 	仕上げ
	4 バリ抜き 	前方押出 	ローリングミル 	トリミング 	ピアス 	トリミング 	トリミング

図4 鍛造工程の例

対象となってきた。しかし、鍛造加工時の変形抵抗が大きいため材料面、形状面で制約を伴っており、全てのニーズに対応できないのが現状である。熱間鍛造や温間鍛造は、材料を加熱して変形抵抗を小さくした状態で加工を行なうため、材料面や形状面での制約を受けないという利点がある。

この利点を生かし、熱間鍛造や温間鍛造でフリフォームを成形し、冷間鍛造で仕上加工を行なって精密鍛造品を製造すると工法が、複合鍛造である。

熱・冷間複合鍛造の例を次に示すが、エンジンの高出力化に伴い、大きな動力を伝達するトランスミッションギヤは、従来はギヤ本体とドッグギヤ部を別々に鍛造後、機械加工により仕上げて圧入・電子ビーム溶接により一体化する方法、或いはギヤ本体の外面とドッグギヤの内側にスプラインを機械加工して両者を圧入嵌合して一体化する方法が取られていた。

写真1に示すものは、ギヤ本体とドッグギヤ(写真1)トランスミッションギヤ部を一体化して、図1の製造工程で成形されたものである。熱間鍛造で由形まで一体成形し、潤滑処確後、冷間でドッグギヤ部のチャンファ部成形および逆勾配成形を行なったものである。この製造による特徴は次の通りである。

ギヤ本体とドッグギヤを一体鍛造するため、耐久性が向上する。

チャンファ中心位置精度が高い。

スプラインコーナー部に微少Rが付き、かえりがないためシフトフィーリングが優れている。

ギヤ抜け防止のための、逆勾配角度の変更が容易である。

分割嵌合タイプのものと比較して、溶接又は圧入のためのスプライン及び油溝加工を省略でき、大幅なコストダウンが可能である。

(3) 冷間鍛造

冷間鍛造においても他の加工方法と同じように、素材を成形する型鍛造工程が最も重要な工程であるが、常温で成形を行うため、製品の取り扱いが比較的容易である。

しかし、成形圧力は熱鍛造または温鍛造に比べ数倍～10倍の面圧が必要なため、金型には強度の高いハイス(SKH51)やダイス鋼(SKD11)が多く用いられる。

プレス内に金型をセットする方法としては、大きく分けて内段取りと外段取りの二通りがある。

内段取りは、上下型の取付作業をプレス内にて行う場

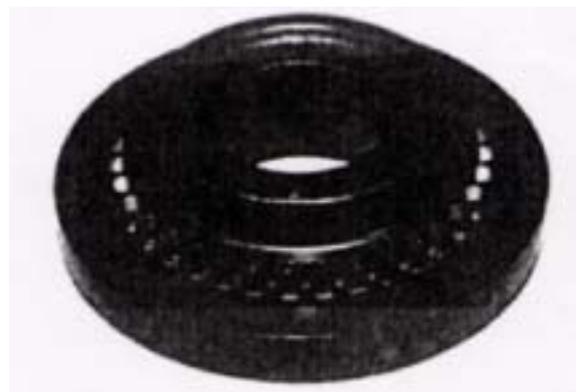


写真1 トランスミッションギヤ

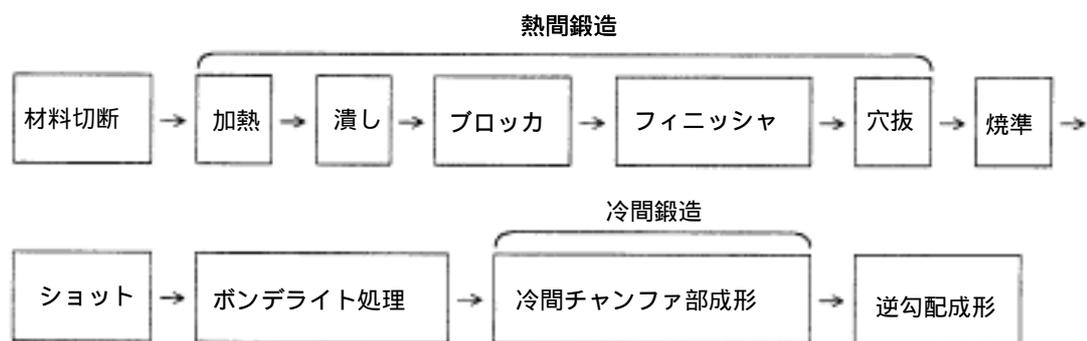


図1 トランスミッションギヤ製造工程

合であり、一般的に設備費は安価であるが、段取りに時間がかかる。大ロット生産に適する。

外段取りは、プレスの外側でダイセットを用いて金型をセットしておき、ダイセット毎交換する方法であり、この方法だとプレス本体の他に、ダイセットや型交換装置が必要となるため、設備費は高価となるが、段取り時間は大幅に短縮する。多品種小ロット生産に適する。

外段取りの型組み例を図1に、内段取りの型組み例を図2に示す。

冷間鍛造品は、熱間や温間鍛造品に比べ、高い製品精度が要求されるため、精度の高い金型が使用される。また、型消耗寸法変化を小さくするために、超硬合金の使用や各種の表面コーティングが用いられている。

1.5.7 熱処理

(1) 熱処理の意義と目的

金属を適当なプログラムに従って加熱・冷却することにより、その機械的な性質或いは微細組織を好ましい状態に調整することを「金属の熱処理」という。

金属の熱処理は次のように2種類に大別することが出来る。

- ・変態 (transformation) を伴う熱処理
 - ・変態を伴わない熱処理
- 変態を伴う熱処理の代表例
- ・鋼の焼入れ マルテンサイト変態

加熱した鋼を急冷して硬化する熱処理

- ・鋼の焼ならし (焼準) ペイナイト変態
- 加熱後自然冷却して硬さや結晶粒度を調整する熱処理

- ・鋼の焼なまし (焼鈍) パーライト変態

加熱後徐冷して軟化する熱処理

変態を伴わない熱処理の代表例

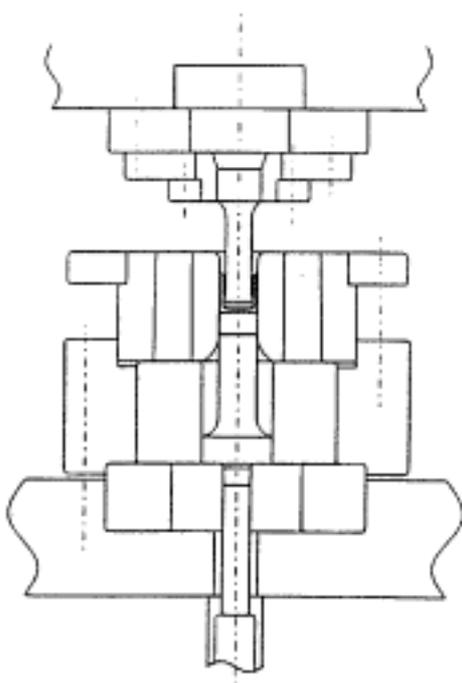


図1 内段取りの型組図

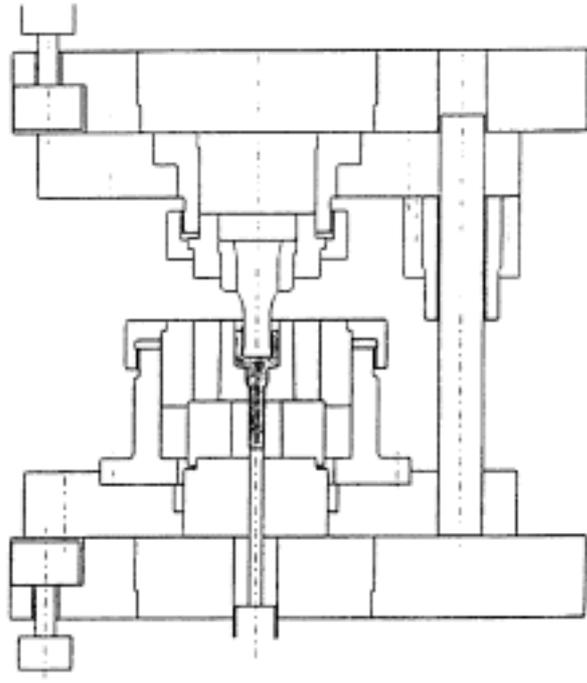


図2 外段取りの型組図

- ・銅や非鉄金属の応力繰去焼なまし
- 加熱後徐冷して内部応力 (残留応力) を除去する操作
- ・鋼の焼戻し
- 焼入れ後の内部応力の除去、結晶の安定化を目的とした再加熱処理

(2) 鉄-炭素系平衡状態図

鋼の熱処理に関し、必要な部分を抜き出し、右に示して説明する。

鉄が他の元素を固溶した状態をフェライト (ferrite) というが、鉄の炭素に対する固溶限は、室温

において0.001%以下727 で最大となり、約0.0218%である。固溶限をこえる炭素は化合物 Fe_3C となる。 Fe_3C はセメンタイト (cementite) と呼ばれ、硬く強磁性を持っている。

727 になるとオーステナイトの生成が始まる。この温度をA1変態点という。

炭素量0.77%以下のものを亜共析鋼、 $C:0.77 \sim 2.11\%$ のものを過共析鋼といい、 $C > 2.11\%$ の時は1148℃で部分的な

溶融が始まり鍛錬できない。また、 $C < 0.25\%$ を低炭素鋼、 $0.8 > C > 0.25\%$ を中炭素鋼という。

平衡状態図とは、各部の組織が完全に安定した平衡状態を示しているの、ある速度で加熱・冷却する時は変態温度が変化する。

昇温中のA1, A3変態点をAc1, Ac3、降温中のA1, A3変態点をAr1, Ar3、と言う。

(3) 熱処理の種類

鍛造品の代表的な熱処理を鋼別に表1に示す。

1.5.8 仕上げ・検査

(1) 仕上げ

鍛造における仕上げは、鍛造品の表面に付着したスケールの除去と鍛造品の曲がりの矯正、寸法公差を向上させるためのサイジング、鍛造品外観修正のためのグラインダー等による手入れ、鍛造品の表面に防錆を施す作業が含まれると考えられている。

鍛造品は鍛造、熱処理工程で表面にスケールが発生し、付着する。次の検査工程で表面欠陥の有無、状態を確認するためにはそのスケールを除去する必要がある。

また、鍛造品を機械加工する場合においても、表面にスケールが存在すると、切削工具の寿命を減少させることになり、工具寿命の延長のためにもスケール除去は必要な条件である。

また鍛造品の中には一部分鍛造肌をそのまま残して部品として使用するものがあり、この場合、スケール除去は絶対の必要条件となっている。

鍛造時、熱処理によって生じた曲がり等の変形の矯正には油圧プレス、スクリーブプレス等を用いて、手動で行っている場合が多いが、クランクシャフトなどの細類については自動矯正機が使われるようになってきている。

また、鍛造の寸法精度への要求も高くなりこのため、冷間コイニングをおこなう鍛造品が多くなってきている。これにより機械加工代を減少させたり、鍛造肌を部品として残すことが可能になる。この冷間コイニングには下死点付近でラムスピードが遅くなるナックルジョイントプレスが多く使用されているが、油圧プレス、クランクプレスも用いられる。現在一般的に使用されているスケール除去の方法は、線状の研磨材で鍛造品の表面をたたき、スケールなどの異物を除去するブラスト法と礫液に漬漬し化学的処理でスケール除去する酸洗い法がある。

(2) 検査

鍛造工程における検査は、材料費入検査、金型検査、試作時の初品検査、鍛造中のパトロール検査、中間工程の1次検査および完成検査がある。

完成検査は、不良品がユーザに出荷されるのをチェックする最終段階のものであるため最も重要な工程である。これら検査の目的は、製品の厳密に対し、安定した製品の品質を確保し、高い評価と信頼性を得ることと製造工程でのミスを早期に発見し、その損害を最小限に止めることである。

型鍛造品の検査における主な試験項目としては次のものがあげられる。

- a) 材質検査 (火花試験、化学分析など)
- b) 寸法検査
- c) 材料試験 (硬さ試験、引張試験、衝撃試験など)
- d) 非破壊試験 (磁気探傷試験、超音波探傷試験など)

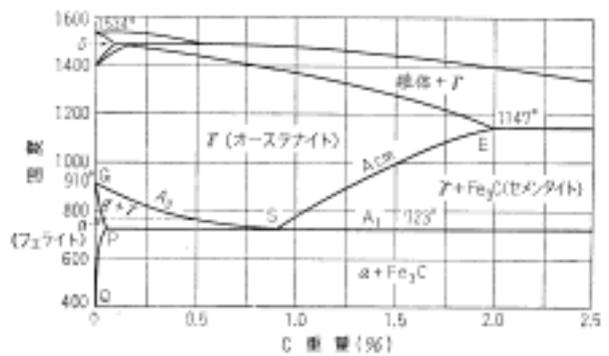
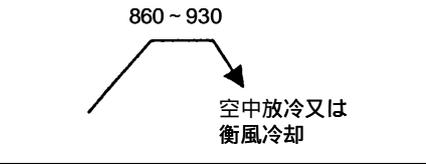
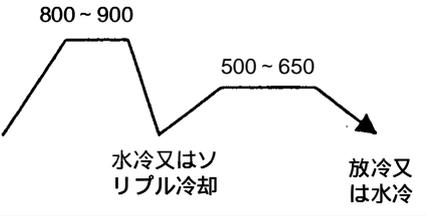
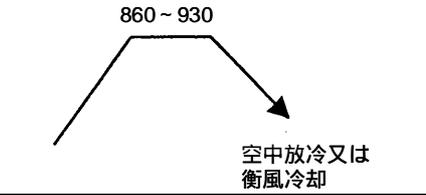
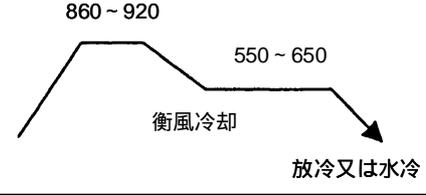
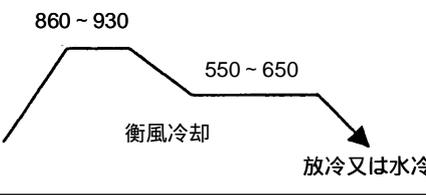
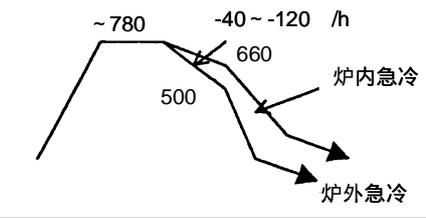
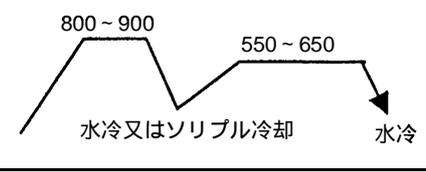
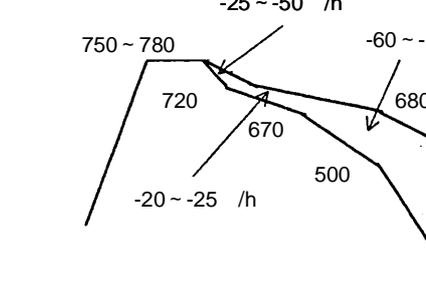


図1 鉄 - 炭素平行状態図

表1 代表的な熱処理方法

材料	熱処理方法	温度曲線	備考
低炭素鋼 C=0.3~0.55%	焼きならし		機械加工後浸炭焼き入れをして使用する。衝風冷却をすると靱性が高くなる。
中炭素合金鋼 C=0.3~0.55%	焼き入れ・焼き戻し		
低炭素合金鋼 C=0.15~0.25%	等温焼き鈍し		機械加工後浸炭焼き入れをして使用する。衝風冷却をすると靱性が高くなるが、自硬性の高い鋼種では、変態が終了してから衝風する。
	焼きならし焼き戻し		
	焼き入れ・焼き戻し		
	球状化焼き鈍し		
中炭素合金鋼 C=0.3~0.55%	焼き入れ・焼き戻し		
	球状化焼き鈍し		

型鍛造は量産品であるため、各工程において鍛造品の要求される寸法精度その他の品質も様々であり、その測定機器、試験方法も異なっている。最近の精密鍛造における最終品質の検査は、三次元測定機、歯車試験機など特殊な試験機を使用している。

また近年、材料の品質は極めて向上しており、そのため、鋼材の受入検査の形態が変化してきた。

従来の寸法、分析試験、火花検査、磁気探傷検査、超音波試験等の検査項目は現在一般的に鍛造メーカーでは行われず材料メーカーのミルシートのチェックでこれを代行しているのが実態である。これら実際に採用される検査の内容もさまざまな背景により変化してきている。

第2章 技術・技能マニュアル

2.1 素材切断

2.1.1 シヤー切断(せん断切断の特徴)

シヤー切断は上下交叉する刃物で押し切りする方法(せん断)であり、材料歩留りと量産性においては、他の切断方法と比較して断然有利であり、鍛造目的の素材取り方法として最も広く採用されている。一般にシヤー切断は

- a) 短時間に大量の材料が切断できる。切断時に切屑が発生せず、材料歩留りが良い
- b) 切断工具(刃物)の消耗が少なく、ランニングコストが低い
- c) 一度に大量の材料を材料置台に積載して切断してゆくので運転管理が楽である。
- d) 切断時に発生する熱や摩耗による損失がほとんどなく、機械効率が優れている。
- e) 機械本体の耐用年数が半永久的である。
- f) 従って切断材1個あたりの切断コストが非常に安くなる。

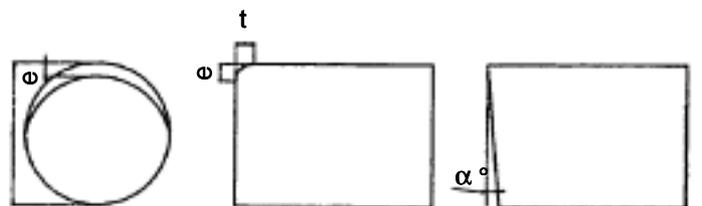
等、多くの利点を有しているが、反面

- a) 材料の種類(軟質鋼)によってはシヤー面が著しく変化する。
 - b) 異なる材料を切断する場合、シヤー刃物の交換を含む、種々の段取り替えのための複雑な調整作業を行わねばならない。
 - c) 材料の破断音が大きい
- 等、の欠点も有している。

シヤー切断により切断されたピレットの切断精度は真円度(変形)、変形量(だれ)破断面傾角、重量誤差の4項目を指すがこの内最も重視されるのは、重量誤差である。表1に材質による切断精度を示す。シヤー切断による素材品質は棒鋼索析特性とピレットシヤー自体の特性に大きく左右される。索析に対する要求項目としては

- a) 素材の直径精度が良い事
- b) 素材硬度にバラツキがない事
- c) スケール、油等の付着がない事
- d) 真円である事
- e) 延性が低く破断の発生が早い事(抗張力が高い)

等がある。一方ピレットシヤーに対する要求としては、適切な切断方式、切断刃の直径や形状、切断刃の適性クリアランスの設定、優れたピレットシヤーの機構及び能力が考



切断材			真円度	変形量	破断面傾角	重量誤差
引張り強さ kgf/mm ²	硬度 (HB)	該当鋼種	SI=1-(e/D)	S2=t/D	°	%(L/D=2)
40	114	S20C	0.92	0.31	2	±0.8
55	160	S38C	0.94	0.29	0.6	±0.7
60	175	S45C	0.95	0.18	1	±0.5
65	190	S53C/SUJ-2S	0.95	0.18	0.9	±0.5
70	208	S58C	0.96	0.17	0.8	±0.5
75	220	SMn438	0.96	0.17	0.7	±0.4
80	233	SMn443	0.96	0.16	0.7	±0.4
85	247	SCM430	0.96	0.16	0.6	±0.4
90	260	SCr435	0.96	0.14	0.5	±0.3
95	275	SCM435	0.96	0.14	0.5	±0.3
100	293	SCM440	0.97	0.13	0.5	±0.3

表1 切断精度⁴⁾

られる。

(1) ビレットシヤアの切断機構

ビレットシヤアは図1に示すように、上下2枚の平刃で押切り(せん断)する方法である。この方式で切断される材料は図2のように切断材が素材から切り離される直前に材料先端が前方下方に傾斜する現象(トップペンド)が発生する。又、同時に残留する素材が後方へクランプカに抗して押し戻される現象(バックリング)が発生する。その後切断材は素材より分離されるが図3に示すように結果的に各所に欠陥変形を有する切断となる。この状態での切断方式は一般的にフリー切断という。上記のトップペンドを押さえる対策の一つとして、切断材のペンディング方向と逆の方向に抗力を与えるアップホールドを上刃(可動刃)直下に設ける方法(アップホールド方式)があるが、せん断力の50~60%の支持力が必要であり、機構上トップペンドを完全に阻止する事は困難である。

現在では図3に示すような拘束切断方式が主流となっている。この方式によれば切断材のトップペンド及びバックリングを効果的に阻止する事が可能である。

(2) 拘束切断方式

この方式の原理を図4に示す。本方式によれば、切断時のトップペンドを効果的に阻止する事がある程度可能となる。棒鋼材(1)に、軸方向の圧力(F)を与えて、ビレットの先端面を固定ストッパー(5)に押し付けた状態で切断するものであり、切断時のトップペンド力(Q)は $Q = M \cdot \cos \theta \cdot t/2L$ となり(R)と(K)に分力され棒鋼材(1)の先端面は、F+Rの反力をストッパーより受けるが、この反力によりビレットはトップペンドを発生する事なく切断が進行する結果、非常に高精度の切断材が得られる。

(3) 超精密切断方式

拘束切断方式においては表1に示すように、抗張力の高い材料に対しては高い切断精度を得ることが容易であるが、抗張力の低い材料の切断精度は、最近の冷・温間鍛造の要求精度を完全には満たしていない。これは低炭素鋼や球状化焼鈍された材料等の軟質材を切断した場合、拘束切断方式だけでは、

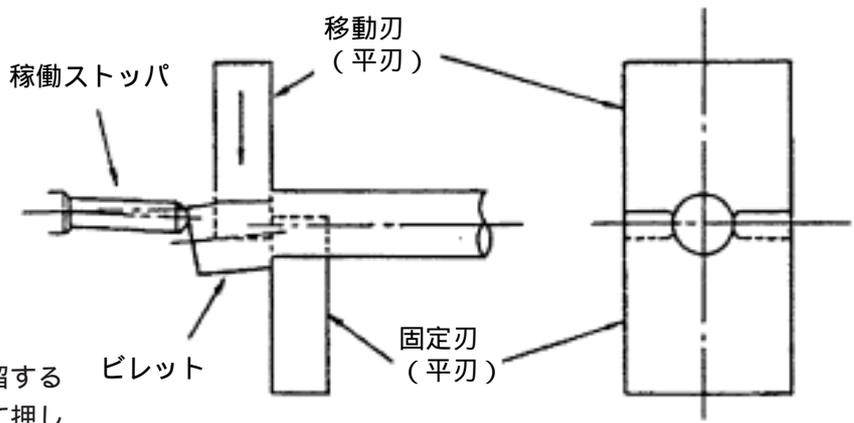


図1 慣用切断方式の自具機構

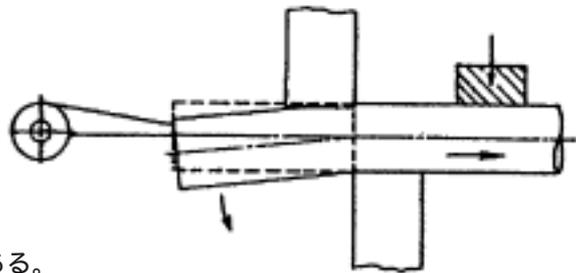


図2 切断時のトップペンディング

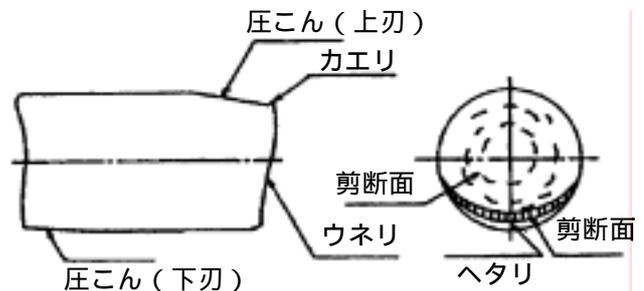


図3 切断材の各部欠陥

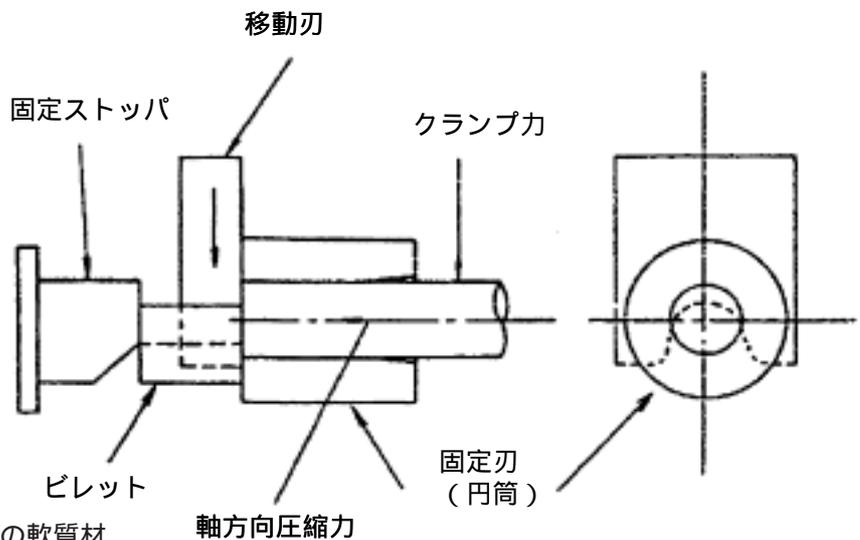


図4 拘束切断方式の治具機構

動刃 2枚の刃物で素材を挟んで押し切りする方法である。分離面が形成されるには、刃物が素材に食込みはじめて塑性変形によるだれを生じ、この時点でせん断面が形成される。次に素材内部に刃物が食込むと、固定刃、移動刃双方から上下にクラックが発生し、最後に上下より進行したクラックが会合し分離面が形成される。この分離面形成段階でせん断面には図9のような種々の欠陥が発生する。これらの欠陥発生に重要な因子として働くのが、素材の特性(延性の大小)、切断刃の形状、切断刃のクリアランス、切断方式等である。又、欠陥に対する対策を表2に示す。

刃物形状及びクリアランス

刃物形状は、一般的に図10のような形状が使用さ



写真2 超精密切断方式ピレットシャー

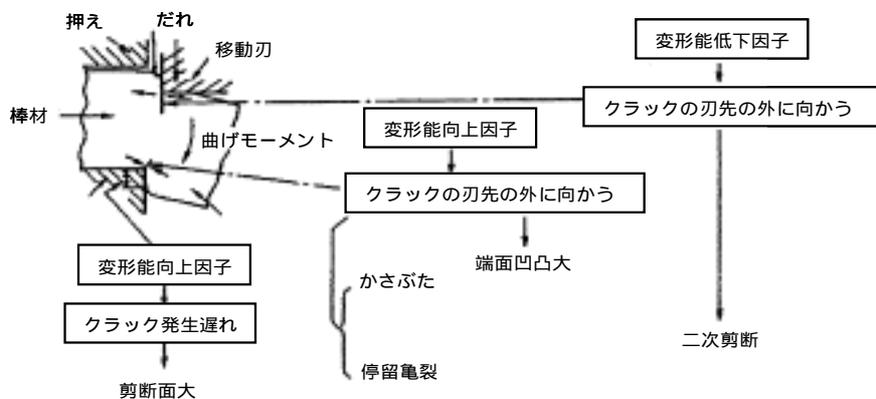


図8²⁾ 剪断の条件・作用因子と材料のゆがみ、クラック進行方向および付随するピレット欠陥

れているが、実際にはこれらを組合わせて、固定刃、又は移動刃として使用されている。せん断における刃物クリアランスは切断精度を左右する上において重要な要素を占めるものである。クリアランスを設定する目安は切断素材硬度であるが、前項に記載した破断機構から判るように、クリアランスの最適条件は上下からのクラックが中心で会合し、なおかつ図9に示す各種の欠陥が発生しない最小値が最も良い。クリアランスが大きい場合は、だれ、端面の凹凸、耳(階段)が大きく、又端面傾き(直角度)も悪くなる。逆に小さすぎる場合は、かさぶた、二次せん断面が発生する。これらは材料の種類及び材料径によっても変わる為、テスト切断等を行い最適条件を決定する必要がある。表3にクリアランス設定の目安を示す。クリアランスを設定す目安は、素材硬度が基準となる為、実際には表3に示す硬度基準でテスト切断を行い、破面形状が改善されない場合は素材の延性が影響していることも考えられる為、再度クリアランスを加減して決定する。

一般的には刃物クリアランスを加減調整する場合、下記の破面形状を目安に増減する。

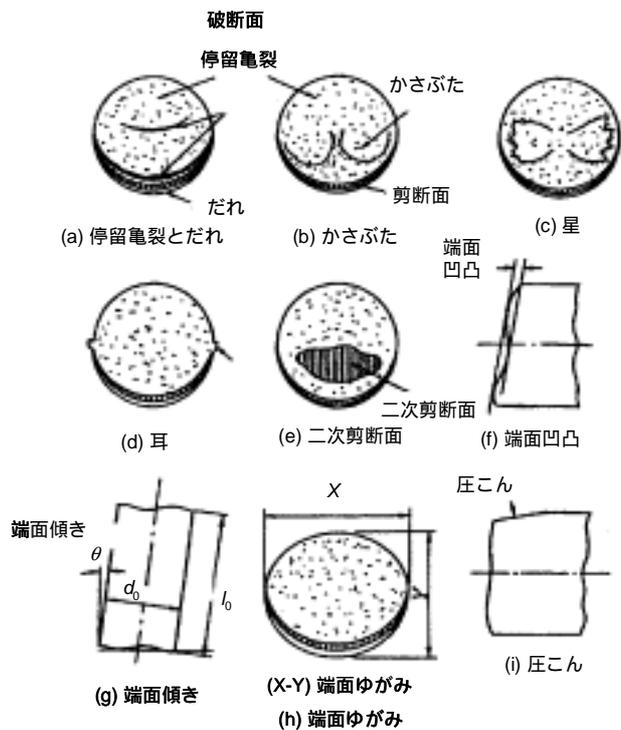


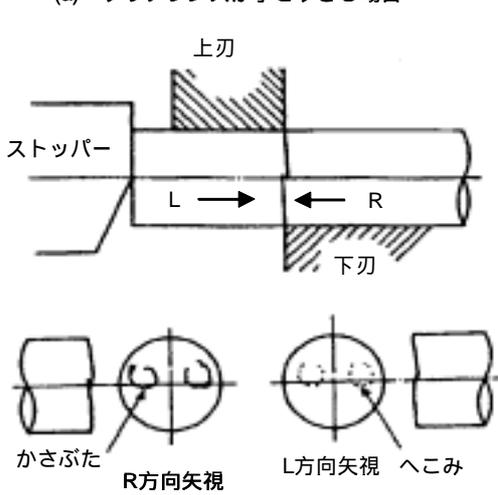
図9²⁾ 種々の剪断欠陥の見かけと定義

表 2⁶⁾ 破断面を伴う慣用剪断においての個々の素材欠陥を防止する指針と具体的対策

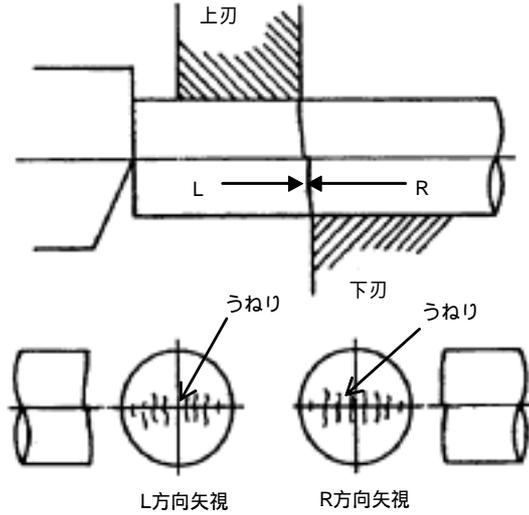
剪断素材欠陥	欠陥防止に対する指針	具体的対策
端面のゆがみ	材料延性の低下	素材を冷間用引き抜きをする
	剪断時曲げ防止	延性材料を使用する
	素材の均一保持	丸穴カッターを使用する
	L/D (長さ/直径) を大	丸棒とカッターのクリアランスを詰める
		剪断速度を上げる
端面傾き	材料延性の低下	素材を冷間用引き抜きをする
	剪断時曲げ防止	延性材料を使用する
	素材の均一保持	クリアランスを減少させる
	L/D (長さ/直径) を大	棒軸を傾ける
		丸穴カッターを使用する
		ストッパーを使用する
		剪断速度を上げる
だれ	材料延性の低下	延性材料を使用する
	切断刃の鋭利化	クリアランスを減少させる
		切断刃を再研磨する
		剪断速度を上げる
圧痕	材料延性の低下	素材を冷間用引き抜きをする
	剪断時曲げ防止	延性材料を使用する
	素材の均一保持	クリアランスを減少させる
	L/D (長さ/直径) を大	丸穴カッターを使用する
		ストッパーを使用する
耳	クリアランスの減少	クリアランスを減少させる
		均一クリアランスを使用する
		棒軸を傾ける
		剪断速度を上げる
ばり	切断刃の鋭利化	切断刃を再研磨する
	材料延性の低下	潤滑を行う
	棒軸方向拘束の解放	素材を冷間用引き抜きをする
		丸穴カッターを使用する
影	材料延性の増加	剪断速度を上げる
	棒軸方向拘束の解放	棒材焼鈍を行う
		丸穴カッターを使用する
剪断ばり	材料延性の低下	素材を冷間用引き抜きをする
	棒軸方向拘束の解放	丸穴カッターを使用する
	切断刃の鋭利化	クリアランスを増加させる
		切断刃を再研磨する
星	亀裂方向の制御	クリアランスを増加させる
		均一クリアランスを使用する
		棒軸を傾ける

剪断素材欠陥	欠陥防止に対する指針	具体的対策
端面凹凸	材料延性の低下	素材を冷間用引き抜きをする
	亀裂方向の制御	延性材料を使用する
	切断刃の鋭利化	適正クリアランスを採用する
		半丸刃を使用する
		切断刃を再研磨する
		剪断速度を上げる 潤滑を行う
タンク又は、かさぶた	材料延性の低下	素材を冷間用引き抜きをする
	亀裂方向の制御	延性材料を使用する
		クリアランスを増加させる
		半丸刃を使用する
		均一クリアランスを使用する
		棒軸を傾ける 剪断速度を上げる 潤滑を行う
停留亀裂	材料延性の低下	素材を冷間用引き抜きをする
		延性材料を使用する
		半丸刃を使用する
		潤滑を行う
二次剪断	材料延性の低下	棒材を冷間用引き抜きをする
	亀裂方向の制御	クリアランスを増加させる
		丸穴カッターを使用する
		軸方向拘束の解放する
ヘアークラック	材料延性の増加	棒材焼鈍を行う
		無欠陥棒材の使用
		加熱剪断を行う
		剪断速度を上げる
端面硬化	切断刃の鋭利化	材料延性の低下
	材料延性の低下	クリアランスを減少させる
		軸方向拘束の解放する
		切断刃を再研磨する
		剪断速度を上げる
		潤滑を行う
重量ばらつき	端面ゆがみ、傾き	棒材を冷間用引き抜きをする
	凹凸及びだれ	低延性材を使用する
	圧痕の減少	切断刃を再研磨する
		剪断速度を上げる

(a) クリアランスが小さすぎる場合



クリアランスが上図のような状態の場合はクリアランスを増加する



切断刃面が上図のような状態の場合はクリアランスを減少する。

目安は、素材硬度が基準となる為、実際には表3に示す硬度基準でテスト切断を行い、破面形状が改善されない場合は素材の延性が影響していることも考えられる為、再度クリアランスを加減して決定する。一般的には刃物クリアランスを加減調整する湯合、下記の破面形状を目安に増減する。

a) クリアランスが小さすぎる湯合

切断刃面が上左図のような状態の湯合はクリアランスを増加する。

b) クリアランスが大きすぎる湯合

切断刃面が上右図のような状態の湯合はクリアランスを減少する。

最良クリアランス

* "C" の値は上刃、下刃の合算値です。

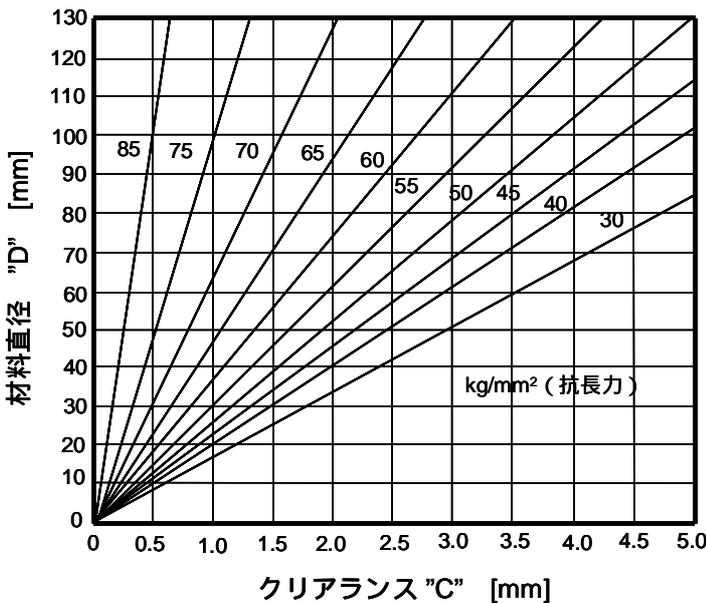


表37) クリアランス設定のめやす

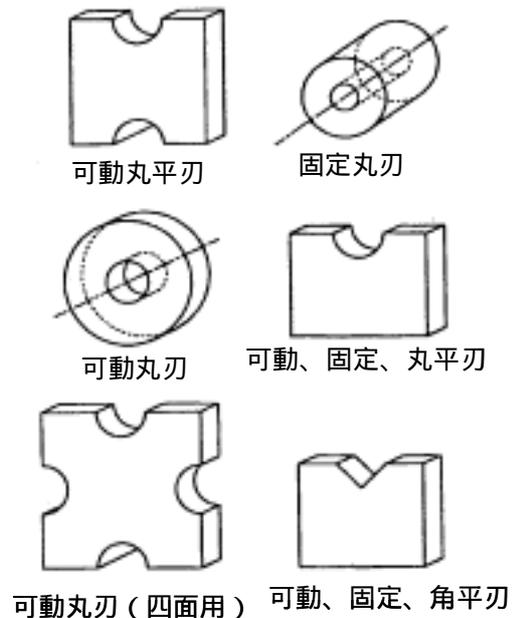


図10 切断用刃物形状

切断が最良のクリアランスで行われているか否かは破断面の直角度、及び図のようなキャトアイ (cat eye) が中心にできているかどうかで判断する。キャトアイとは猫目石の光沢のように、破面をどの角度か

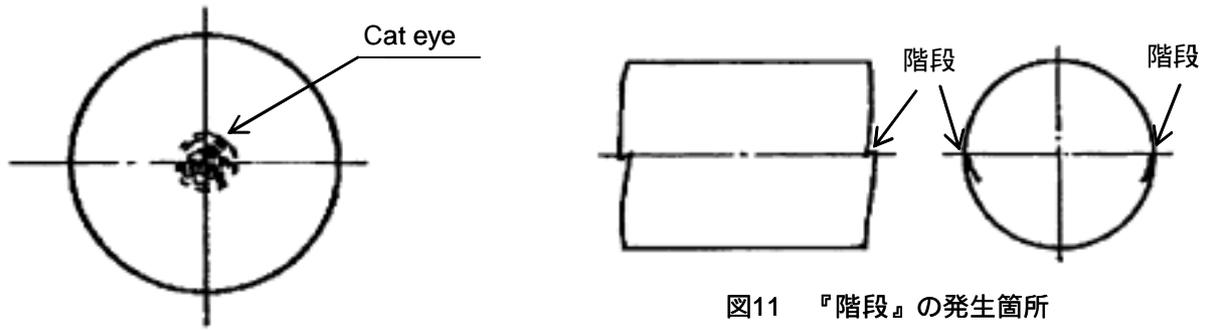


図11 『階段』の発生箇所

ら見ても1点を中心とした略円形の光沢を発する部分である。硬度の高い材料ほど明瞭に出るが、硬度の低いS25C以下の材料でははっきり出ない湯合がある。

刃物の特殊加工 (ヌスミ形状)

軟質鋼等の大きなクリアランスを必要とする材料に対しては、単に上下刃物の間隙を与えて切断すると図11の様な耳 (階段) が破断面両側部に発生する。この様な「階段」を残すと、以後の鍛造工経で欠陥品

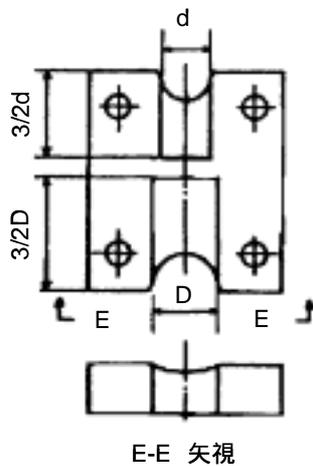


図12 ヌスミの形状

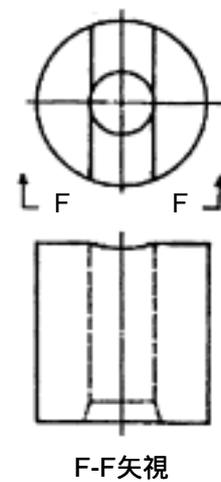


図13 下刃のヌスミ形状

を発生する事がある為、切断刃に特殊な加工を行う事により、階段の発生を無くす事ができる。

刃物のヌスミ加工

刃物にヌスミ加工を行う場合クリアランスが小さくて良いときは上刃、又は下刃のいずれか一方にヌスミ加工をすれば良いが、クリアランスが4mm以上必要とされる場合(クリアランスが小さい場合でも実施

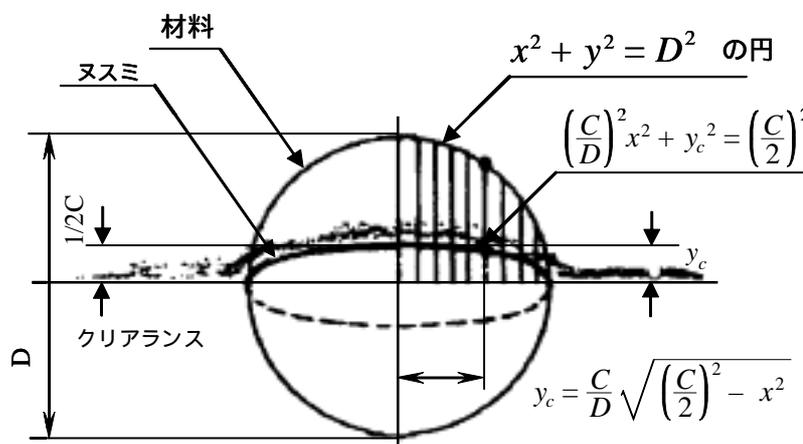


図14 理論的ヌスミ形状

する事がある)は、上下刃物のヌスミ加工を行う方が「階段」部の消去状態が良好である。上下刃物のヌスミ量の合計がクリアランス量となれば良い。一般的には等分に振分する。図12及び図13にヌスミ形態を示す。

刃物のヌスミ形状

理論的なヌスミ形状は図14に示すように楕円曲線に従って、ヌスミ加工を行うのが最良であるが、このような形状を加工する事は至難である。従って、経験的に大略図15の様なヌスミ加工を行っても結果は良好である。

刃物の修正方法

切断刃は切断量を重ねるに従って適切な時期にリシンク(修正)を行う必要がある。

一般的な切断刃のリシンクサイクルは

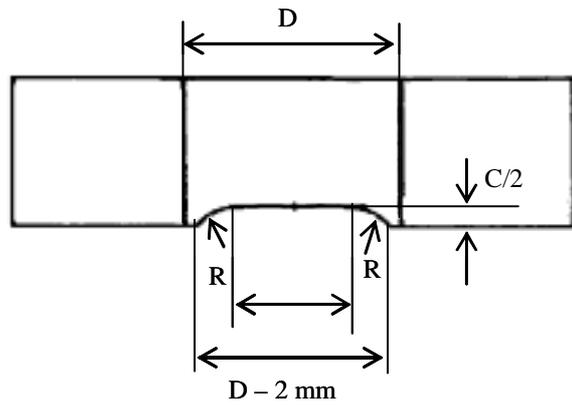


図15 実践的ヌスミ形状

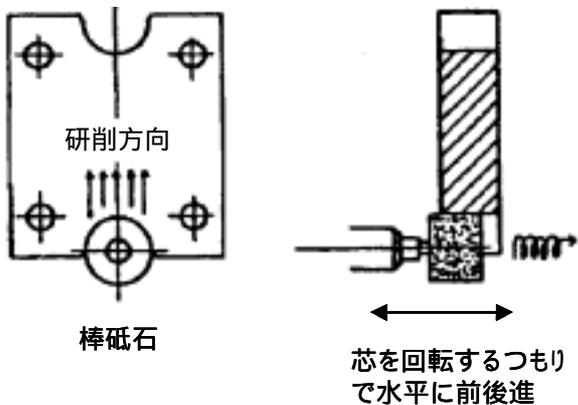


図16 上刃の修正方法

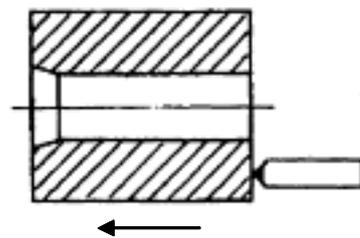


図17 下刃の修正方法

- ・硬質鋼の場合 5000 ~ 10000 個
- ・軟質鋼の場合 30000 ~ 40000 個

程度であるが、切断する鋼種によっても差がある。リシンクの方法はグラインダー砥石、又は平面研磨機、旋盤等を使用している。

a) 丸平刃の修正

刃物直径は切断材料径とほぼ同径に仕上げてある為、1 ~ 2mm 小さい直径を有する砥石棒で図16のように研削する方法がある。この方法については、ある程度の熟練度が必要であるが、簡易法としてよく使われている。又、平面研磨機や旋盤を使用して、刃物の厚み方向加工による修正方法もある。又、円筒刃の修正は旋盤により修正する方法が最も経済的である。

b) 刃物材質

表4 刃物鋼の代表的な成分

	JIS	C	Si	Mn	W	V
DHA NR - 1	SKD61 ~ SKD11	0.39	1.1	0.4	-	0.6
ウデ ホルム	SKD61C	0.37	1	0.4	-	1

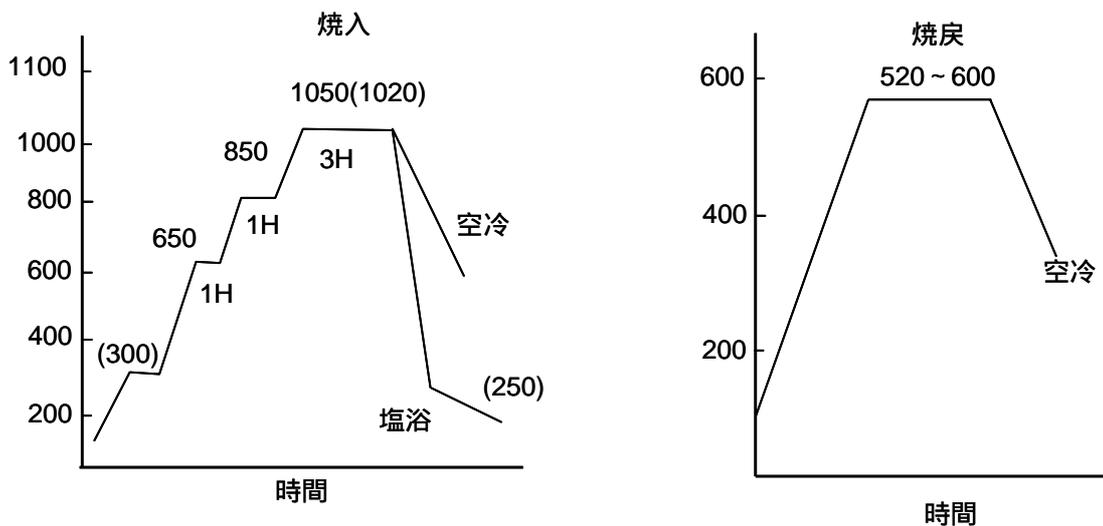


図18 刃物鋼の熱処理

一般的には、Ni - Cr - Mo 鋼、Ni - Mo 鋼、Ni - W 鋼、Si - Cr 鋼が使用されている。

JISの規格の鋼種としては、SKD61 ~ SKD11相当の刃物鋼が多く使用されている。平均的な刃物硬さはHrc54程度であるが刃物材質により異なる。

(5) 切断機の自動化及び高精度化

最近の切断機の自動化、高精度化は相当進んでいる。切断素材のストックから、切断機材料架台への供

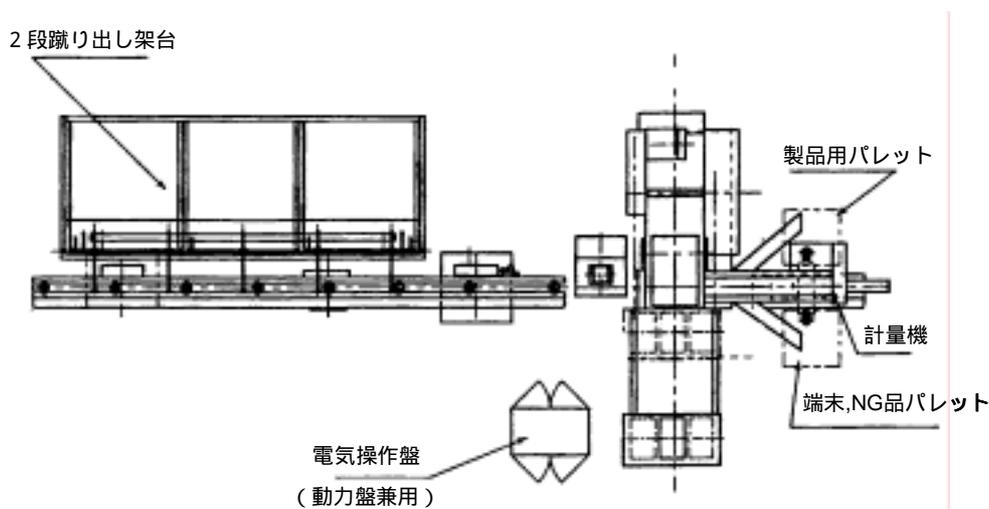


図19 パレット重量制御切断レイアウト

給をコンピュータ 制御により自動化しているところもある。又、素材の材質確認についても、素材端面

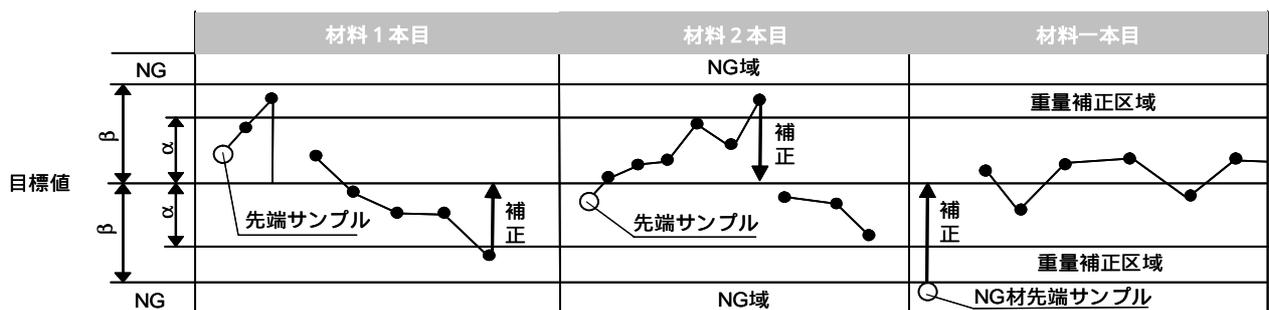


図20 重量コントロール切断の実例

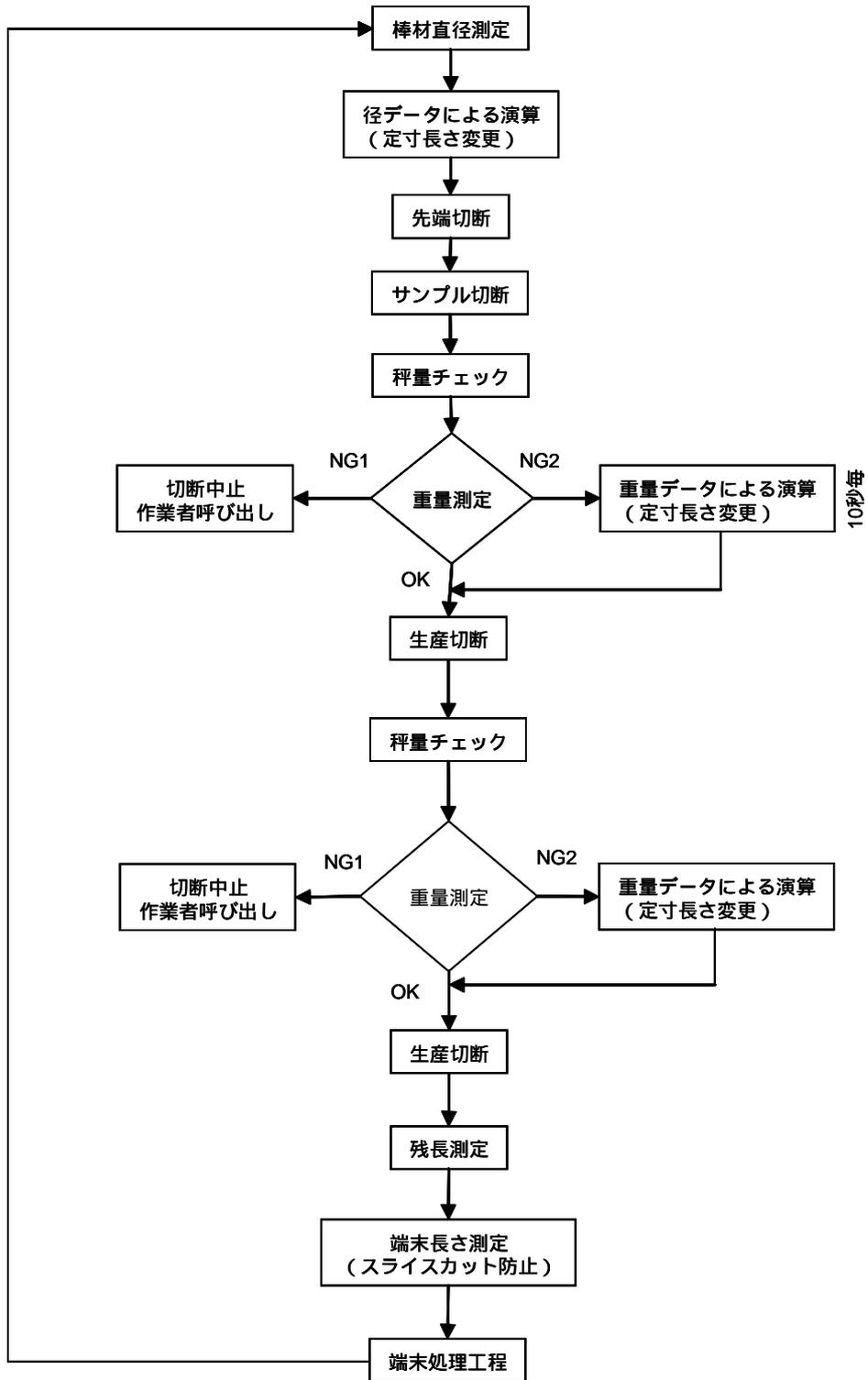


図21 重量調整システム

である。このコントロールシステムは（ ）域、（ ）域の設定値にもよるが、決してNG域に達するビレットが発生しない点に大きな利点がある。その他、切断刃の交換は従来、人手により段替を行っているが、移動刃、固定刃をカセット方式で組込み、全自動により10分以内で段替可能な装置も実用化されている。写真4に刃物自動段替切断機を示す。

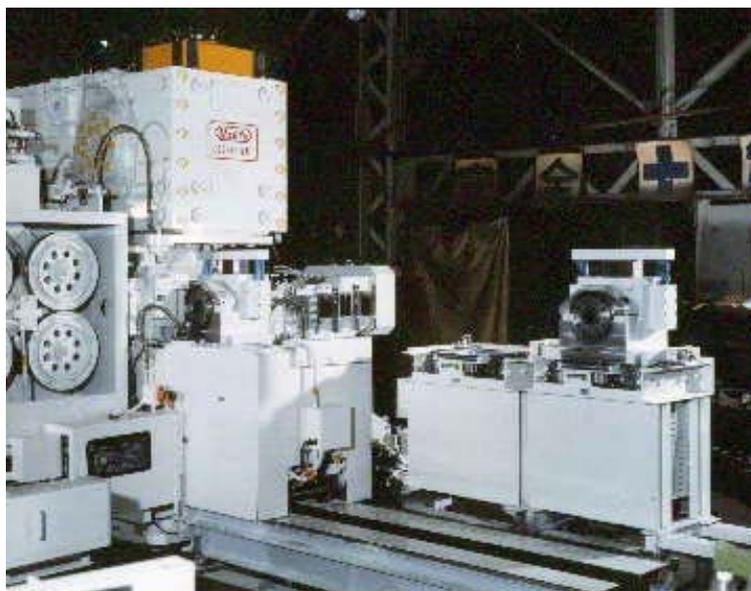


写真4 刃物自動切替装置を付属した切断機

(6)シャー切断における一般的な作業手順

表5 シャー切断における一般的な作業手順

作業工程	確認及び注意事項
(1) 切断素析を材料架台に供給する。	(1) 材質、材料径の確認 (2) 材料曲り、表面状態
(2) 切断刃の準備及び段替	(1) 稼働刃、移動刃のエッジ部点検割れ、欠け、摩耗状態 (2) 材料径に適合した刃物を使用 (3) 切断刃表面に、異常な焼付及び荒れのない事 (4) 固定刃に対する可動刃の芯、切断方向の芯が正常である事 (5) 刃物クリアランスは適切であるか (6) 可動刃スライド部のスキマが適切である事
(3) 材料送りフィーダーの高さ調整	材料送り方向の芯が固定刃の中心である事
(4) 定寸ストッパーの位置調整	(1) ストッパー材料当り面が異常摩耗していない事 (2) ストッパー取付部（ホルダー）にガタツキがない事 (3) 析料当り検知が正常である事
(5) 手動操作にて切断材を1本刃物中に送り込む	(1) 材料がスムーズに刃物内に入る事
(6) 手動一工程切断で2～3ヶ試験切断を行う、不良であればクリアランスの変更等を行い、最適条件を決定する。	(1) 破断面の状態を確認する、直角度破面のタンク（かさぶた）、耳の発生変形、かえり、バリ (2) 切断長、又は切断重量をノギス、電子はかり等で確認する
(7) 材料受け缶の準備	(1) 材料缶内にビレットが入っていない事を確認する（異材混入）
(8) 指定切断個数を確認後、自動連続運転、又は、断続運転にて切断を開始する。	(1) 指定個数に1回抜取りにて、品質チェックを実施する。

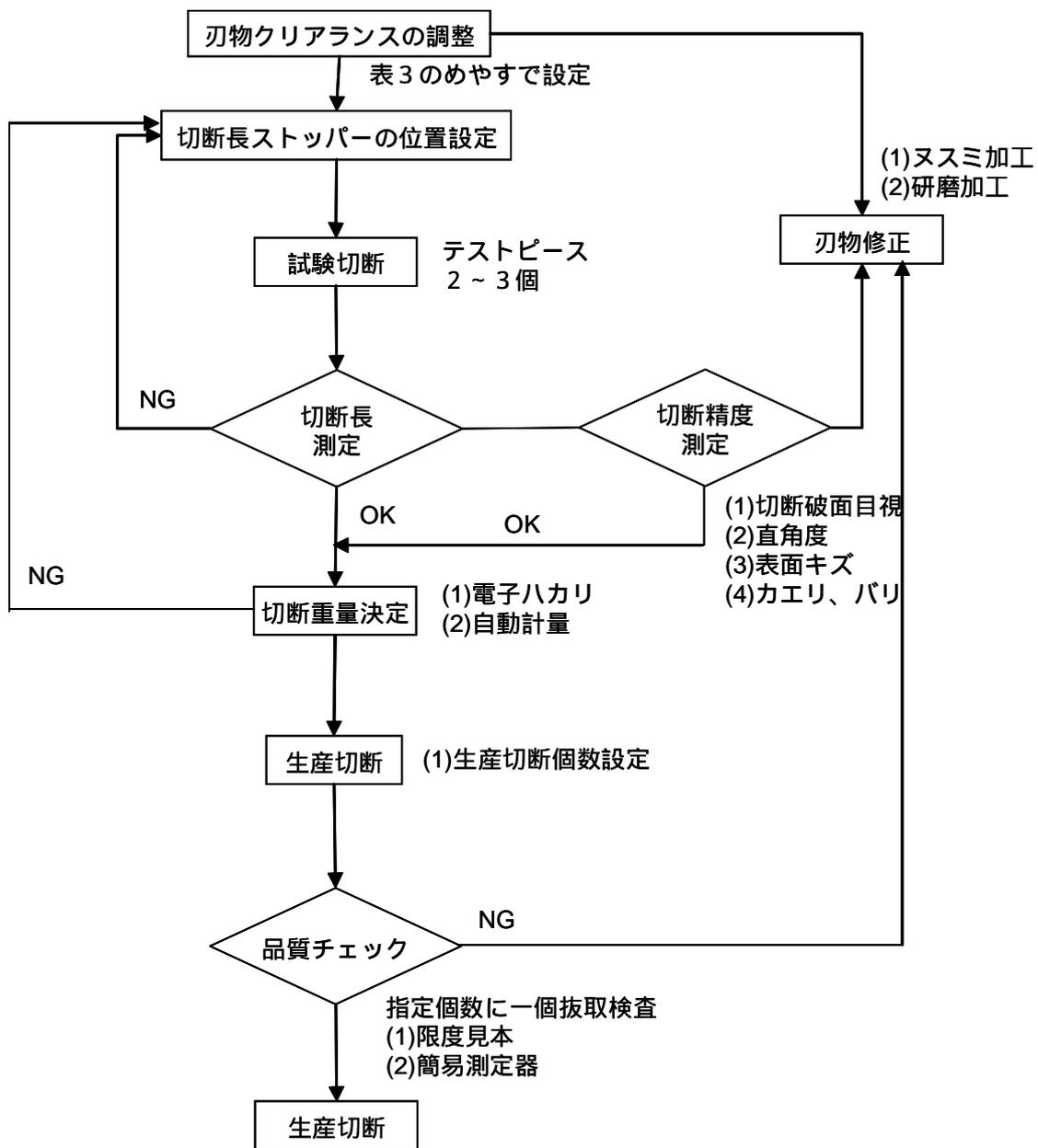


図22 試験切断の手順

(8) 切断ピレットの測定精度および器具

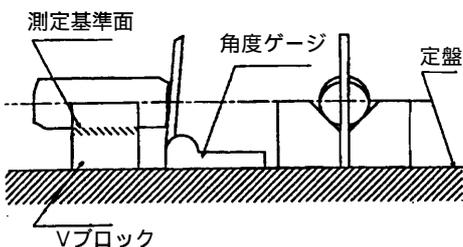
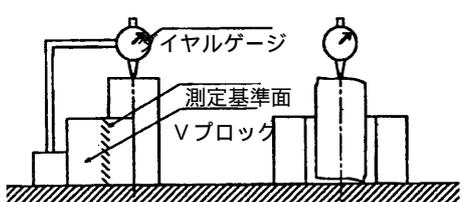
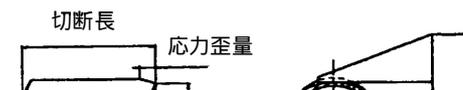
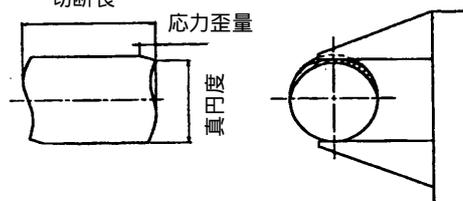
測定項目	測定方法	測定器具
直角度	<p>(1)</p>  <p>(2)</p> 	デジタル角度計 Vブロック ダイヤルゲージ
変形量		ノギス マイクロメータ
切断場量及び長さ		マイクロメータ ノギス 電子ハカリ
破断面の状態		目視

図23 切断ピレットの精度測定および器具

参考資料

- 1) 湯野沢 栄勝「鍛造技報, 9, 17 (1984) 59」
- 2) 日本塑性加工学会編「技術シリーズ4、鍛造」
- 3) 日本鍛造技術研究所「鍛造技術講座、製造技術編」
- 4) 塩川 博康「素形材 '97, 12 切断ビレットの重量管理」
- 5) 塩川 博康「(株)万陽 技術論文: 精瘡切断の立場」
- 6) 中川 威雄、工藤 英明、田村 公男「塑性と加工 24、271 (1983) 830」
- 7) (株)万陽「切断マニュアル」

2.1.2 切削による切断

(1) 丸鋸刃による切断

丸鋸刃による切断も帯鋸刃による切断も基本的には大きな違いはないが、鍛造用の素材切断としては、丸鋸刃の場合、比較的小径材が多く、機械の構造上1本切りが多く、しかも丸材が多い。丸鋸刃はハイスと超硬があり、各々機械が鋸刃に適している仕様にあるか、確認することが大切である。

機械の切断できる大きさ、切断長さ調整、精度の設定、材質に合った回転数の設定、材質にあった切り込み深さと適切な切断とするためには、多くの条件を満たす必要がある。以下順を追っていくと、

切断する被削材の大きさと機械の仕様を確認すること。

被削材（素材）の材質、大きさを確認すること。

切断する長さと精度を確認すること。

何個切断するかを確認すること。

自動給材、自動搬出が出来るかを確認すること。

本体並びに給材台に材料を供給し、切断の準備をする。

径状（ ）に合った丸鋸刃を選択すること。

径状（ ）に合った丸鋸刃のピッチを確認すること。

材質にあった回転数を確認すること。

材質と大きさにあった切込み量の確認をすること。

以上の準備をして実切断に入り、あらかじめ設定しておいた切断時間が合っているか確認し、数回、面粗度、寸法をチェックし、自動運転に入る。

切断早さ、切断個数（寿命）は、機械、鋸刃、被削材によって異なるが、確認することにより、設定できる場合が多い。

a) 丸鋸刃の寿命と再研磨

材質と大きさによって、寿命が変わるため、正確な再研の時期を探すのは難しいが、機械のメーカー、鋸刃のメーカーには各々データを持っているため、事前に資料を用意しておくことが必要である。

要因	被削材	切削条件					
		軟鋼		中鋼		高鋼	
		SS-34 S10CK	SS-54 S20CK	SS20C SCM SNCM-22	S50C SCr	SUT SKH	SKD SKT
被削材硬度		低い				高い	
鋸速		速い				低い	
cm ² /min 切削率		高い				低い	
ピッチ		粗い				細かい	
切削油温度		薄い				濃い	
特殊被削材	ステンレス (SUS) チタン Ti	ピッチ 粗い 		切削率cm ² 遅い 		鋸速 遅い 	

図2.4 被切削材硬度と切削条件

b) 被削材硬度と切削条件

丸鋸、帯鋸にかかわらず、被削材の硬度と切削条件は、ほぼ図 24 の通りとなる。

c) 丸鋸刃と切削油

鋸切断には、切削油が不可欠である。最近の超硬では、ミスト状で良いとされているが、ハイスでは出来るだけ多くの切削油を使用する必要がある。

特に丸鋸刃の場合は水溶性であっても油性の高い物が良いとされている。

被削材の面粗度、鋸刃の寿命からみても必要条件である。

切削油の種類、量については、被削材、機械によっても異なる場合があるためメーカーに確認する必要がある。

(2) 帯鋸刃による切断

切断については、丸鋸盤と大差はない。鋸刃のもつ性格上、少し条件が異なる。第1に鋸刃の剛性である。丸鋸刃は外径が必300位になると、その厚みが2.5～3mmとなり、大きさから見ると剛性が高い。従って小径材を切断するのに有利な条件となる。それに比較して帯鋸刃は、0.9mm、1.1mm、1.3mm、1.6mmと機械の大きさによってのその厚み、幅も違うが、比較すると剛性が少ないと見ることが出来る。これは切断時間を大きく左右する。丸鋸と同じく切断する為の条件を列記すると、

被削材の材質を確認する。

被削材の大きさを確認する。丸鋸盤と比較すると範囲が広い。出来るだけ被削材の大きさが、機械のもつ仕様より小さいこと。例えば 150を切断したい場合は、最大切断容量が必400の機械にすること。

被削材の切断長さや精度を確認すること。

何個切断するのかを確認すること。

自動給材、自動搬出が出来るかを確認すること。

束ね切りが必要かどうかを確認する(小径材は束ねて切断することが出来る。)

鋸刃のピッチは被削材に対し合っているかを確認する。

材質、大きさに合った鋸刃の周速を設定する。この設定を誤ると鋸刃の消耗が大きい。

材質、大きさに合った切込み量を設定すること。これは条件として最も難しい。

以上の条件を設定し、実切断をし、切断時間、長さ寸法等を確認し、自動運転に入る。

a) 帯鋸刃

帯鋸刃の構成は図25の通りである。その大きさは、機械の大きさによって異なり、幅、厚み、長さによって決まる。

鋸刃の幅は25mm、32mm、38mm、40mm、54mm、65mm、80mm、120mmがあり、厚みは、0.9mm、1.1mm、1.2mm、1.3mm、1.6mmと幅との組み合わせにより、機械の大きさによって決められる。

さらに、刃先の材質、歯形によっても被削材に合わす必要があるため、その組み合わせは多くなる。切断コストを下げるためには、最適な組み合わせが必要となる。各々のメーカーの資料を検討する必要がある。

b) 切削油

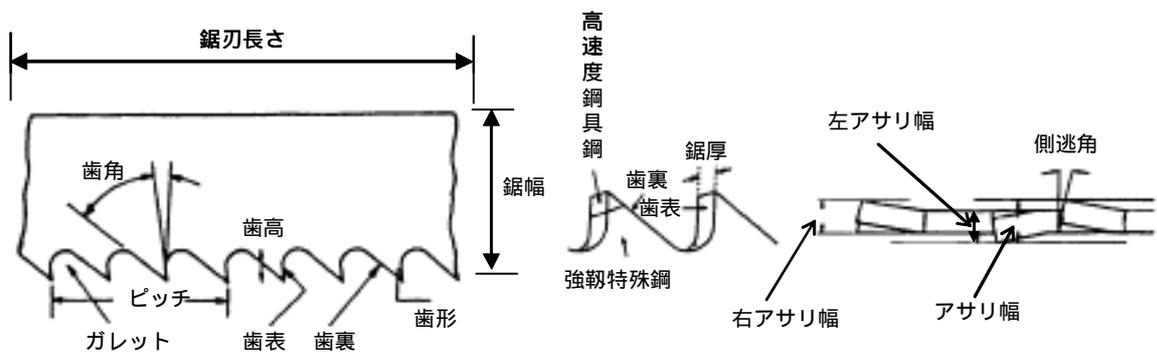


図25 帯鋸刃の構成

丸鋸刃と同様、切削油は必要である。特に帯鋸刃用の切削油があるため、精度、寿命を考えると、被削材に合った切削油を使用することである。

一般的には、水溶性が使われており、防錆剤のものが望ましい。

(3) 切削加工前の留意点

鋸盤による切断加工の開始にあたって、留意すべき項目をあげると次のようになる。

切断する材料の材質を確認する

これは、切断条件を定める上で必ず必要な項目である。材質が判らなければ、鋸刃の速さや、切込み量の設定が出来ず、誤った場合は、鋸刃を破損したり、思わぬ時間を費やし、能率を落とすことになる。

材料の大きさを確かめ、出来れば切断面を知っておくこれも切削条件を設定する上で必要である。この材料を1個切断した場合、いくらかかるかというような原価意識にもつながる。指示されたものと違ってないかを知る上でも大切である。

機械に異常がないか運転確認しておく

途中で気が付いても、やり直せばよいわけであるが、無駄な時間を費やすことになる。

鋸刃のチェック、切削油のチェックをする

摩耗の激しい鋸刃、古い切削油を使っていると不良品になる場合がある。

その他、同一材を何個切断するかどの位の時間で切断するかを予め調べておく。

材質、大きさ、機械、鋸刃が判れば、切断時間を知ることが出来る。

(4) 切断速さ(切削率)

切断の速さ、精度、刃物の寿命等を数値として見るために切断の三要素がある。その中の切断速さは、通常、切削率という数値で表示することが出来る。切削率とは、1分間に切断できる面積を平方センチメートルであらわした数値であり、材料の切断速さを知る上で必要な事項であり、次のように表す。

$$\text{切断率} = \frac{\text{切断面積 cm}^2}{\text{切断時間 min}}$$

例えば、S45C 150を何分で切断すれば良いかを知るには、切削率を知れば容易に切断時間がわかる。切削率80cm²/minとすると、150の断面積176cdであるため、答えは約2分で切断できればよいことになる。

切削率は、機械、鋸刃の種類によって異なるため、必要に応じて説明書、データ表などを確認するか、メーカーに問い合わせる必要がある。

(5) きれいに切断(切断精度)

切断精度は二つあり、1つは切断面精度である。これは面粗さで表すことが出来、切削条件を高めることで、度合いが変わってくる。

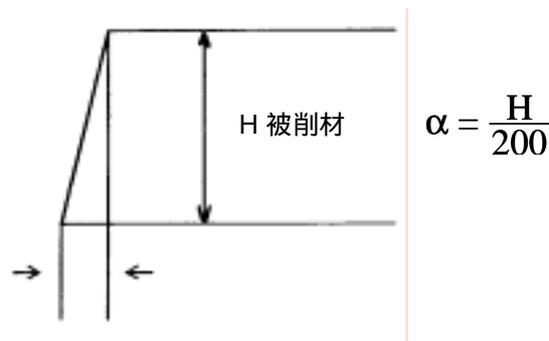
切断性能に影響を及ぼす、早く切れれば面粗さは悪くなり、寿命も短くなる。遅くすれば、面粗度は上がるが能率が低下する。従って両方の上限を採る必要がある。

もう1つの切断精度とは、切曲り現象である。

切断をつづけると、鋸刃の摩耗が進み、切曲りが起る。この切曲った状態を寿命とするかどうかの判定が必要であり、数値を次のように定める。

切断される物の大きさに対してどれだけ曲ったかの確認、1つの例として高さHに対して曲り量として

$\alpha = \frac{H}{200}$ になった時、曲ったと判定する。



即ち、高さHが200mmであると、 $\alpha = 1\text{mm}$ となり、1mm曲った状態で寿命と判定することが出来る。

(注) 200の数値は定められたものではなく、これ位までは許せるのではないかと、といった値である。

(6) 鋸刃寿命

鋸刃の寿命とは、その性能を使い果たしたことを言う。その単位は一般的に総切断面積cdで表す。寿命の判定は、

- a) 胴破断 原因を探す必要がある。
- b) 切削率の低下 適正な切削率に対する割合で判定
- c) 切曲り発生 適正な条件で切断していたかの判定

鋸刃の寿命は、切断コストに大きく影響するため判定は慎重を要する。

(7) 最近の帯鋸盤

前述の通り鋸切断には、切断条件が非常に多く、作業者の技能にたよる方法が優先していた。従って作業者が変わると、切断製品の品質が落ち、鋸刃寿命が下がって切断コストが上がってしまうことが生じた。そのため、最近の帯鋸盤は、写真5のようにCNC機能を持ち、作業者が材質、形状、大きさ、切断長さ、切断個数を機械に入力することによって、機械が条件を自動的に設定して、途中で作業者が介入せず、切断することが出来る機械が開発された。

このことにより、さらに材料の供給、製品撥出も自動的に行えるシステム化が進んでいる。夜間自動運転による切断の合理化となる。



写真5 最新の帯鋸盤

2.2 加熱

2.2.1 燃焼加熱

(1) 燃焼炉の種類とその特徴

燃焼炉の分類には主に、燃料の違いによるものと炉の形式の違いによるものがある。

燃料の違いによるものでは、一般に油燃焼のものやガス燃焼のものがあり、バーナー及びバーナー周辺機器は異なるが、基本的な構造は同じである。

炉の形式の違いによるものを以下に示す。

バッチ炉

鍛造用燃焼炉として古くから使用されている箱型形状の加熱炉で、被加熱材の大きさ、形状を問わず多種の材料を加熱することができる利点がある。しかしその反面、材料を投入、搬出ための開口部を大きくとる必要があるため、そこから多くの熱が放出され、作業環境が悪く、熱効率も15%以下と良くない。

プッシャー炉

材料をプッシャーで炉内に投入し、整列された材料が炉の出口に達したときに所定温度に加熱されて搬出されるように計画された燃焼炉である。材料で材料を押す事で搬送を図るため、ピレット材の加熱には適しているが、荒地成形されたような形状の材料には不向きである。しかし、炉内容積を小さくとれ、材料の投入、搬出のための開口部も小さくて済むので比較的放熱も少ない。炉長を長くとることによって、廃熱による予熱が可能となり、熱効率も40%程度が見込まれる。

ウォーキングビーム炉

比較的長材を加熱するのに適した燃焼炉である。

炉床を縦方向に数ブロック分割し、それぞれを交互に固定炉床と移動炉床とする。そして、炉内に投入された材料を移動炉床を上昇によって固定炉床面より持ち上げ、カム、クランク等によって、持ち上げられた状態で前進し、移動炉床の下降によって、再び前部の固定炉床に乗せられる。これを繰り返す事によって、材料を前進させていき、加熱を行う機構をとっている。投入の際、材料と材料の間隔をとる事ができるため、ほとんど全方向からの加熱が可能で、加熱時間の短縮が図れる。しかし反面、材料から脱落したスケールの除去が難しい点、炉床部のシールが難しい点等も挙げられる。

回転炉

型打鍛造用連続加熱(燃焼)炉として、被加熱材料の形状を問わない事から、もっとも多く採用されている炉である。この炉の構造は、一般的に炉壁は固定し、円形の炉床だけが回



写真1 バッチ炉

東芝セラミックスファーンズ株式会社

www.tocera.co.jp/tcf/j_ei.html

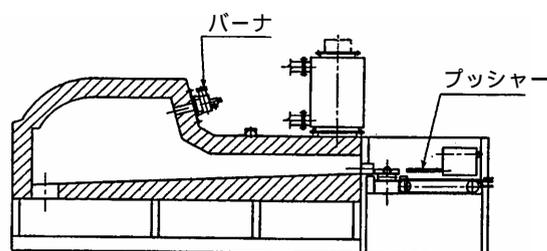


図1 プッシャー炉の構造



写真2 ウォーキングビーム炉
ロザイ工業(株)

www.rozai.co.jp/ifd/ifd-01.htm

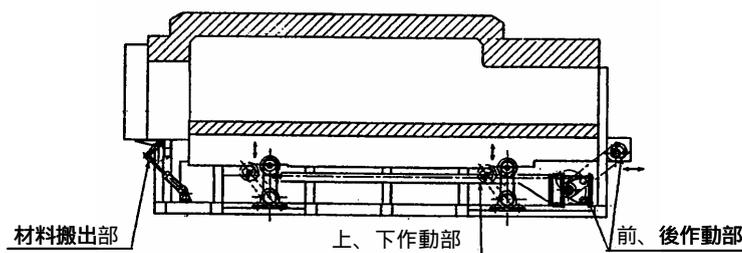


図2 ウォーキングビーム炉の構造

転するようになっており、挿入された材料は、炉床が1回転して鍛造温度に加熱するものである。バーナーは、炉体外周部に数基取り付けられている。

但し、最近では、バーナーを炉蓋上部に取り付けたものもある。

(2) 燃焼炉における今後の動向
環境保全の上でも、CO₂の排出を抑制するため燃焼炉の効率改善は重要な問題である。しかしそれに加えて、従来からの数々の特長を生かしつつ、新しい技術をとり入れた以下のような炉製作が検討されている。

省エネルギーである。

主要炉材にセラミックファイバー等を使用し、低NO_xリジェネレイティブバーナを機能的に配置した上で、炉の容量を十分に検討した炉。



写真3 回転炉 (株式会社ウチノ)

member.nifty.ne.jp/UCHINOCOLTD/nenshoro.html

表2.2.1 燃焼炉の保守点検例

点 検	項 目
操業毎	1. バーナー廻り及びオイル、ガス、高圧エア、計装エア配管の洩れの有無。 2. バーナーへのオイル供給ポンプの吐出圧力の点検。 3. パイロットガスの圧力点検。 4. 高圧エアの圧力点検。 5. 計装エアの圧力点検。 6. 燃焼エアプロアの吸い込み、吐出圧力点検。 7. コントロールモータの設定目盛の確認とリンケージの緩みがないかの確認。 リンケージの作動がスムーズか。 8. パイロットバーナー及びメインバーナーの燃焼状態の目視確認。 9. 燃焼エアプロアの振動の有無。 10. 調簡計の設定の確認。
3ヶ月毎	1. オイルストレーナ、フィルタの点検清掃。 2. オイルバーナーの分解掃除と整備。 3. 各圧カスイッチの作動点検。 4. 点火プラグの点検掃除。 5. 各電磁弁、速断弁の作動と洩れ点検。 6. ウルトラビジョンの作動点検。 7. 燃焼エアプロアの点検掃除。 8. 各微圧計及び圧力計作動確認。
1ヶ年毎	1. ウルトラビジョンの光電管の掃除。 2. 点火プラグの交換。 3. 炉内点検及び補修。
3ヶ年毎	1. ウルトラビジョンの光電管の取替。 2. 燃焼エアプロアの分解掃除、ベアリングなどの取替。 3. 各遮断弁、各電磁弁の取替。 4. 各微圧計及び圧力計の取替。 5. オイルバーナー、その他機器のメーカーによる点検整備。

環境保全を考えている。

コンパクトで、設備費が安い。

メンテナンスコストが安い。

燃焼炉を設備する上においては、定期的に適切なメンテナンスが必要である。そのためにメンテナンスする箇所を最小にする様に検討されている。

酸化スケールの発生の少ない炉である。

省人化に対応できる炉である。

(3) 燃焼炉の保守点検例

燃焼炉の定期点検を一行う上でのチェックポイントの例を表 2.2.1 に示す。

2.2.2 電気加熱

電気加熱の加熱方式には、誘導加熱、誘電加熱、マイクロ波加熱、電子ビーム加熱、プラズマ加熱などの色々な方式がある。しかし最近では、このなかでも誘導加熱が鍛造用電気加熱として一番使われているので、ここでは、主に誘導加熱について述べる。

(1) 誘導加熱装置

誘導加熱電源の開発は、火花放電間隙式に始まり、3倍周波変換器式、真空管発振器式、高周波電動発電機式(MG)から効率、メンテナンスコストの面からサイリスタ、トランジスタ(パイポラパワー transistor、IGBT 他)を用いた半導体インバータ方式へと変わり、急速に普及してきた。

(2) 誘導加熱装置の特徴

近年、鍛造用として誘導加熱装置が数多く導入されるようになった。その理由として、以下の優れた特長があげられる。

装置周囲が高温にならず、作業環境が良好である。

制御性が良いため、自動化に対応しやすい。

スケール損失が少ない。

温度制御が容易で、しかも安定している。

エネルギー変換効率が高いため、省エネルギーである

急速加熱ができる。

局部加熱ができる。

(3) 誘導加熱装置の種類

誘導加熱装置は、鍛造の目的、鍛造機の性能、種類等によって、様々な方式がある。

以下に代表的な誘導加熱装置の方式を被加熱材の形状及び加熱部位によって分類したものを示す。

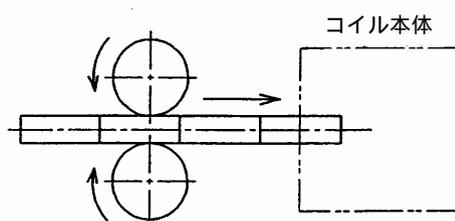
ビレットヒーター

主に、熱間ハンマ、プレス鍛造の前工程でビレット材を全体加熱するため用いられ、鍛造用誘導加熱装置として最も多く使用されている。

ビレットヒータは、一般的に送り方式により分類されることが多いが、効率面から主に図 3 の様に分けられる。

しかし、現状ではピンチローラ式の方がプッシャー式より多く用いられている。その理由として、

1) ピンチローラ式



2) プッシャー式

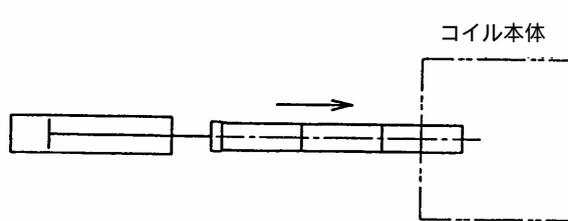


図3 ビレットヒーターの送り方式

a) プッシャー式の場合、材料長さによってプッシャーの微調整が必要となる。

b) 被加熱材料を整列させ加熱コイル内に送り込むため、被加熱材料径が大きくなればなるほど大きな搬送力が必要となる。

そのため、より大きな駆動力を得やすいピンチローラ式の方が用いられる。その反面、材質的に軟らかいアルミや銅合金等の加熱には、加熱コイル内への搬送の際にピンチローラでのかみ込みキズに注意が必要である。

プッシャー式は、機構が簡便なため、被加熱材の径が比較的細く、重量の軽いものの加熱や前述の材質的に軟らかいアルミや銅合金等の加熱に使用される。

バーヒータ

長尺材の連続加熱用の誘導加熱装置で、主に、フォーマ及びシヤーの前加熱に使用され、ナット、ベアリングレース等の連続高速鍛造等に用いられる。

ピンヒータ(エンドヒータ)

ボルト頭部加熱等のアップセッタ作業の前加熱に使用される誘導加熱装置である。

作業の様式、被加熱材(加熱部)の径及び長さ、処理速度等により様々な加熱方式や搬送方式がとられる。

次に代表的なピンヒータの概略図と簡単な特長を図4に示す。

板材加熱

薄板(フラットバー)を加熱するために用いられる誘導加熱装置である。

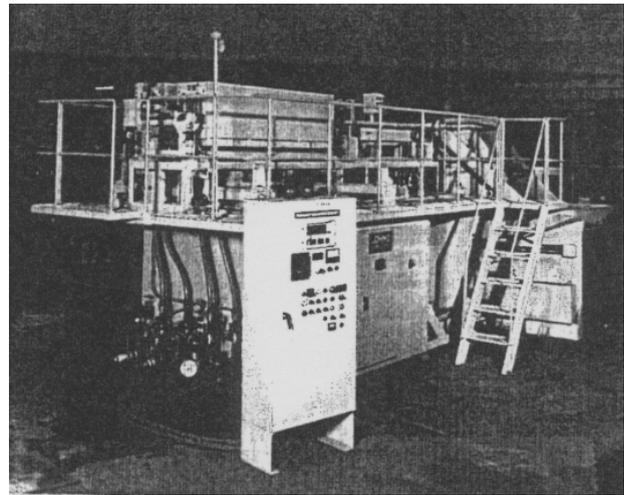


写真4 ピレットヒータ(ピンチローラ式)

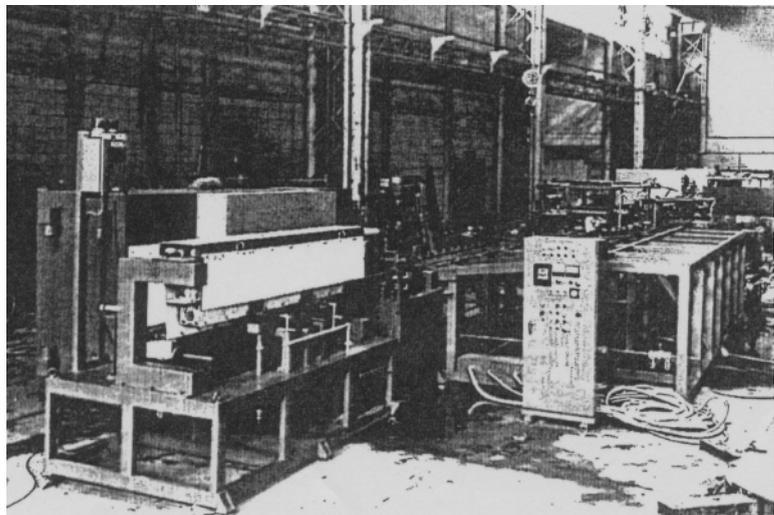
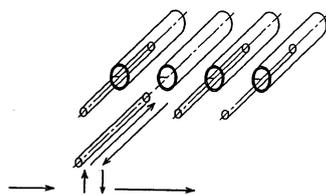
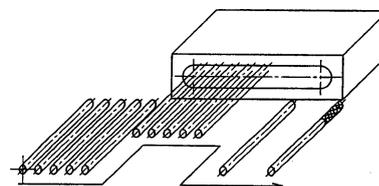


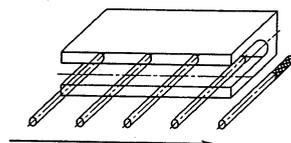
写真5 バーヒータ



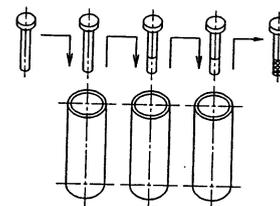
a) 多連コイル式
(特長) 他の方式と比較して効率が良い。



b) 楕円コイル式
(特長) 被加熱材の一部が異形であっても、加熱可能。



c) C型コイル式
(特長) 比較的速い処理速度が可能。



d) タテ型多連コイル式
(特長) 他の方式と比較して効率が良い。

図4 代表的なピンヒータの種類

細径を加熱するピレットヒータと同様に、高い周波数（10kHz以上）で加熱を行う。

(4) 新しく装置を計画する上での確認事項

誘導加熱装置を新規導入する場合、一部の燃焼炉と違い、鍛造会社が自社で製作する事は難しい。そこで、誘導加熱装置製造メーカーとの綿密な仕様打ち合わせが必要となってくる。

装置の能力及び仕様を決定する上での基本的な確認事項は、以下の通りである。

- 被加熱材料の材質
- 被加熱材料の径
- 被加熱材料の長さ

(部分加熱の場合は、加熱部の長さも必要)

処理能力 (sec/個、Kg/h)

出炉時の被加熱材料温度

～ は各々の材料によって異なるので、できる限りすべての材料において確認する事が望ましい。そして、これに基づき加熱コイルの本数も決定される。

附帯装置等（材料供給装置、冷却水関係、コイルシフト等各種機態など）は、各誘導

加熱装置製造メーカーごとに特色があるので、詳細に打ち合わせるべきである。

(5) 適正周波数について

前述のように、誘導加熱においては、交番磁界の電磁誘導によって発生する渦電流によるジュール熱により被加熱材料の表面から加熱を行う。電流の流れる表面からの深さを浸透深さは式(1)に表される。

$$\delta = 5.03 \sqrt{\frac{\rho}{\mu f}}$$

ρ : 金属の固有抵抗 (μ - cm)

μ : 比透磁率

磁性材の場合は磁界の強さによって変化し、鋼材を加熱した場合には 20 ~ 1000 の間となる。

非磁性材の湯合は 1 となる。

f : 周波数 (Hz)

ここで、鋼材を全体加熱した場合の適正周波数の目安を図5に示す。

(6) 加熱コイル径について

加熱コイル径に適應した最大加熱材料径で最大の消費電力となり、最大の処理量が得られる。しかし、材料径が小さくなればなるほどコイル力率は小さくなり、コイル効率も悪くなる。コイル力率が小さくなると比例してインバータ出力電力も低下する。

よって、結果的に処理量も低下する。

一例を図6に示す。

(7) 高調波について



写真4 ピンヒータ (株式会社ウチノ)



写真7 板材加熱 (株式会社ウチノ)

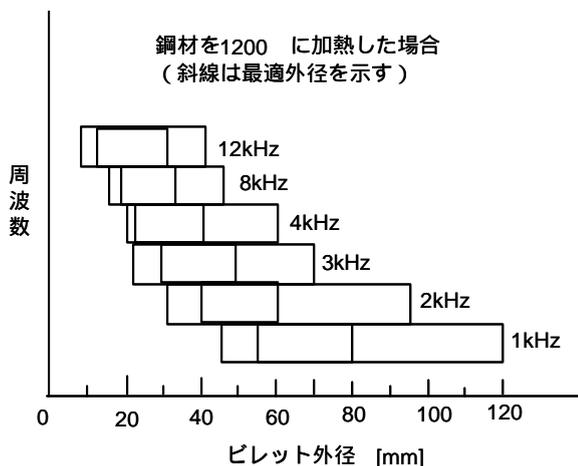


図5 ピレット径と適正周波数

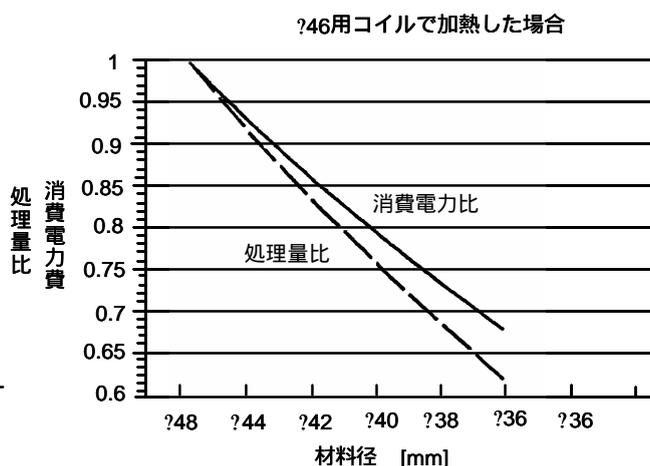


図6 径と消費電力および処理量の関係

近年エレクトロニクスの発展に伴い、産業機械等から発生する高調波電流が他の電気設備に影響を及ぼす障害が発生し、問題になっている。そのため、平成6年9月に『高圧又は特別高圧で受電する需要家の高調波抑制対策ガイドライン』が制定された。

このガイドラインは高調波の抑制を図るためにその対策を実施する上での技術要件を示したものである。

誘導加熱装置を導入する上に、おいても、

6.6kVの系統から受電し、等価容量の合計が50kVAを超える。

22kV又は33kVの系統から受電し、等価容量の合計が300kVAを超える。

66kV以上の系統から受電し、等価容量の合計が2000kVAを超える。

のいずれかに該当する場合には、このガイドラインに沿った対策が必要とされる。具体的な抑制対策としては、

a) 多パルス化

ア. 変換装置自体の多パルス化

イ. 変圧器の組合せによる多パルス化

(— 、 — Y又はY - Y、 — Y)

b) 受動フィルタ(パッシブフィルタ、LCフィルタ)の設置

c) 能動フィルタ(アクティブフィルタ)の設置

d) 進相コンデンサ(力率改善用コンデンサ)の活用

e) インバータへのリアクトル取付け

が考えられるが、実際に設置の際には、十分に電力会社及び装置メーカーと打ち合わせが必要である。

(8) 誘導加熱装置の保守点検例

誘導加熱装置の定期点検のチェックポイントの例を表2に示す。

(9) 誘導加熱における最近の動向

近年誘導加熱装置は、半導体技術の著しい進歩の下、問題となる点がかなり克服されている。ごく一部ではあるが、最近の鍛造用誘導加熱装置の動向を紹介する。

省エネルギー

a) 誘導加熱電源の変遷

この半世紀弱の間に誘導加熱電源の主流は、真空管発振方式、高周波電動発電機(MG)方式からサイリスタ、トランジスタ(パイポーラパワートランジスタ、IGBT他)を用いた半導体インバータ方式へと変わってきた。

最近における誘導加熱装置の効率向上は、この誘導加熱電源の変遷によるものが大きい。

b) 各損失の低減

誘導加熱で消費される電力は、被加熱材を昇温するのに必要な正味エネルギーの他に、

- ・トランス損失
- ・インバータ損失

- ・コイル損失
- ・加熱コイルからの放熱による損失
- ・スキットレールからの放熱による損失
- ・その他（ブスバー他）の損失

表2.2.2 誘導加熱装置の保守点検例

点検	点検 箇所	項 目
操業毎	コイルユニット	<p>接続端子及びケ山ブルに損傷はないか。</p> <p>スキットレールに損傷はないか。</p> <p>キャスターもしくはスリーブに損傷はないか。</p> <p>水冷ゴムホースに損傷はないか。</p>
	制御装置	<p>制御盤を含む各メーター類の動作状態の確認。</p> <p>制御盤のランプ切れ、ボタン類の動作状態の確認。</p> <p>制御盤のケーブルの損傷はないか。</p>
6ヶ月毎	制御装置	<p>制御盤のリレー固定状態、ターミナルの損傷。</p> <p>温度表示計の確認。</p>
	機械駆動装置	<p>ピンチローラの連結部のがた、取り付け部のがたはないか。</p>
	ピンチローラ部	<p>ピンチローラの動作状態の確認。</p> <p>検知ローラの動作状態の確認。</p> <p>駆動部オイル状態。</p> <p>チェーンの張り状態、異音の確認。</p>
	機械駆動装置	<p>軸受損傷、がたはないか。</p>
	引き抜きローラ部	<p>取り付け部のがたはないか。</p> <p>チェーンの浜り状態、異音の確認。</p>
	冷却装置	<p>フローズスイッチの動作確認。</p>
9ヶ月毎	機械駆動装置	<p>動作状態の確認。</p>
	機械駆動装置スラットコンベア及び整列コンベア部	<p>モータ部動作及び異音。</p> <p>連結部のがたはないか。</p> <p>チェーンの張り状態、異音の確認。</p> <p>メインブレーカーの動作確認。</p>
12ヶ月毎	インバータ部	<p>コンダクター、リレーの損傷はないか。</p> <p>配線状態の確認。</p> <p>ブスバーのネジ緩み、接続部の緩みはないか。</p> <p>スタックケーブルの損傷はないか。</p> <p>外観清掃。（特に油、スケールの汚れ）</p> <p>制御盤の配線の緩みはないか。</p>
	制御装置	<p>発振基板のランプ切れ、動作確認。</p> <p>発振基板の波形確認。</p> <p>発振基板の配線のネジ緩み、ターミナルの損傷はないか。</p> <p>クーリングタワーのモーター部の動作確認。</p>
	冷却装置	<p>クーリングタワーの水搾れの確認及びフィルタの清掃。</p> <p>水質及び水量の確認。</p> <p>配管の損傷はないか。</p> <p>水温検知器の動作確認。</p> <p>水冷ファンもしくはスポットクーラーのモーターの動作確認。</p> <p>水冷ファンもしくはスポットクーラーのファンの動作確認。</p> <p>水冷ファンもしくはスポットクーラーの冷却能力の確認。</p>

からなる。これらの損失を如何に低減させるかが、省エネルギー（高効率化）が実現する要因である。最近では、トランジスタのハイパワー化にともない、回路構成の見直しや高電圧化によるインバータ損失の低減、大電流を流すための加熱コイルの形状の変更や加熱コイルからの放熱を低減するために加熱コイル用の炉材（キャスト、セラミックスリーブ等）の改良等が行われ、省エネルギーの一因となっている。

c) 多周波

従来は各鍛造ラインで鍛造される材料の径の範囲に応じて、ある一定の周波数に設定された誘導加熱装置で加熱を行っていたため、最適な材料径から外れた材料を加熱する場合には、加熱効率の低下を余儀なくされていた。しかし、最近では大幅な周波数変更が可能となり、材料径の太いものから細いものまで、より幅広く効率良く加熱することが可能となっている。

d) 無駄材の低減

加熱工経で省エネルギーを考える場合、リジェクト材の低減が重要となってくる。

鍛造作業において、色々な諸都合によって加熱を一時中断させる「チョコ停」の低減は、各社各様の取り組みが行われ効果を上げている。加熱装置側においても各種の方法をとっており、最近において一般的に導入されている方式としては、チョコ停の際、被加熱材料の加熱コイルへの投入を通常の方法の数分の1に減速し、チョコ停解除後、通常作業に戻る様に材料投入速度を変更する方式があげられる。

このほかの無駄材の低減としては、加熱終了時に加熱コイル内に加熱途中の材料が残らないようにすべきである。ピンチローラ式の場合、「負荷押し棒」を使い最終材まで押し出す方法がとられている。（負荷押し棒は、最終材を加熱コイルから押し出した後、自動的に所定の設置位置に戻る。）

作業性の向上

a) コイルシフト機能及び多周波

従来、被加熱材料の径の幅が広い場合、加熱コイルを最適な加熱コイルに交換するには長い段取り時間が必要であった。しかし最近では、コイルシフト機能を具備する装置も多くなり、ボタン（もしくはセレクトスイッチ等）操作でコイルを交換する事が可能となった。但し、多種類のコイルをシフトする機能を導入するには、ある軽度のスペースが必要となるため、工場レイアウトを十分検討した上で導入する必要がある。今後、装置のコンパクト化が求められる中、できるだけコイルの本数を減らし、しかも効率良く加熱する必要がある。そのためには、前述のインバータ装置の多周波化が大変有効となってくる。写真8のように、被加熱材の材料径によって周波数を変更することで、1セットの加熱コイルで径の太い材料から細い材料まで効率良く加熱することが可能となっている。



写真8 65コイルで 22を加熱

b) 品番管理器

鍛造される製品によって加熱条件を前もってセットし、それをダイヤルもしくはボタン操作等、簡単な操作で再現できるシステム。最近ではコンピュータのCPU の能力向上によって、記憶させる品番も大幅に増えている。今後もコンピュータ技術の向上に伴い、多種の条件にも



写真9 品番管理器



写真10 コンビネーションヒータ

対応できるような能力アップが期待される。

写真9 に品番管理者のパネル面を示す。

加熱費低減

前述のように、誘導加熱装置の高効率化によって、加熱費の低減は図れるが、燃焼炉を予熱部として誘導加熱装置とのドッキングによって、加熱費の低減を図る方法も現在導入され、効果をあげている。その例を写真10 に示す。

今後の対応

今後、市場ではより精密な製品が求められ、価格的にもよりシビアになると思われる。

そのためには、適切な温度管理ができ、省エネルギーで、簡便な操作性を持った加熱炉の使用が絶対条件となる。環境保全の見地からも加熱分野のより一層の改善が検討されるべきであろう。

参考資料

- 1) 日本工業炉協会発行文献「新版工業炉ハンドブック」
- 2) 近畿鍛工品事業協同組合発行文献「鍛造へのおさそい」
- 3) 鍛造ハンドブック編集委員会発行文献「鍛造ハンドブック」
- 4) P.G.Simpson 著「INDUCTION HEATING Coil and System Design」
- 5) 日本電熱協会発行文献「エレクトロヒート応用ハンドブック」
- 6) 関西電力、日本電熱協会発行文献「誘導加熱」
- 7) 鍛造技術研究所発行文献「鍛造技術講座製造技術編」
- 8) 鍛造技術研究所発行文献「鍛造技術講座生産技術編」
- 9) 省エネルギー燃焼センター発行文献「省エネルギー燃焼技術」

2.3 潤滑

2.3.1 熱間鍛造の潤滑

(1) 潤滑剤の目的

鍛造加工で潤滑剤が使用される主な目的は

- 金型と素材の摩擦抵抗を低減し、素材の鍛造時の加工圧力を減少させること
- 金型の摩耗を減少させ、金型寿命を延ばすこと
- 鍛造部品の離型性を良くし、生産性をアップすること
- 金型の冷却効果により、金型寿命を延ばすこと
- 金型へのスケールの付着を防止すること

などであり、これらの結果として鍛造部品の表面品質、寸法精度、鍛造部品のコスト低減などの向上に役立っている。

2) 潤滑剤の機能

潤滑剤に要求される性能としては以下の項目が挙げられる。

- 潤滑性、離型性に優れていること
- 金型に対して幅広い温度域(100 ~ 400)で付着すること
- 被膜性に優れていること
- 耐熱性が高いこと
- 金型の冷却性に優れていること
- 金型内に残達(潤滑剤の燃えかすおよびスケールなど)堆積しないこと
- 発火、発煙のないこと
- 金型及び金型廻りから容易に除去できること
- 金型や鍛造機械、付属の機器を腐食しないこと
- 人体及び作業環境に対して安全なこと
- 混入作動油に対する分離性に優れていること
- 使用簡便で経済的であること

(3) 潤滑剤の種類および特徴

黒鉛系潤滑剤

黒鉛は元素Cの結晶であり、その結晶型は六方晶系で図1¹⁾のような構造であり、広く塑性加工の分野で使用されている。

その特徴としては以下の項目が挙げられる。

- 層状結晶構造物であるので、潤滑性が非常に優れていること
- 化学的に安定であること
- 高温で使用できること
- 人体に対して毒性がないこと
- 安価であること

黒鉛は表1に示す一般的な性質の他、潤滑性がある。

黒鉛の潤滑機構については層間でのせん断、粒子内滑り、摩擦粉

のカーリングによる潤滑などの説がある。黒鉛の潤滑性は黒鉛の純度、結晶性、粒径などによって異なるため、それらを配慮することによって、より優れた黒鉛潤滑剤がえられる。粒径については表2¹⁾のよう

に、粒径の大きいものほど摩擦係数は小さい傾向にあり、潤滑性が優れている。また、黒鉛の潤滑性は純度、結晶性、粒径などのほかに熱の影響を受ける。黒鉛の耐熱性は粒度、結晶性によって異なり大気中では約550まで使用できるが、それ以上では徐々に酸化が始まり、CO₂ガスに変化し分解する。

熱間鍛造は一般に炭素鋼では1150 ~ 1250の温度域で実施されており、鍛造部品の難易度

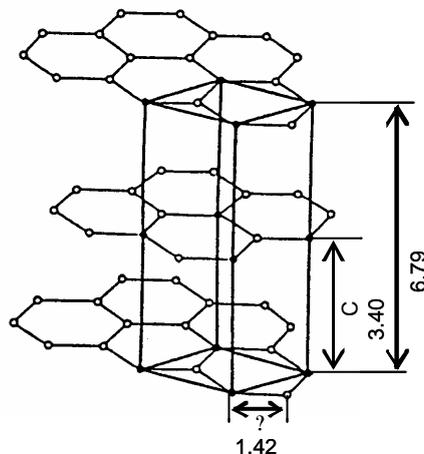


図1 黒鉛の結晶構造

表1 黒鉛の一般的性質

分子量	: 12.011
外観	: 黒鉛粉末
結晶形	: 六方晶形
比重	: 2.23 ~ 2.25
融点	: > 3500
硬度	: 1 ~ 2 (モース)
比熱	: 0.167 (cal · deg ⁻¹ · g ⁻¹)
熱伝導率	: 37.7 × 10 ⁻³ (cal · cm ⁻¹ · sec ⁻¹ · deg ⁻¹)

により、黒鉛の純度、結晶性、粒径を配慮する必要があるが、その中でも黒鉛の粒径は、潤滑性、耐熱性、付着性に深く関係しており特に考慮する必要がある。

一般的な黒鉛系潤滑剤を表3に挙げる。金型潤滑剤としては水溶性、油性、エマルジョン系の3種類の潤滑剤が使用されている。水溶性潤滑剤は水に黒鉛粉末をコロイダル状に分散させたものであり、油性潤滑剤は主にパラフィン系オイルに黒鉛粉末を分散させたものである。また、エマルジョン系潤滑剤はパラフィン系オイルを界面活性剤でエマルジョン化し、そこに黒鉛粉末を分散させたものである。

これらの潤滑剤は主に、潤滑面、即ち金型温度の違いにより使い分けられている。

一例として図2²⁾に水溶性、油性、エマルジョン

表2 粉末の摩擦係数

製品名	平均粒径 (μ)	摩擦係数 荷重 0.8kg/m ²	
		静摩擦係数	動摩擦係数
F#1	250	0.078	0.049
F#2	150	0.095	0.057
F#3	70	0.101	0.06
CB-100	60	0.105	0.062
CB-150	40	0.107	0.066
CPB	10	0.114	0.09
CP	7	0.131	0.071
特CP	6	0.145	0.101
CSP	5.5	0.163	0.092
AUP	0.7	0.297	0.21

表3 黒鉛系潤滑剤

黒鉛系潤滑剤	主成分	用途	長所	短所
水溶性潤滑剤	黒鉛粉末 分散材 接着剤 防腐剤 水	熱間鍛造型潤滑 熱間鍛造系材潤滑 熱間鍛造型潤滑	金型冷却性に優れる 引火性がなく安全性に優れる 低価格	油性に比べ拡散性に劣る
油性潤滑剤	黒鉛粉末 界面活性剤 添加剤 精製鉱物油	熱間鍛造型潤滑 熱間鍛造型潤滑	高温付着性に優れる 拡散性に優れる	引火性 発煙 金型冷却性に劣る
エマルジョン系潤滑剤	黒鉛粉末 精製鉱物油 界面活性剤 添加剤 防腐剤 水	熱間鍛造型潤滑 熱間鍛造型潤滑	潤滑性に優れる 拡散性が良い	高温付着性に劣る 金型冷却性が少ない 高価格

系の潤滑剤の各種温度における金型への付着量を示す。油性潤滑剤では400、エマルジョン系潤滑剤では300を越えると潤滑剤はほとんど付着しなくなる。水溶性潤滑剤は100～200で最も良く付着しており、300以上では付着量の減少がみられる。

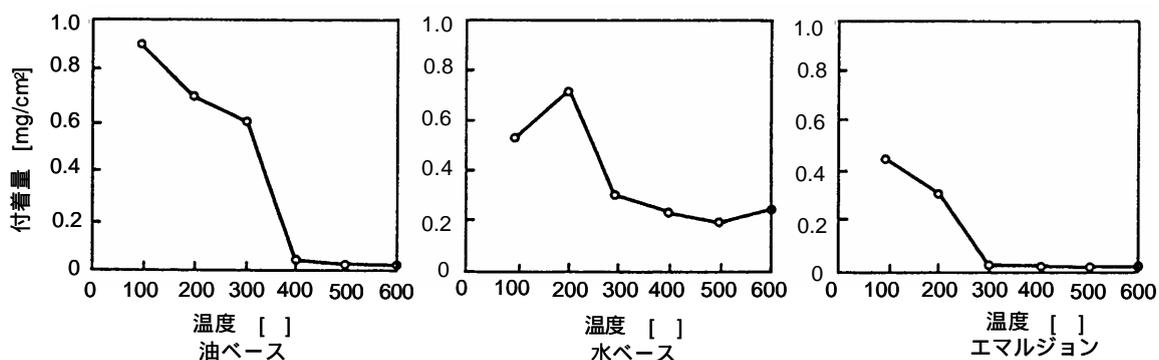


図2 各種潤滑剤の黒鉛付着量

非黒鉛系潤滑剤

非黒鉛系潤滑剤には一般に表4に示されるごとく色々な潤滑剤があるが、熱間鍛造用潤滑剤としては脂肪酸系のカルボン酸塩が主に使用されている。

表4 非黒鉛系潤滑剤の分類

層状固体潤滑剤	BN(窒化ホウ素)、雲母、クルクなど ³⁾
ガラス系潤滑剤	ケイ酸塩、棚酸塩、リン酸塩など
金属酸化物系潤滑剤	PbO、MoO ₃ 、B ₂ O ₃ など
プラスチック系潤滑剤	PTFE(ポリテトラフルオロチレン)、ナイロン、ポリエチレンなど ⁴⁾
脂肪酸系潤滑剤	一塩基酸、二塩基酸または多塩基酸系のアルカリ金属塩など

カルボン酸には色々な種類があり、その特性(潤滑性、離型性、耐熱性、被膜性、など)によって使い分けられている。さらに潤滑性や被膜性を改良する手段として、3Nや雲母などの固体潤滑剤やデラスチック系潤滑剤であるPTFEやポリエチレンなどの超微粉末を添加し、熱間鍛造潤滑剤としての機能を発揮している。

黒鉛が水に分散しているのに対し、カルボン酸塩は通常透明であり、約200の金型に塗布すると、水分が蒸発し白色の潤滑被膜が形成される。したがって、いかに金型面上に均一なカルボン酸塩の被膜を形成させるかが、カルボン酸塩系潤滑剤を使いこなす鍵となる。

黒鉛が層間で潤滑するのにに対し、カルボン酸塩の潤滑機構は、金型面上にスプレー塗布されたカルボン酸塩が鍛造時に素材に圧接されることにより、主成分が熱分解を起こし、一部は流体潤滑、大半は熱分解残渣となり被膜潤滑を向上させ、熱分解により発生した分解ガスの離型作用が加わり、潤滑・離型効果を発揮するものと推測される。表5に水溶性黒鉛潤滑剤とカルボン酸系潤滑剤の機能を比較する。カルボン酸系潤滑剤は性能面において黒鉛系潤滑剤にかなり近づいたと言われて

表5 黒鉛系潤滑剤とカルボン酸系潤滑剤の機能比較

潤滑剤の機能	黒鉛系潤滑剤	カルボン酸系潤滑剤
潤滑・離型性		
金型寿命		
金型への付着性		
被膜性		
耐熱性		
金型への冷却性		
金型への堆積性		
ガス放出量		
鍛造設備への腐食性		
人体への安全性		
混入作動油の分離性		
環境使用への適合性		
排水処理性		
環境美化性		
総合的な経済性		

いるが、低温域(100~150)の被膜形成、金型への堆積性、熱分解ガスの発生量が多いこと、排水処理性など、黒鉛系潤滑剤に比べて劣っている特性がある。特に、黒鉛に比べて熱分解残渣が金型内に残りやすく欠肉が発生しやすい。また、カルボン酸がいきなり熱分解することにより金型に熱疲労を与えると共に熱分解から発生した熱分解ガスが高圧となり金型の面圧を増大させ、型荒れや型割れが生じることがある。これらを防止する為には、カルボン酸の種類はもとより潤滑剤の適切な使用濃度の検討や金型の設計変更、ガス抜き孔を設けるなどの改善が必要である。

(4) 潤滑剤の選択および使用方法

鍛造工法と潤滑剤

一般に熱間、温間鍛造の金型潤滑では、金型の冷却をかねて水溶性黒鉛潤滑剤又はカルボン酸塩などの非黒鉛系潤滑剤を使用する機会が多く、難易度が高く潤滑性が必要とされる軸出し部品や前後方の押出し部品に限り、油性黒鉛潤滑剤あるいはエマルジョン系潤滑剤が使用されている。表6は熱間、温間鍛造で製造されている代表的な部品別に潤滑剤の使用例をまとめたものである。潤滑・離型性が要求されるクランクシャフト、ベアリングレス、等速ジョイント部品、ステンレス部品、チタン部品などの鍛造では潤滑性に優れた黒鉛系潤滑剤が適しており、カルボン酸系潤滑剤は主にロアーム、コネクティングロッド、

表6 鍛造部品と潤滑剤の応用例

鍛造部品	鍛造法	潤滑剤	外観形状	固形分(%)	平均粒径(μ)	希釈倍率	備考
クランクシャフト	熱間鍛造	水溶性黒鉛潤滑剤	黒色液状	40	1	10~20倍	循環使用
ロアアーム	熱間鍛造	カルボン酸系潤滑剤	透明液状	20	-	10~15倍	循環使用
コネクティングロッド	熱間鍛造	カルボン酸系潤滑剤	透明液状	20	-	10~20倍	循環使用
ナックルアーム	熱間鍛造	カルボン酸系潤滑剤	淡黄液状	30	1	15~20倍	トラック部品
二輪クランクシャフト	熱間鍛造	水溶性黒鉛潤滑剤	黒色液状	27	0.7	15~20倍	
歯形ギア	熱間鍛造	水溶性黒鉛潤滑剤	黒色液状	27	0.7	20~25倍	
タービンブレード	熱間鍛造	水溶性黒鉛潤滑剤	黒色液状	30	0.7	15~20倍	チタン系
ファイナルギア	熱間鍛造	カルボン酸系潤滑剤	透明液状	30	-	20~25倍	循環使用
ベアリングレース	温熱間鍛造	水溶性黒鉛潤滑剤	黒色液状	35	0.7	5~15倍	循環使用
ボールジョイント	温熱間鍛造	エマルジョン黒鉛潤滑剤	灰色液状	20	1	2~10倍	循環使用
軸出し部品	熱間鍛造	油性黒鉛潤滑剤	黒色液状	26	2	5~10倍	
ステンレス部品	熱間鍛造	水溶性黒鉛潤滑剤	黒色液状	30	1	10~15倍	フランジ部品
チタン部品	熱間鍛造	油性黒鉛潤滑剤	黒色液状	26	2	5~10倍	エンジンバルブ

ファイナルギヤなどの薄物部品の鍛造に使用されている。

表7は薄物部品の代表的な部品であるコネクティングロッドの熱間鍛造を黒鉛系潤滑剤からカルボン酸系潤滑剤に変更した時の適応例である。最近の軽量化されたコネクティングロッドの鍛造では、製品の欠肉とキズの発生率を最小限に抑える必要があるため、カルボン酸系潤滑剤を使用するにあたっては、金型の設計変更、ガス抜き孔の設置、潤滑剤の吹き付け方法の検討、潤滑剤の塗布量による金型温度の制御などの改善が行われた。

(5) 潤滑剤の管理

希釈倍率の管理

適切な濃度で潤滑剤を使用することは、潤滑剤費用の削減のみならず、製品の歩留まりアップ、金型費用の削減、生産の安定化、品質の向上などに深く関係しているおり、潤滑剤の濃度を管理、把握することは潤滑剤を有効に使用するための非常に重要な要素である。表8に潤滑剤の濃度管理に使用可能な装置を紹介する。

これらの装置の中で、水溶性黒鉛潤滑剤では電子水分計が、カルボン酸系潤滑剤では屈折計が比較的多く使用されているようである。 循環液の管理

潤滑剤費用の削減を目的として、潤滑剤を循環使用する場合は、下記の項目などに注意を払う必要がある。

- a) 作動油の混入防止と作動油の除去
- b) スケールの混入防止とスケールの除去
- c) 循環液のPH管理(機械設備の腐食対策と循環液の腐敗防止対策)
- d) 循環液の腐敗防止(防腐剤の添加)
- e) 循環液の濃度管理

参考文献

- 1) 芝 弘：塑性と加工，9，224(1968)
- 2) 草甲，金子：小松技法，22，1(1976)51~60
- 3) 固体潤滑ハンドブック
- 4) 山口章三郎：プラスチック材料の潤滑性

表7 コネクティングロッドの鍛造

項目	水溶性黒鉛潤滑剤	非黒鉛系潤滑剤
主成分	黒鉛粉末 分散剤 接着剤 防腐剤 水	カルボン塩酸 接着剤 防腐剤 水
外観性状	黒色液状	透明液状
固形分(%)	30	30
平均粒径	1	-
希釈倍率	20倍	20倍
金型寿命	約10000個	約10000個
備考	金型温度約150~350	金型一部設計変更ガス抜き孔の設置金型温度約200~350

2.3.2 冷間鍛造の潤滑

(1) 鋼の潤滑

標準的な処理工程と条件

表 1 鋼の潤滑処理条件

No	工 程	標準薬剤	濃 度	温度 ()	時 間 (分)
1	脱 胎	パルクリーン357	3～5%	80～85	3～10
2	水 洗			RT	1～5
3	酸 洗	塩 酸	10～15	RT～40	3～10
		硫 酸	10～15	50～70	
4	水 洗			RT	3～5
5	皮膜化成	パルボンド181X	全酸度 35～60ポイント 促進剤 1～3 ポイント	80～85	5～10
6	水 洗			RT	1～5
7	中 和	パ - レン21	0.1～0.3%	70～80	1～3
8	潤 滑	パループ235	バルブコックナンバー 1.5～3.0ポイント 遊錐酸度	75～85	3～5
9					

各種処理工程

a) 脱脂

ア 注意点

- ・脱脂された浮上油は常に除去し、再付着を防止する。
- ・金属石けんの含有量が多くなると冷却した時に脱脂処理液が固まるようになる。

イ 更新時期

油、金属石けんとも含有量が多くなると脱脂力が低下するので、団化の程度および、アルカリ比（全アルカリ度 / 遊離アルカリ度）の上昇を更新時期の目安とする。

b) 酸洗

ア 酸の種類、濃度、温度、鉄分の影響

酸洗液の濃度、温度、液中の鉄分の量は酸洗作業に大きな影響を及ぼす。酸を加熱すればスケール除去速度は速くなるが、この効果は塩酸の場合より硫酸の方がはるかに大きい。硫酸については温度の効果の方が濃度の効果よりも大きく、温度の上昇と共に酸洗所要時間は短くなる。

イ 注意点

- ・鉄分の管理を十分に行う。塩酸の場合、鉄分の量によって、りん酸亜鉛皮膜の密着性や付着量に影響がある。
- ・オーバーエッチングによってピツティングを起こさないように気を付ける。
- ・鉄鋼中の炭素量が多いほど、また塩酸より硫酸の方が水素脆化を起こしやすい。
- ・スマット（smut、よごれ。俗にカーボンとも呼ばれ、炭素も含まれているが、むしろ Fe_3O_4 を主にしてこれに不溶成分の混ざったもの）の発生については、低合金鋼ほど、高炭素鋼ほど、また塩酸より硫酸の方が発生しやすい。塩酸のスマットは皮膜化成の密着性に悪影響をおよぼし易い。
- ・硫酸の場合、素地のエッチング防止のため、インヒビター（腐食性環境中に極少量添加することにより、金属の表面に保護膜を形成して金属の腐食を著しく抑制するものをいう）が必要になる。インヒビターの量によりりん酸亜鉛皮膜の反応性に影響をおよぼすので注意する。
- ・ショットのみであると皮膜重量が小さくなり、目的の鍛造が出来ないことがある。

表2 硫酸ピッキングと塩酸ピッキングと比較

項目	硫酸ピッキング	塩酸ピッキング
濃度	10～15%	10～15%
温度	低温での脱スケールが遅いため加熱の必要有り 50～70	低温での脱スケールが速いので加熱の必要なし RT～40
鉄分含有量の限度	80～100g/L	100～120g/L
鉄分の素地に対する腐食性	鉄分の増加は素地の腐蝕を小さくする	鉄分の増加は素地の腐蝕を大きくする
鉄分の溶解度	小	大
スマットの生成	大	小
水素吸収	大	小
価格	安い	高い

ウ 更新時期

鉄分の上限值で更新を決める。硫酸で80～100g/L、塩酸で100～120g/Lを目安とする。

c) 皮膜化成(りん酸塩皮膜、例：パルポンド181)

ア りん酸塩皮膜の生成機構

りん酸塩皮膜の生成機構を、りん酸亜鉛皮膜(ホバイト)を例にとって示すと以下の式なる。

(溶解反応)



(皮膜形成反応)



まず式(イ)の反応によって、遊離のりん酸が素地と反応し、陽極部から水素ガスを発生する溶解反応が行われる。これによって素地金属界面のPHが変動し、今までバランスを保っていた第一りん酸亜鉛が加水分解を起こし、式(ロ)が進行して、陰極部に不溶性の第三りん酸亜鉛が析出、成長して結晶化することで、りん酸亜鉛皮膜{ $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ }を形成する。

式(ロ)の $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ の生成の容易さを示すものに化学平衡定数がある。

$$K = \frac{[\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2] \times [\text{H}_3\text{PO}_4]^4}{[\text{Zn}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2]} = \frac{[\text{りん酸塩亜鉛皮膜}] \times [\text{遊離酸度}]^4}{[\text{第一りん酸亜鉛}]^4}$$

全酸度は[第一りん酸亜鉛 + 遊離酸度 × 2]で示されるので、次のように書き換えることができる。

$$\text{りん酸亜鉛皮膜} = K \times \frac{[\text{全酸度} - \text{遊離酸度} \times 2]^3}{[\text{遊離酸度}]}$$

K値は温度によって大きく左右され、低温になるほど小さくなる。要するに、低温になるほどりん酸塩皮膜は生成しにくくなる。一般に、りん酸塩処理液の組成は主成分のりん酸と亜鉛の他、式(イ)及び(ロ)の反応を促進あるいは抑制するために種々の添加剤が使用される。例えば、亜硝酸イオン、硝酸イオン、塩素酸イオンなどの酸化剤や、ニッケル、銅などの重金属イオンが使用されている。イ 皮膜の種類と性質
りん酸塩皮膜は、灰白色または灰黒色で針状結晶や粒状結晶の外観を呈しており、潤滑剤の保持性を良くするためには、ある程度結晶を緻密にすることが望ましい。

写真11)に各種りん酸塩皮膜を示す。

一般にりん酸亜鉛処理をする場合、素材界面には素材より溶出した鉄が必ず存在するので、これを含んだりん酸亜鉛鉄皮膜{ $\text{Zn}_2\text{Fe}(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ }が共存する。前記の(イ)(ロ)式によって生成したりん酸亜鉛皮膜は、ホバイト(Hopeite)と呼ばれる。これに対して、りん酸亜鉛鉄皮膜はフオスフォファイライト(Phosphophyllite)と呼ばれ、これは初期反応界面における鉄分の割合の多少によって、その組成が異

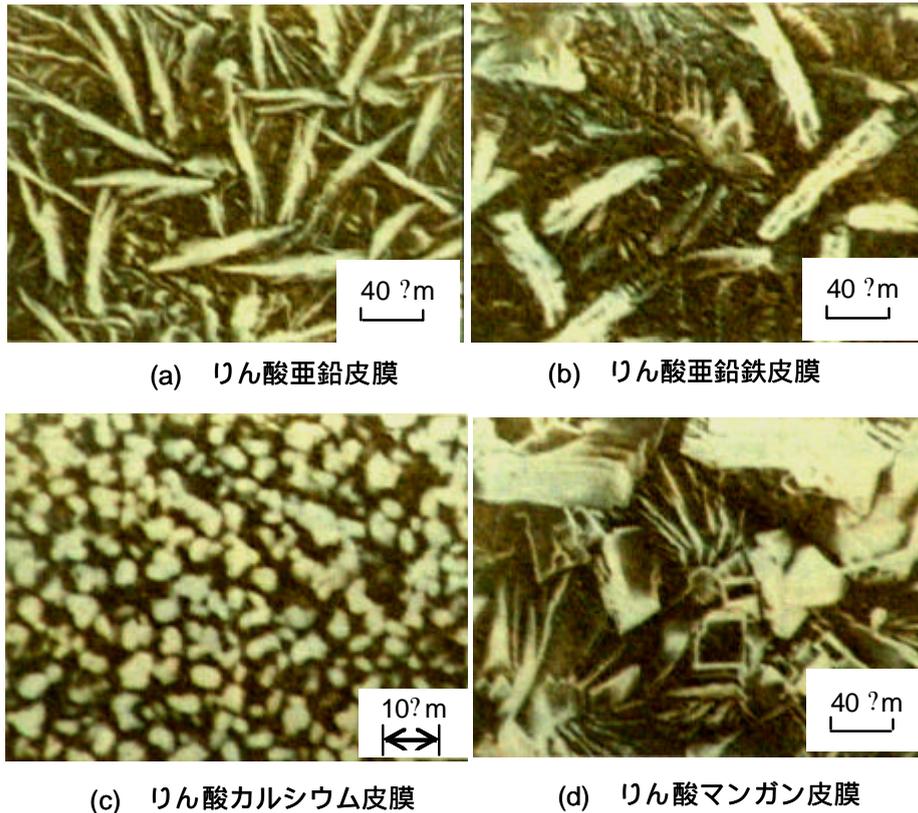


写真1¹⁾ 各種リン酸塩皮膜の結晶写真

なって来る。この他に、耐熱性のあるリン酸亜鉛カルシウム皮膜 $\{Zn_2Ca(PO_4)_2 \cdot 2H_2O\}$ があり、ショルツアイト (SchoIzite) と呼ばれている。このリン酸亜鉛カルシウム皮膜は耐工具摩耗性に優れているが、その効

果を發揮させるには処理液の Ca/Zn 重量比は通常は、0.3 ~ 0.5 の間で使用する。それ以下であると、従来のリン酸亜鉛皮膜と同程度の潤滑性であり、それ以上であると、皮膜が薄くなり、素材の変形に追従できずに焼き付きの原因になることが多い。

ウ 処理液の管理

日常作業において化成処理液はそのバランスを維持するため、遊離酸度と全酸度を測定し、酸比によって管理する。測定法等は以下のように行う。

・遊離酸度 (Free Acid)

処理液 10mL に指示薬ブロムフェノールブルーを数滴加え、0.1 規定苛性ソーダ滴定液で滴定し、要した mL をポイントとする。

・全酸度 (Total Acid)

処理液 10mL に指示薬フェノールフタレインを加えて、0.1 規定苛性ソーダ液定液で滴定し、要した mL 数をポイントとする。

・酸比 (Acid Ratio) = 全酸度 / 遊離酸度にて表す。

・促進剤濃度

サッカロメーターを用いて、スルファミン酸を試薬として測定する。

エ 注意点

- ・温度管理を守る。温度の上下が大きいと酸比が変わり、成分バランスが変わる
- ・促進剤の濃度の巾は出来るだけ小さく取るようにする。
- ・材質により消費量が異なるので、促進剤がなくならないように注意する。促進剤がなくなると鉄分が液中にたまり皮膜の生成状態が異なってしまう。
- ・処理加工負荷が大きくなると促進剤を補給しなくても、処理液の硝酸イオンが分解して促進剤になり管

理ができなくなる。

・主剤のりん酸処理液は強酸性であり、促進剤はアルカリ性なので、原液どうしを混ぜるとす今に反応して、促進剤が分解し、亜硝酸ガスを発生するので、絶対に原液どうしでは混ぜてはならない。

・処理する材質により皮膜重量が変化する。低炭素鋼は化成時間が短いですが皮膜重量が少ない傾向になる。低合金鋼は化成時間が長く皮膜重量は大きくなる傾向がある。皮膜化成を阻害する素材中の元素は、クロム、モリブデン、ニッケル、アルミニウム、ポロン等があるが、りん酸亜鉛皮膜が生成できるかどうかは、これら阻害元素の含有量の合計を計算すれば目安がつく。5%以下であれば基本的には皮膜化成が可能である。

オ りん酸塩処理液の更新時期

基本的には、りん酸塩処理液は更新する必要はないが、酸洗後の水洗が不十分であると、水洗に含有する硫酸イオン (SO_4^{2-})、塩素イオン (Cl^-) が化成液中に蓄積し、りん酸塩皮膜の生成を阻害するようになり更新の必要性が出て来る。その限界は両イオンとも、3 ~ 5g/L である。

カ りん酸塩処理液の廃液処理

処理液のPHは2 ~ 3のため廃液は消石灰または苛性ソーダでPH8.0になるまで中和して、上澄み液は放流し沈澱物は産業廃棄物の専門業者に処理を依頼した方がよい。消石灰と苛性ソーダの違いは、消石灰は沈澱物の沈降は早いですが量は多い。

苛性ソーダは逆である。このため両者を混合して使用する場合もある。

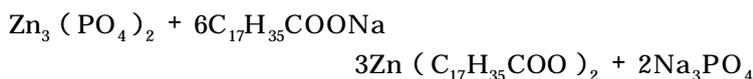
キ 処理液中のスラッジ

りん酸塩皮膜処理液でスラグを処理すると表面を溶解した鉄が促進剤の酸化作用によりスラッジ (FePO_4) を生成する。また皮膜成分になるりん酸亜鉛も一部がスラッジとなり沈降する。スラッジの発生量は、素材材質、処理条件等により異なるが、ほぼ目安として皮膜重量 : スラッジ量は 1 : 1 となる。このスラッジを槽外に取り出す方法としては、通常セットリングタンクによる方法とフィルタプレスによる方法が行われている。除去したスラッジはそのまま埋めると雨水により、亜鉛の流失などがあるので専門処理業者の処理を依頼した方がよい。

d) 反応型石けん潤滑剤 (例 : パループ 235)

ア 生成機構と性質

りん酸亜鉛皮膜は、それのみでは滑り性がない。従って、その上に適当な潤滑剤を付与する必要がある。潤滑剤としては、油系のもので二硫化モリブデンの団体潤滑剤が使用されるが、一般的にはナトリウム石けんをベースにした反応型石けん潤滑剤が使用されている。りん酸塩皮膜処理の後に加温したナトリウム石けん水溶液の中に漬漬すると、次式のように反応して中間層に金属石けんを生成する。



このように生成した潤滑層の断面は、図2のように構成されている。

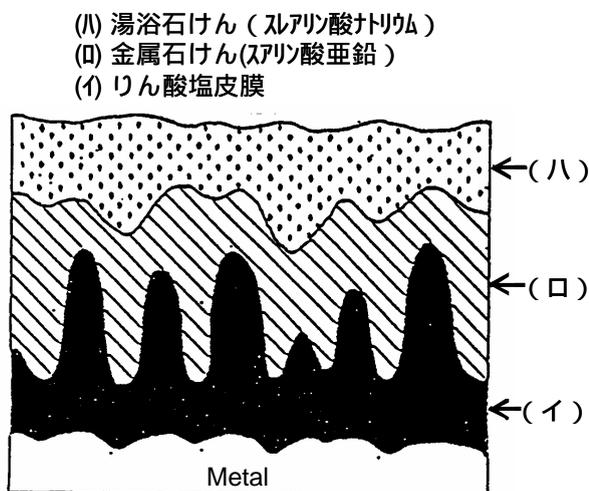


図1 潤滑層の断面モデル²⁾

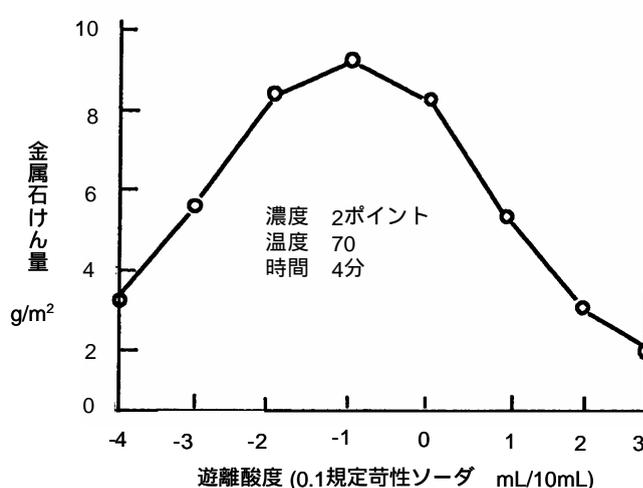


図2 遊離酸度と金属石けん生成量²⁾

この金属石けんの生成量は濃度、温度、時間、PHによって影響を受ける。図3に示すように反応石けんの遊離酸度が、-1ポイントのところ金属石けん生成量のピークがあることがわかる。しかし、反応石けん溶液は、りん酸塩皮膜の溶解、化成液の持ち込みなどによって液中に亜鉛イオン (Zn^{2+})、鉄イオン (Fe^{2+})、りん酸イオン (PO_4^{3-})などが蓄積し、その量が多くなると金属石けんの生成が低下するので液の更新が必要になる。近年、型詰まり、粉塵対策、処理液の寿命延長等の要求が高まり、改良されたタイプのもが開発されている。

イ 液管理

日常作業において反応型石けん潤滑処理液はそのバランスを維持するため、遊離酸度と濃度（パブコックナンバー）を測定し管理する。測定法等は以下のように行う。

・遊離酸度（Free Acid）

処理液 10mL を 300mL コニカルピーカーに採取し、これにイソプロピルアルコール 200mL 加える。更に指示薬フェノールフタレインを 10 滴加えた後、場浴中でふっとうさせる。場浴からはずし、す今に 0.1 規定苛性ソーダ滴定液で滴定し、要した mL をポイントとする。

・濃度（パブコックナンバー）

処理液 10mL を乳胎計に入れ、これにイソプロピルアルコール 10mL と 50%硫酸 10mL を加える。乳脂計を場浴中で 10 ~ 20 分ふっとうさせる。湯浴

からはずし、乳胎計の目盛りに来るまでふっとうしたお場を加える。目盛りの上下を読みとり、その差をポイントとする。

ウ 注意点

・石けん溶液中の遊離酸度を管理するために、前工程の水洗、中和を充分に行い、遊離酸度の中和のための苛性ソーダを使用しないようにした方が液の寿命が永くなる。もしどうしても苛性ソーダを使用しなくてはならなくなった時は、20 倍以上に希釈して、処理液をかき混ぜながらゆっくり投入しなければならない。

・処理液中に皮膜の溶解や処理液の持ち込みにより、亜鉛イオン、鉄イオン、りん酸イオンが増加すると反応性が劣化するので、液中のそれぞれの成分量は分析により量を決めて更新した方がよい。

・処理時間は 3 ~ 5 分が適当である。それ以上瘦漬しても、りん酸塩皮膜が溶解し、液中に不純物を増加させるだけで潤滑膜は増加しない。

エ 更新時期

遊離酸度を管理中の低い所で保つことにより、液寿命は伸びるが、溶解して来る成分は止めることは出来ない。従って、亜鉛イオン、鉄イオン、りん酸イオンが一定以上増加したら更新する。亜鉛 + 鉄イオンが 1.0g/L、またはりん酸イオンが 3 ~ 4g/L を目安とする。

オ 処理液の廃棄

更新時期になった処理液を廃棄する方法としては、以下の方法がある。

- ・そのまま廃棄処理業者に依頼する。
- ・冷却し固まった処理液をそのまま燃焼する。
- ・硫酸で中和し、分離させたステアリン酸のみを燃焼するかまたは廃棄処理業者に依頼する。

潤滑各層の測定方法

りん酸亜鉛皮膜 + 反応型石けん潤滑皮膜は、前述のように、湯溶成分、金属石けん、残存りん酸塩皮膜の 3 層になっており、その測定法は以下のように行う。その測定は、膜厚でなく、単位面積当たりの重量で行われる。

ア 湯溶石けん量（束反応のステアリン酸ナトリウム）

まず、りん酸塩皮膜 + 石けん潤滑した被処理材を表面積（ Sm^2 とする）を測定した後、化学天秤で小数点以下 4 桁まで重量測定する。この重量を $W1$ (g) とする。次に沸騰水中に被処理物を 20 分間瘦漬した後、引き上げ乾燥し、室温まで放

冷し化学天秤で小数点以下 4 桁まで重量測定する。これを $W2$ (g) とする。

$$\text{湯浴石鹸} = \frac{W1 - W2}{S} \quad (\text{g/m}^2 \text{ に換算する})$$

イ 金属石けん量（ステアリン酸亜鉛）

同一の被処理材を下記の準備された溶剤を場浴中で沸とうさせた中に 10 ~ 20 分浸漬した後、引き上げ乾燥し室温に放冷後化学天秤で小数点以下 4 桁まで重量測定する。これを W3 (g) とする。

溶剤組成

イソプロピルアルコール	6 部
n - ヘプタン	3 部
エチルセルソルブ	1 部

$$\text{金属浴石鹸} = \frac{W2 \cdot W3}{S} \quad (\text{g/m}^2 \text{ に換算する})$$

ウ 残存りん酸塩皮膜量

潤滑層を剥離した被処理物を更に 5% 無水クロム酸 (CrO₃) 溶液中に 75 ~ 800、10 ~ 15 分間浸漬した後、引き上げ水洗し、乾燥し、室温まで放冷し化学天秤で小数点以下 4 桁まで重量測定する。これを W4 (g) とする。

$$\text{残存りん酸塩皮膜} = \frac{W3 \cdot W4}{S} \quad (\text{g/m}^2 \text{ に換算する})$$

(2) ステンレス鋼の潤滑処理

ステンレス鋼の冷間鍛造には、材料の加工硬化による鍛造性の乾しさから、オーステナイト系よりもフェライト系やマルテンサイト系の材料が使用される場合が多い。

これらの材質にも、しゅう酸塩皮膜がほどこされ、この上にりん酸塩皮膜と同じ様に反応型石けん潤滑剤や二硫化モリブデン（例：パループ 4649C）などの潤滑剤を併用する。

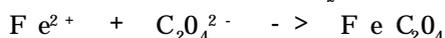
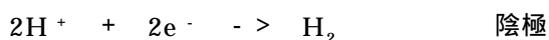
一般的な処理工程は以下の通りである。

表 3 ステンレス鋼の潤滑処理条件

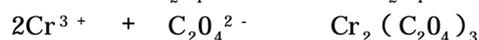
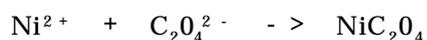
No	工程	薬 剤	濃 度	温度 ()	時間 (分)
1	脱胎	パルクリーン357	3% ~ 5%	80 ~ 85	3 ~ 10
2	水洗			RT	1 ~ 5
3	酸洗	硝フツ酸	硝酸10%フツ酸3%	RT	1 ~ 2
4	水洗			RT	1 ~ 5
5	化成	フェルボンド3809	A2.5 ~ 4.0X BI.0 ~ 1.5% AC160.3 ~ 0.5g/L	85 ~ 90	15 ~ 20
6	水洗			RT	1 ~ 5
7	潤滑	パループ4649C	75 ~ 80%	75 ~ 80	1 ~ 3
8	乾燥	熱風乾燥			

ア しゅう酸塩皮膜の生成機構

しゅう酸水溶液では、次式のように鉄が溶解して水素を発生し、溶解したしゅう酸イオンと反応してしゅう酸第一鉄皮膜を形成する。



また、しゅう酸水溶液はステンレス表面の鉄以外のニッケルやクロムとも反応する。



しゅう酸ニッケルは不溶性であるため、しゅう酸第一鉄と共に皮膜成分になる。しかし、しゅう酸クロムは可溶性のため、皮膜とはならない。

イ 促進剤および活性化剤

ステンレス鋼表面の不動態皮膜は、しゅう酸溶液だけでは溶解しにくく、しゅう酸塩皮膜生成を促進するためには以下の添加剤を使用し、活性化剤と促進剤の共同作用で不動態皮膜を破壊することが不可欠である。

促進剤 (酸化剤): ClO^- 、 $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ 、 SO_3^{2-} 、 NO_3^- 、 NO_2^- 等

活性化剤 : Cl^- 、 Br^- 、 F^- 、 SiFe_6^{3-} 等

写真 2 にしゅう酸塩皮膜写真の結晶写真を示す。

ウ 注意点

・ステンレスの強固な酸化膜を除去するためには、材質にあった酸を選ばなくてはならない。フェライト系、マルテンサイト系には塩酸でもエッチングできるが、オーステナイト系には硝酸・フツ酸の混酸を使用する。

・しゅう酸塩処理液は、フェライト系、マルテンサイト系とオーステナイト系とでは同じ処理液で、濃度、温度、時間、促進剤濃度を変えて処理が可能であるが、出来ればそれぞれの材質にあった専用処理液にて行う方がよい。

・潤滑剤に反応型石けん潤滑剤を使用する際は、しゅう酸塩皮膜の溶解性が極端に高いので、液中にステアリン酸鉄の蓄積が早く液寿命が非常に短い。オーステナイト系および強加工には二硫化モリブデンタイプの潤滑剤が効果的である。

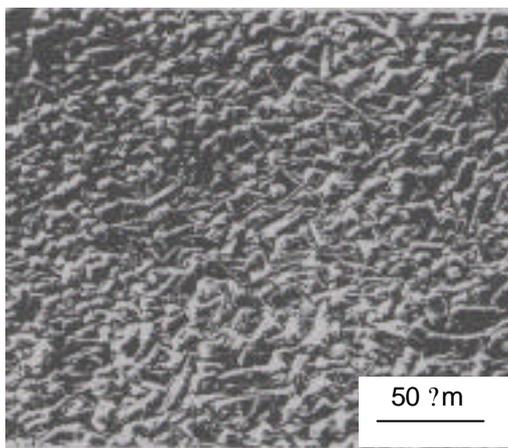


写真2 しゅう酸塩の結晶写真

エ 更新時期

材料中の金属イオン (鉄、クロム) 及び促進剤の分解生成物が蓄積されて次第に化成不良になる。金属イオン (鉄、クロム) が 5g/L になった時を更新の目安とする。

オ 廃液の処理方法

処理液の PH は 2 ~ 3 のため廃液は消石灰で PH8.5 ~ 9.5 まで中和して、水酸化鉄としゅう酸カルシウムを沈澱物として除去し、上澄み液は再び硫酸で PH6 ~ 8 に調整して放流する。沈澱物は廃棄物の専門処理業者に処理を依頼する方がよい。

い。

表 4 チタンの潤滑処理条件

(3) チタンの潤滑処理

ア 処理工程

イ 材質別の処理剤

チタン材は一般的に、

+ につれて、冷間加工性は向上するが潤滑下地の化成性は逆に悪くなる。チタンの化成処理性を表 5 に示す。工業用純チタンにはフツ素・チタン系の皮

No	工程	薬 剤	濃 度	温度 ()	時間 (分)
1	脱胎	パルクリーン357	3 ~ 5%	80 ~ 85	3 ~ 10
2	水洗			RT	1 ~ 5
3	酸洗	硝フツ酸	硝酸10%フツ酸3%	RT	1.0 ~ 2.0
3	酸洗	硫フツ酸	硫酸12%フツ酸5%	RT	0.5 ~ 1.0
4		硝酸	硝酸10%	RT	0.5 ~
5	水洗			RT	1 ~ 5
6	化成	パルメット3855	1.2 ~ 1.5%	60	10 ~ 15

表 5 各種チタン材料に対する化成処理性

材料	結晶構造	化成処理	
		フツ素-チタン系	フツ素-りん酸-チタン系
CP - Ti			×
Ti - 6Al-4V	+		
Ti-15V - 3Cr - 3Sn - 3Al			
Ti - 22V - 4Al			

膜剤が、チタン合金にはフッ素・りん酸・チタン系の皮膜処理剤により化成処理される。写真3にそれぞれの結晶写真を示す。

ウ 注意点

・化成処理に用いる槽、治具、加熱管とも全て、材質は樹脂または樹脂ライニング製でなくてはならない。ステンレス鋼等を用いると化成皮膜が生成しない。

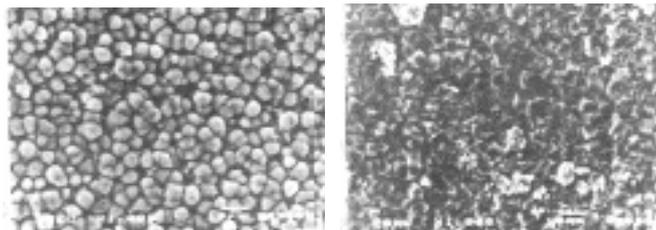
・酸洗は、基本的には硝酸で行うが、合金の種類によってはエッチング出来ない材質があり、その時は硫酸・フッ酸の混酸でエッチングし、硝酸でスマットを除去する方法を採用する。

・潤滑剤は軽度の加工であるならばステアリン酸カルシウムのような金属石けん系でも加工できるが、強加工には二硫化モリブデン系が効果的である。

エ 廃液の処理方法

処理液はフッ化物を含有し、PHが2～3なので、先ず塩化カルシウムでフッ素を吸着し、次に消石灰でPH8.0まで中和する。上澄み液は放流し、沈滅物は廃棄物専門処理業者に依頼した方がよい。

┌10μm



(a) フッ素チタン系皮膜 (b) フッ素・りん酸チタン系皮膜

参考文献

- 1) 園田 栄、土屋 豊：潤滑、33, 7 (1988), 514
- 2) 永栄義男、川邑正男：鉄と鋼、72, 8 (1986), 899
- 3) 小山 隆、澤崎義彦：日本塑性加工学会、第145回塑性加工シンポジウム、P77 (1992)

2.4 熱処理

一般に鍛造品は、目的の硬度・結晶組織・機械的性質の改善の為、各種の熱処理を施す。それらの代表的な熱処理を以下に記す。

2.4.1 焼入れ、焼戻し

焼入れとは鉄と炭素の合金である鋼を、オーステナイト化温度に加熱し、所要の時間保持した後、冷却装置にて急速に冷却し、結晶構造をマルテンサイトに変えて硬化させる操作である。

焼戻しとは、焼入れした鋼は硬いが著しくもろく、大きな内部応力を持っておりそれらを改善する為AI変態以下の適当な温度に均一保持後、空冷或るいは水冷する操作である。

(1) 焼入れの加熱温度及び時間¹⁾

焼入れによりマルテンサイト組織に変態させるためには、鋼をオーステナイト状態に加熱しなければならない。鋼の加熱温度を高くするにつれて、オーステナイト結晶粒は大きく成長し、焼きも多少入りやすくなるが靱性は著しく減少する。

従って、焼入れのためのオーステナイト化温度は、水焼入れの塘合

- ・ 亜共析鋼.....Ac3 変態温度 + 30 ~ 40
- ・ 過共析鋼.....Ac1 変態温度 + 30 ~ 90

又、油焼入れの場合はこれより若干高い温度で処理する。調質用の炭素鋼および低合金鋼のオーステナイト化温度を表1に示す。

オーステナイト化に際しては加熱時間もまた重要である。実際の時間としては

- ・ 材料の中心部まで昇温させる時間
- ・ オーステナイトの生成後、炭化物の固溶が均一化する時間

を考える必要がある。一般に合金元

素が多く含まれている鋼種ほど熱伝導率はちいさく、又オーステナイト生成の為、長い時間加熱する必要がある。図1に炉温900℃の時の鋼材表面と中心部昇温時間と鋼材直径との関係を鋼種別に示しているが、鋼材が太くなる程時間がかかり、低合金より高合金鋼のほうが40~50%ほど長い時間を必要とする。

(2) 焼入れ液の冷却能¹⁾

鋼を焼入れする時は、通常、水や油・ソリブル（水溶性焼入れ液）等の中に投入して急冷する。冷却速度は油よりも水のほうが速くソリブルはその中間程度の速さである。又、焼入れ液の温度や据拝の程度によっても冷却能は変化し、鋼材の冷えかたも冷却途中で変化する。特に、ソリブルに関しては濃度により冷却能が変化するため濃度管理が非常に重要である。

表1 各鋼種におけるオーステナイト化温度²⁾

鋼種	温度(°C)	鋼種	温度(°C)	鋼種	温度(°C)
S25C	860~910	SK6	760~820	SCM440	830~880
830C	850~900	SK5	760~820	SCM445	830~880
S35C	840~890	SCr430	830~880	SNCM431	820~870
S40C	830~880	SCr435	830~880	SNCM625	820~870
S45C	820~870	SCr440	830~880	SNCM630	850~950
S60C	810~860	SCr445	830~880	SNCM240	820~870
855C	800~850	SCM430	830~880	SNCM439	820~870
SK7	760~820	SCM435	830~880	SNCM447	820~870

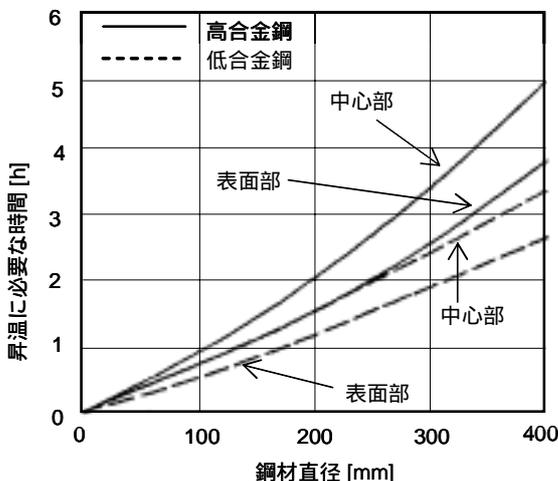


図1 表面と中心部の昇温時間¹⁾

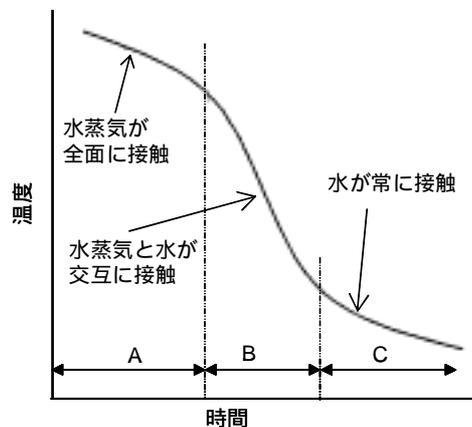


図2 鋼材の冷却過程¹⁾

図2にその冷却過程を示して説明する。冷却の状況はおよそ3つの段階に分けられる。

Aの段階は赤熱した鋼材の表面が水蒸気膜で覆われているため、冷却は比較的遅い。

鋼材温度が600前後になるとBの段階に入り、鋼の表面で激しい沸騰が起こり、水蒸気膜は徐々に破壊され、鋼表面は直接水と接触し急速に冷却される。

約300以下になるとCの段階に入り、水蒸気は発生せず冷却速度は遅くなる。従って、鋼の焼入れではAの部分となるべく短くすることが必要で、焼入れ液を激しく攪拌することにより水蒸気膜を早く破壊できる。又、300以下の冷却速度は遅くして、鋼材の内外の温度差を少なくすると焼割れや焼曲がりが少なくなる。

又、焼入れ晶をそのまま放置しておくとも割れが生じることがある。これを置割れ(時効割れ)と称し、防止策としては焼入れ後直ちに(3h以内)焼戻し処理を行う。

焼入れ液の冷却能力を一般的に表す数値としてHを使用している(液と鋼の境界熱伝達係数と鋼の熱伝導度の比、 $H = \frac{h}{k}$)。表2に静止した水の冷却能

を1.0とした時の各種焼入れ剤の冷却能を示す。

尚、液の温度に関しては、水は低い方が、油は流動性の関係で60付近にあたためた方がよい。

表2 各種焼入れ剤の冷却能¹⁾

焼入れ剤	空気	油	水
静 止	0.02	0.25 ~ 0.30	1.0
静 に	. . .	0.30 ~ 0.35	1.0 ~ 1.1
中 程 度	. . .	0.35 ~ 0.4	1.2 ~ 1.3
十 分	. . .	0.40 ~ 0.50	1.4 ~ 1.5
強 く	0.05	0.50 ~ 0.80	1.6 ~ 2.0
激 し く	. . .	0.80 ~ 1.10	4.0

(3) 焼戻し温度と焼戻し時間²⁾

焼戻し処理された鋼の組織や機械的性質は、焼戻し温度と時間に左右される。

ある鋼を焼戻して一定の硬さにする場合は、温度を高くすると短時間ですむが、低い温度で処理する場合は長い時間を必要とする。

表3 焼入・焼戻処理の温度、機械的性質、硬度³⁾

鋼 種	焼入 ()	焼戻 ()	引張強さ [kgf/mm ²]	硬度 [HB]
S30C	850 ~ 900水冷	550 ~ 650急冷	55以上	152 ~ 212
S35C	840 ~ 890水冷	550 ~ 650急冷	58以上	167 ~ 235
S40C	830 ~ 880水冷	550 ~ 650急冷	62以上	179 ~ 255
S45C	820 ~ 870水冷	550 ~ 650急冷	70以上	201 ~ 269
S50C	810 ~ 860水冷	550 ~ 650急冷	75以上	212 ~ 277
S55C	800 ~ 850水冷	550 ~ 650急冷	80以上	229 ~ 285
SMn420	850 ~ 900油冷	150 ~ 200空冷	70以上	201 ~ 311
SMn433	830 ~ 880水冷	550 ~ 650急冷	70以上	201 ~ 277
SMn438	830 ~ 880油冷	550 ~ 650急冷	75以上	212 ~ 285
SMn443	830 ~ 880油冷	550 ~ 650急冷	80以上	229 ~ 302
SCr415	850 ~ 900油冷	150 ~ 200空冷	80以上	217 ~ 302
SCr420	850 ~ 900油冷	150 ~ 200空冷	85以上	235 ~ 321
SCr430	830 ~ 880油冷	520 ~ 620急冷	80以上	229 ~ 293
SCr435	830 ~ 880油冷	520 ~ 620急冷	90以上	255 ~ 321
SCr440	830 ~ 880油冷	520 ~ 620急冷	95以上	269 ~ 331
SCr445	830 ~ 880油冷	520 ~ 620急冷	100以上	285 ~ 352
SCM415	850 ~ 900油冷	150 ~ 200空冷	85以上	235 ~ 321
SCM420	850 ~ 900油冷	150 ~ 200空冷	95以上	262 ~ 352
SCM430	830 ~ 880油冷	530 ~ 630急冷	85以上	241 ~ 302
SCM432	830 ~ 880油冷	530 ~ 630急冷	90以上	255 ~ 321
SCM435	830 ~ 880油冷	530 ~ 630急冷	95以上	269 ~ 331
SCM440	830 ~ 880油冷	530 ~ 630急冷	100以上	285 ~ 352
SCM445	830 ~ 880油冷	530 ~ 630急冷	105以上	302 ~ 363

通常、200 以下の低温焼戻しでは硬さはあまり低下しないが、降伏点や延性靱性が向上する。又、450 ~ 660 位の高温焼戻しでは硬度と強度の低下を来すが延性や靱性が著しく向上する。

(4) 鋼の焼入・焼戻処理の標準的数値

炭素鋼及び合金鋼の焼入・焼戻温度及び機械的性質、硬度を表3に示す。

2.4.2 焼ならし(焼準)

焼ならしとは、鋼をA3またはAcm点より30~60 程度高い温度に加熱し一様なオーステナイト組織に変態させた後、大気中で自然冷却させる処理である。

この処理の目的は、

- ・微細で均一な組織を得る事。
- ・機械的な性質を改善する事。
- ・機械加工性を向上する事。

である。

(1) 衝風焼ならし

標準的な焼ならしは、上述のように大気中で放冷する処理であるが、最近では鋼の機械的性質(衝撃値、疲労強度)を高めるため衝風冷却する事がある。

(2) 二重焼ならし

鍛鋼品の過熱組織や大形鋳鋼品の粗大な鋳造組織は、一回の炊ならしでは十分な微細化が困難なため下記温度にて二重焼ならしがおこなわれる。

- ・第一回目 Ac3点 + 150 ~ 200
- ・第二回目 Ac3点 + 40 ~ 60

第一回目で拡散による粗大化組織を破壊し、第二回目で組織を微細化する。

(3) 焼ならし焼戻し

中炭素鋼や高炭素鋼で、切削加工や冷間加工を行うものは焼ならしの後硬度を下げるため焼戻しされることがある。この処理には二つのパターンがあり、

a) 通常の焼ならし後炊戻しを行う。

b) オーステナイト化温度加熱後Ar, 変態点直上の温度迄冷却後、焼戻しを行なう。

a)の方法は肉の厚い高炭素鋼に適用され、b)の方法は中炭素合金鋼に適用される例が多い。又、b)の方法は等温焼ならしとも呼ばれ、ペーナイト量を適当に制御できるので、後加工に最適な硬度や組織にすることが出来る。

(4) 鋼の焼ならし処理の標準的数値

炭素鋼の焼ならし処理の温度、機械的性質、硬度を表4に示す。

表4 焼ならし処理の温度、機械的性質、硬度

鋼種	焼ならし()	引破線さ[kg/mm ²]	硬度[HB]
S20C	870 - 920 放冷	41以上	116 ~ 174
S25C	860 ~ 910 放冷	45以上	123 - 183
S30C	850 ~ 900 放冷	48以上	137 ~ 197
S35C	840 ~ 890 放冷	52以上	149 ~ 207
S40C	830 ~ 880 放冷	55以上	156 - 217
S45C	820 - 870 放冷	58以上	167 ~ 229
S50C	810 ~ 860 放冷	62以上	179 ~ 235
S55C	800 ~ 850 放冷	66以上	183 ~ 255

2.4.3 焼なまし(焼鈍)

焼なましの目的は

- ・鋼を軟化すること。
- ・被削性を向上させること。
- ・冷間加工性を向上させること。
- ・所要の顕微鏡組織、機械的性質及び物理的性質を付与すること。

などである。焼なましと言えば「完全焼なまし」をさすことが多いが、一般に焼なましは、鋼を加熱してオーステナイトに変態させ、その後パーライト変態区域を出来るだけ徐冷する熱処理操作である。

(1) 完全焼なまし¹⁾

鋼を軟化する操作の中で最も一般的なもので、炭素鋼の場合は標準のオーステナイト化温度からの炉中冷却操作で十分である。この時の炉中冷却速度は~30 /h程度で、材料温度が500~600 以下になれば炉から取り出し空冷する。

又、合金鋼の場合は単純な焼なまし操作（炉中冷却）では当初の目的を達成することは困難で、後述する等温焼なまし処理を行う。表5に鋼の完全焼なましの条件と硬さを示す。

表5 完全焼きなまし処理の温度、徐冷する温度、硬度¹⁾

鋼種	炭素量(%)	焼なまし温度	徐冷する温度	徐冷する温度	硬度[HB]
S20C	0.18~0.23	870~920()	700 まで	700 まで	111~140
S25C	0.22~0.28	860~910()	700 まで	700 まで	111~187
S30C	0.27~0.33	850~900()	650 まで	650 まで	126~197
S35C	0.32~0.38	840~890()	650 まで	650 まで	137~207
S40C	0.37~0.43	830~880()	650 まで	650 まで	137~207
S45C	0.42~0.48	820~870()	650 まで	650 まで	156~217
S50C	0.47~0.53	810~860()	650 まで	650 まで	156~217
S55C	0.52~0.58	800~850()	650 まで	650 まで	156~217

(2) 等温焼なまし¹⁾

高炭素鋼及び合金鋼に対し、最も多く使用される処理法である。

この処理法は、鋼をオーステナイト化した後、A₁点以下の比較的急速にパーライト変態が進む温度まで冷却し、その後、その温度に保持してオーステナイトをフェライトと炭化物とに変態させ、比較的短時間に軟化させる方法である。

この熱処理方法を完全焼なましと比較して右図に示し説明する。

オーステナイト化温度からの冷却は、完全焼なましは通常徐冷するが、変態温度までは徐冷の必要がないので急冷し、短時間での処理をはかる。

等温保持温度で変態が完了後、炉から取出し空冷する。

(3) 球状化焼なまし¹⁾

球状化焼なましとは、塑性加工や切削加工を容易にし、或いは機械的性質を改善するために炭化物を球状化する熱処理を言う。

この処理法には次の数種類の加熱冷却法がある。

- A_{e1}点直下の温度に長時間保持する。
- A_{e1}点の直上、直下の温度に交互に加熱、冷却を繰り返す。
- 或いはA_{e3}点以上の温度に加熱した後、炉中で非常にゆっくり冷却するか、或いはA_{e1}点直下の温度に長時間保持する。
- すべての炭化物が固溶できる最低のオーステナイト化温度に加熱した後、網状炭化物が生成しないような適当な速度で冷却し、前記のa)やb)の方法で再加熱する。この方法は網状炭化物を含む過共析鋼に適用される。
- オーステナイト化温度に加熱後、A_{r1}以下まで急冷して等温変態させる。

図4に本処理法の炭素鋼と合金鋼の熱処理線図の例を示す

(4) 応力除去焼なまし¹⁾

鍛造、鋳造、機械加工、溶接、などで生じた残留応力を除くために、A₁点以下の適当な温度に加熱した後、徐冷する操作を応力除去焼なましと言う。

加熱時間の影響は温度の影響に対して比較的小さいので、単に600~650程度に加熱すれば良く、長

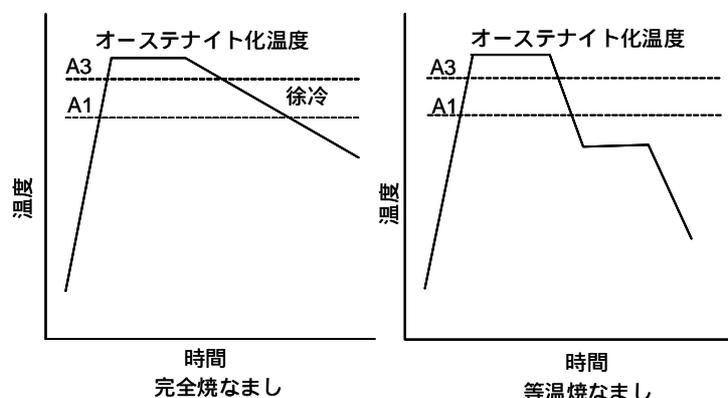


図3 焼きなまし処理の比較¹⁾

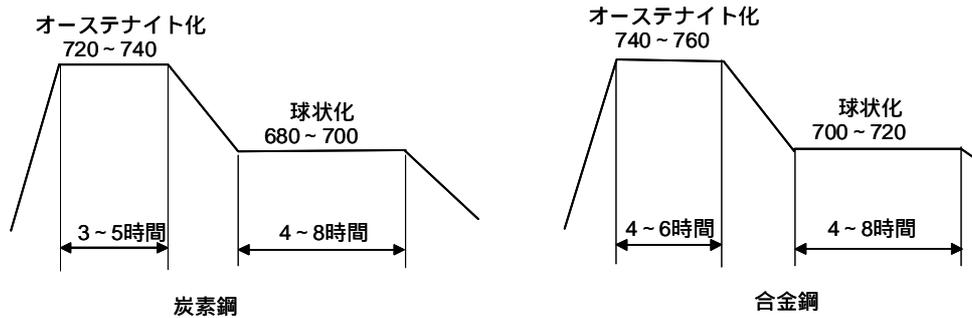


図4 球状焼なましの熱処理線図¹⁾

時間の保持はあまり必要ではない。又、応力除去のための加熱は徐々に行い、加熱時間はSC材で肉厚25mmに付約1時間程度、合金鋼ではこれより幾分長くする程度で良い。

尚、残留応力だけでなく結晶粒の微細化や組織の調整も同時に行う時は完全焼なましか焼ならし処理を行う。

(5) 軟化焼なまし、中間焼なましおよび低温焼なまし¹⁾

大部分の金属及び合金は冷間加工を行うと延性が低下し、硬くもろくなり、それ以上の加工ができなくなる。特に炭素量の多い鋼ほど冷間加工による硬化が激しく、このような鋼を機械切削や冷間加工を続けるためには、一旦軟化させる必要がある。この軟化の方法としてA1点の上あるいは下の温度に加熱して行う方法を軟化焼なましという。

又、冷間加工の途中でA1点以下の温度に加熱して行う軟化焼なましをとくに中間焼なましとよぶことが多い。さらに前記2つの処理と類似した操作として低温焼なましというものがある。この操作は、おもに残留応力の低減と軟化を目的とし、A1点以下で行う処理である。

尚、冷間加工時の熱処理は保護雰囲気を使用し炉内を無酸化状態で行う。

2.4.4 鍛造白熱を利用した熱処理

(1) 鍛造焼入れ

鍛造焼入れとは、1200℃以上の一般的な鍛造加熱温度で鍛造した後、直ちに焼入れし、その後焼戻し処理する方法である。普通の焼入れ焼戻し処理と比較して有利な点は、

- ・オーステナイト化温度が高いため焼入れ性の低い鋼種にも効果的。
- ・鍛造自熱を利用するため焼入れのための再加熱が不要になり熱処理費の低減となる。
- ・設備投資が少なくてすむ。
- ・生産ライン内での連続処理による物流改善。

又、この処理方法を採用する際の留意点は、焼入れ性が高く、残留オーステナイト量が増大するため、残留オーステナイトの再マルテンサイト化による時効割れが発生し易い。そのため、鍛造焼入れ後200℃前後に加熱するか、あるいは直ちに焼戻し処理を行う。

(2) 鍛造焼なまし⁴⁾

自硬性の高い合金鋼は、被削性及び切削加工面を要求される場合には、組織調整のため通常焼きならし処理を行うが、冷却速度の差により、組織と硬さにバラツキが生じる。このため冷却速度の影響が少ない等温焼なましを採用する方法があり、近年これを利用して鍛造後約650℃軽度冷却後、その温度に一定時間保持して変態完了後冷却させる操作が多く使用されている。

本処理は焼ならしと比較して、次のような利点がある。

- ・鍛造白熱を利用するため省エネルギー
- ・設備投資が少なくてすむ。
- ・生産ライン内での連続処理による物流代替

(3) 非調質鋼の熱処理⁴⁾

この熱処理方法は、非調質鋼を使用することにより、通常の焼入れ焼戻し処理をせずに鍛造後の冷却によって、調質品と同程度の硬さを得られるものである。

非調質鋼とは、炭素鋼に約0.1%以下の（バナジウム）を添加し、炭窒化物の析出強化を図り、Mn、Crの固溶体強化によって硬さを得るもので、通常の調質鋼と同程度の硬さ・強度を有するが、衝撃値は大きく低下し、ほぼ1/2～1/4程度である。この方法の注意点は、

- ・材料成分が組織と硬さに与える影響が非常に大きい。
- ・冷却速度が速いほど表面が硬くなるため、均一に冷却させること。

である。

さらに調質鋼と比較しての利点は、前記(1),(2)のほかに熱処理歪による変形が少なく、硬さのバラツキが少ないことである。

2.4.5 各熱処理後の組織写真⁴⁾

前項までの各種熱処理を行った時の組織写真例を次ページ(P100)に示す。

2.4.6 各種熱処理設備

鍛造品の熱処理として代表的な設備を具体例として以下に記す。

(1) 焼入れ焼戻し設備

下図に小物用焼入れ焼戻し処理の代表的設備としてメッシュベルトタイプの炉を示す。

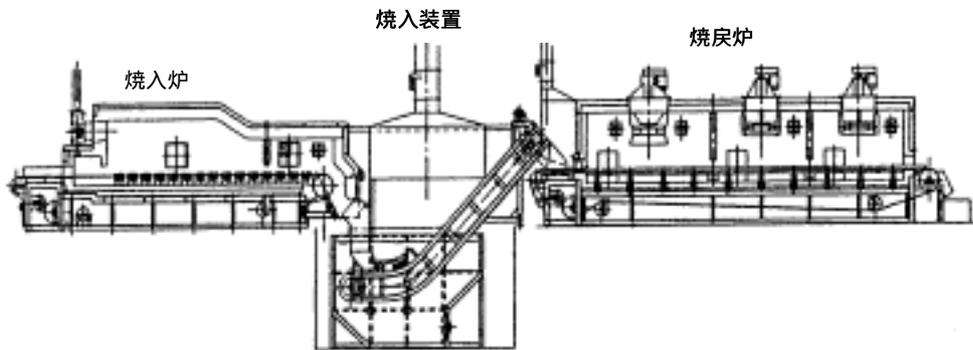
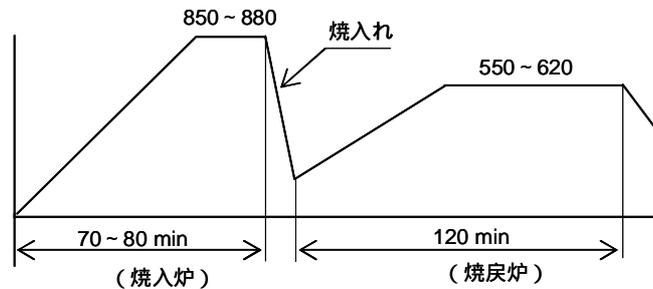


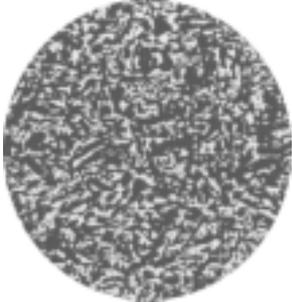
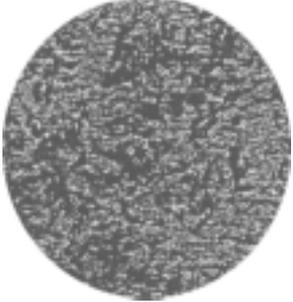
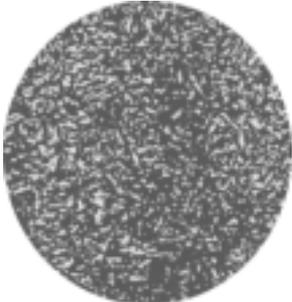
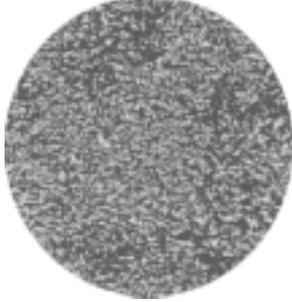
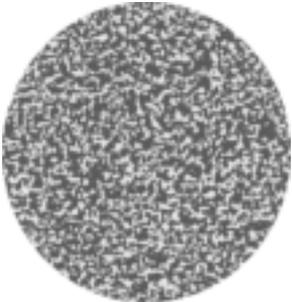
図5 メッシュベルト式焼入れ焼戻し炉設備

設備の仕様

- | | | |
|---------------|-----------|-------------|
| a) 処理材 | 小物鍛造部品 | |
| | 単重 | 0.5～6.0kg/p |
| | 寸法 | ～400mm以下 |
| | 材質 | SC、SMn材 |
| b) 処理量 | 1,000kg/h | |
| c) 標準温度スケジュール | | |



- | | |
|---------|---------------------|
| d) 焼入れ液 | 焼入油 |
| e) 熱凍 | LPG (650,000kcal/h) |
- (2) 焼ならし設備

炭素鋼 S40C	クロム鋼 SCr440 (旧 SCr4)
 <p>試料形状熱処理 22 焼入 化学成分(%) C 0.42, Si 0.25, Mn0.74 腐食液 1% Nital 腐食時間(sec) 40 sec 組織の解説 マルテンサイト 倍率 × 500 備考</p>	 <p>試料形状熱処理 15 焼入 熱処理条件 850 × 20min 0.Q 化学成分(%) C 0.41, Si 0.22, Mn 0.70 P 0.019, S 0.012, Cu 0.19 Ni 0.09, Cr 0.97 腐食液 5% Nital 腐食時間(sec) 30 sec 組織の解説 マルテンサイト 倍率 × 500 備考 硬度 HB 522</p>
 <p>試料形状熱処理 22 焼入 化学成分(%) C 0.42, Si 0.25, Mn0.74 腐食液 1% Nital 腐食時間(sec) 40 sec 組織の解説 ソルバイト 倍率 × 500 備考</p>	 <p>試料形状熱処理 15 焼入 熱処理条件 850 × 20min 0.Q 600 × 1hr 0.T 化学成分(%) C 0.41, Si 0.22, Mn 0.70 P 0.019, S 0.012, Cu 0.19 Ni 0.09, Cr 0.97 腐食液 5% Pieral 腐食時間(sec) 30 sec 組織の解説 ソルバイト 倍率 × 500 備考 硬度 HB 288</p>
 <p>試料形状熱処理 22 焼入 化学成分(%) C 0.42, Si 0.25, Mn0.74 腐食液 5% Nital 腐食時間(sec) 20sec 組織の解説 パーライト+フェライト 倍率 × 500 備考</p>	 <p>試料形状熱処理 15 焼入 熱処理条件 850 × 420min F.C 化学成分(%) C 0.41, Si 0.22, Mn 0.70 P 0.019, S 0.012, Cu 0.19 Ni 0.09, Cr 0.97 腐食液 5% Pieral 腐食時間(sec) 10 sec 組織の解説 パーライト+フェライト 倍率 × 500 備考 硬度 HB 179</p>

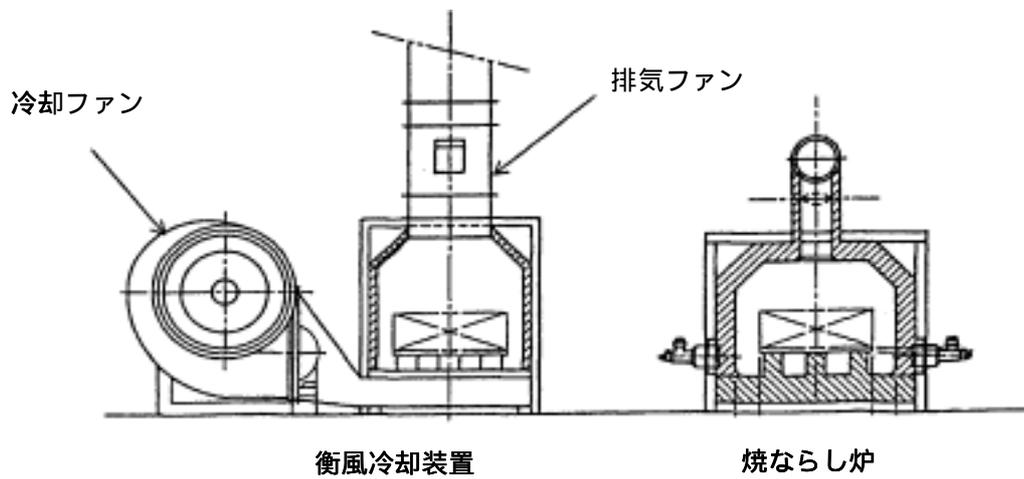
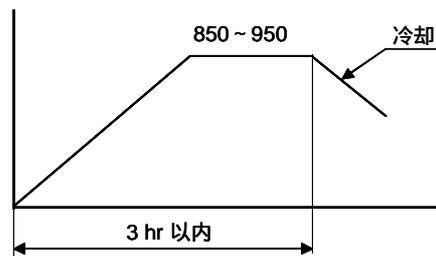


図6 バッチ式焼ならし設備

本設備の仕様

- a) 処理材 小物、中物、大物鍛造部品
 単重 4 ~ 100kg/p
 寸法 max70 × 660
 材質 SC、SMn材
- b) 装入量 2,000kg/charge
- c) 標準温度スケジュール



- d) 熱源 都市ガス (800,000kcal/h)
- (3) 焼きなまし設備

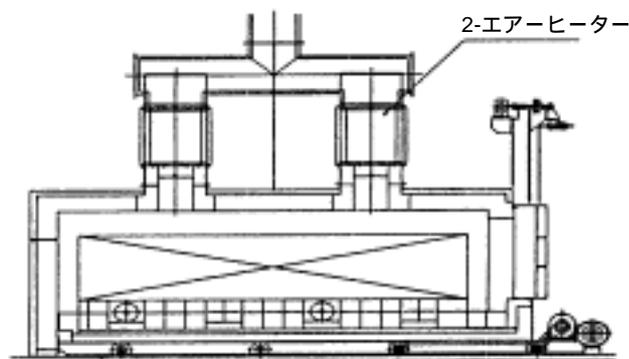
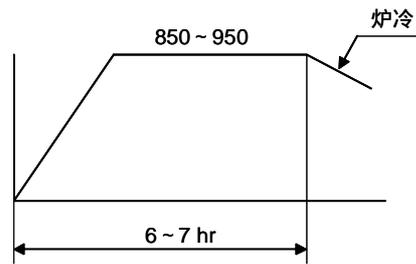


図7 台車式焼なまし炉設備

本設備の仕様

- a) 処理材 中物、大物鍛造部品
- b) 装入量 3,500kg/charge

c) 標準温度スケジュール



d) 熱源 LPG (1,200,000kcal/h)

(4) 応力除去焼きなまし設備

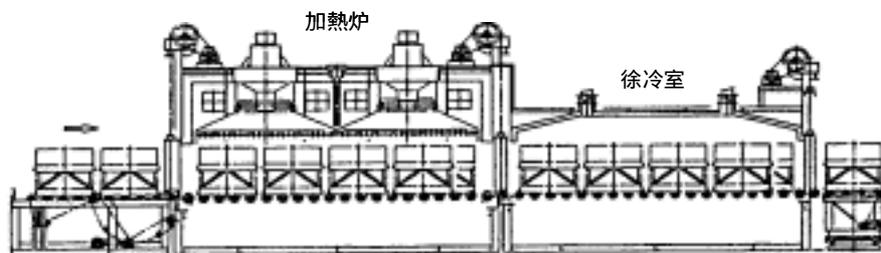
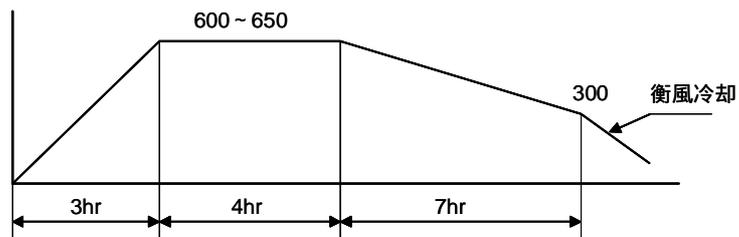


図8 ローラーハース式応力除去焼きなまし炉設備

本設備の仕様

- a) 処理材 小物、中物、大物鍛造部品
- b) 装入量 1,500kg/charge
- c) 標準温度スケジュール



d) 熱源 LPG (600,000kcal/h)

(5) 鍛造焼きなまし設備

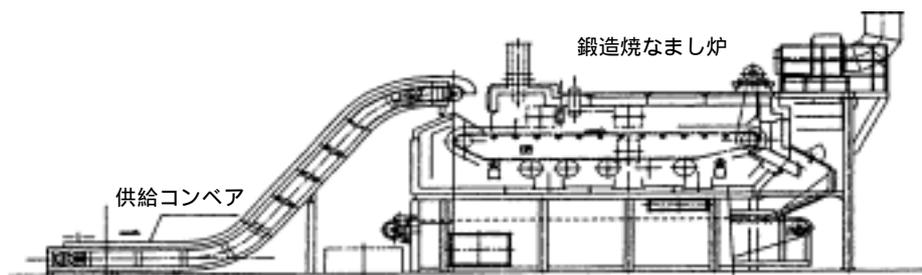
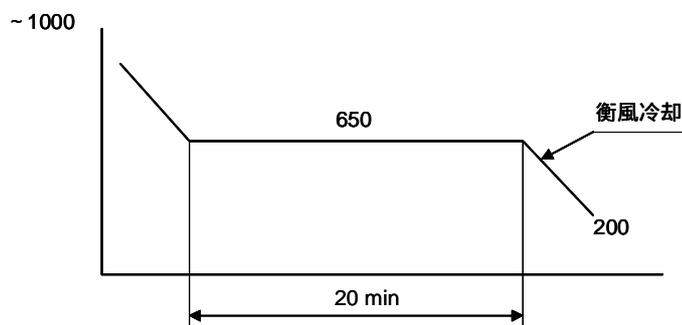


図9 リンクベルト式鍛造焼きなまし炉設備

本設備の仕様

- a) 処理材 各種鍛造ギヤ部品
- b) 装入量 ~ 1.0kg/charge
- c) 標準温度スケジュール



- d) 熱源 ブタンエアガス (250,000kcal/h)

(6) 各種設備の管理項目

前記、各種熱処理設備の基本的な管理項目を記載する。

作業中の管理

a) 温度管理

- ・各種熱処理炉及び冷却装置等の温度がそれぞれ所定の温度で制御されているか。

b) コンベヤ速度

- ・各種コンベヤ (炉内、材料搬送、冷却) が所定の速度で運転されているか

c) 処理材料の管理

- ・材料供給量は仕様範囲以内か。
- ・異材の混入はないか。
- ・処理材が炉内及びコンベヤ外に落下していないか。

d) ユーティリティの管理

- ・電気、水、燃料、圧縮空気等の一次側供給圧力及び量、温度が正常か。

e) 潤滑油の給油

- ・各種軸受けへの給油量及び給油間隔は所定通り行われているか。

設備保全管理

a) 炉内耐火物、耐熱鋼等の管理

- ・炉内で特に高温にさらされる築炉材料や耐熱部品に破損、亀裂、脱落等の損傷はないか。

b) 各種駆動部品の管理

- ・各種搬送装置関連のローラー、車輪、軸、軸受け、チェーン、ホイール、パッキンとうに廃耗や損傷がないか。

c) 燃焼機器の管理

- ・燃料/空気の比に設定ズレはないか。
- ・バーナーの燃焼状態は正常か。(パイロットバーナー含む)

d) ヒーターの管理

- ・瀬電、断線、或は損傷はないか。

e) 各種配管の管理

- ・各種配管からの滴れや亀裂、継手類の緩みはないか。

f) 電装設備の管理

- ・各制御盤等の表示ランプが切れていないか。
- ・各種計器類、センサー類は正常に作動しているか。

参 考 文 献

- 1) 田中良平；熱処理技術講座 NO1 基礎編、日刊工業新聞社
- 2) 飯島一昭；熱処理技術講座 NO2 技術編、日刊工業新聞社
- 3) 編集委員会；鋼の熱処理 改訂 5 版、社団法人日本鉄鋼協会
- 4) 吉田実、中村峻策；鍛造技報第 29 号 1987 年
- 5) 編集委員会；金属熱処理技術便覧 [増補改訂版]、日刊工業新聞社 1964 年

2.5 仕上・検査

ここでは、仕上として鍛造作業後、熱処理後に発生する鍛造品表面のスケール除去等の表面処理、鍛造品の曲がり等変形の矯正処理、防錆処理等を取りあげる。

また、検査として鍛造作業の各工程において必要とされる検査とその内容について述べることにする。

2.5.1 仕上

(1) 鍛造品の表面処理

鍛造品は、鍛造作業及び熱処理作業によって、その表面にスケールが付着する。そのため、鍛造品表面の欠陥を検査する前に、このスケールを除去し、欠陥を容易に正しく検査できるようにすることが必要となってくる。

またスケール除去は、機械加工を行う場合にも、刃物寿命の延長に効果がある。

特に型鍛造品では、部分的に機械加工を実施し、他は鍛造肌のまま部品として使用することも多く、その場合、スケール除去は欠くことのできないものである。

一般的なスケール除去方法としては、機械的方法としてブラスト法、化学的方法として酸洗い法が用いられる。

ブラスト法

適当な大きさの粒状の研磨材を鍛造品表面に打ち当て、表面のスケール、さび、その他の異物を除去する方法をブラスト法又は吹付け加工法という。

ブラスト法は、吹付け粒子の種類によって、砂を用いるサンドブラスト法、鋼の粒を用いるショットブラスト法、また鋳鋼ショットのうち鋭い角のあるグリッドを用いるグリッドブラスト法などがある。

また、それら粒子の噴射方式によって、乾式(ドライブラスト)、湿式(ウェットブラスト)、液圧式(ハイドロブラスト、あるいは液体ホーニング)の名称が付けられている。

そのほか、ブラスト法は吹付け面に対して、ピーニング、研削、クリーニング、つや消しなどの役目も果たす。

a) サンドブラスト法

サンドブラストは、ノズルから4～6気圧の圧縮空気で、碇砂の粉末を鍛造品に吹き付け、スケールを除去する作業である。しかし、この方法は、作業者が碇砂塵埃を呼吸して矽肺病になりやすく、またマスク程度ではこれを防止できないため、現在では鍛造品の表面処理として用いられなくなっている。

b) ショットブラスト法

ショットブラスト法は、ショット又はグリッドを約2,000rpmの高速で回転する羽根車によって投射し、鍛造品を清掃する作業である。

研掃力は、サンドブラストの6倍以上あり、使用されるショット又はグリッドには、鋳鉄、鋳鋼、カットワイヤーなどがあるが、いずれも破碎の少ないものを使用する必要がある。

また、表面清掃だけでなく、表面硬化を目的としたものをショットピーニング法という。

これは、ショットを鍛造品の表面に投射して、表面層に残留圧縮応力を生ぜしめ、かつ加工硬化によって、これを強化する一種の表面加工硬化法であり、ショットピーニングにより疲れ強さが増加するので、シャフト、ピンなどの表面加工に用いられる。

ショットピーニングの程度を定量的に表現するには、アルメンゲージを用い、その盛り上がり高さによって行う。

ショットブラストの型式は、処理する鍛造品の形状、大きさ、量によって、エプロンコンペヤ式、画転ドラム式、テーブル式、台車式、ハンガー式など種類がある。

a) エプロン式ショット

現在ショットブラストではこのエプロンタイプが多く用いられている。鍛造品はエプロンコンペヤによって攪拌されながらショットが行われ、ショット完了後の鍛造品は、コンペヤを逆転することによって外に排出され構造となっている。

表1 ショットの化学成分

C	Mn	Si	P	S
0.3	0.03	痕跡	0.01	0.015

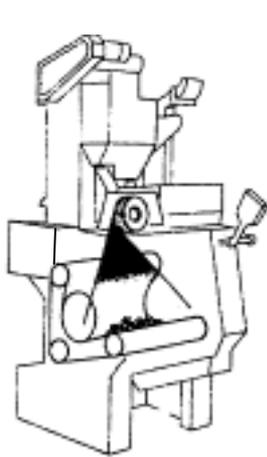


図1 エプロン式ブラスト構造

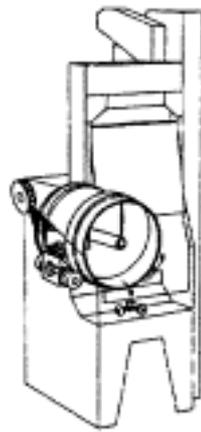


図2 ドラムブラスト構造



写真1 エプロンタイプ式ブラスト外観
新東プレータ株式会社

brator.sinto.co.jp/TOP-PAGE.html

b) ドラム式ショットブラスト

ドラム式ショットブラストは、回転するドラムにそったスクリューによってドラム内の鍛造品が回転挽拌され、ショットが表面に投射されるようになっている。投射後の鍛造品の排出はドラムの逆転によって行われる。

c) 連続式ショットブラスト

大量生産の鍛造品については、連続式のショットブラストが採用されている。ショットブラスト内部ではスクリューによって鍛造品を順次送り込みながらショットブラストされ、出口より排出される構造となっており、連続したショットブラスト作業を可能にしている。



図3 連続式ショットブラストレイアウト

(2) 酸洗い

鍛造品表面のスケールを除去したり、表面欠陥を発見するために、酸液に浸漬後、洗浄する作業を酸洗という。

酸洗いには、厚いスケールの除去に用いられ、比較的長時間酸液中に浸漬するピッキングと、スケールを除去した後に生じたさびや薄いスケールを比較的短時間酸液中に浸漬する酸浸漬とがある。

いずれの場合でも、鍛造品に付着している油脂、潤滑剤及びその他の付着物を酸液で取り除くことは困難であるため、酸洗い前に、あらかじめ十分に除去するか、又はアルコール液に浸して完全にきれいにしてから、酸液に漬けるべきである。

また、酸洗後は、清水や温湯でよく洗浄し、圧搾空気などにより水分を除去乾燥させることも重要である。

温水を用いるのは、この乾燥を速くし、表面のさびの発生を防ぐことにも役立つ。

酸洗いに使用される酸は、一般的には、塩酸、硫酸、硝酸などであるが、このうち約5～15%の希塩酸水(温度40～500C)が多く用いられている。

また中和液として、石灰乳の飽和水溶液、又は20%の苛性ソーダ水溶液が用いられる。酸洗い作業での注意点は、製品の表面も腐食してしまうオーバーピッキングである。

そのため、酸化液槽内にインヒビターと呼ばれる酸洗い抑制剤を加え、スケールのみを溶解させ、鍛造品の表面に保護皮膜を形成させ、その溶解作用を防止する方法が取られている。インヒビターとして用いられるものには、ゼラチン、にかわ、タンニン、アニリン、キノリン、ピリジンなどの有機物があるが、そのほか同様の作用を起こす無機物も用いられる。酸洗い用タンクの大きさは、製品の大きさ、重量によって適量の液が入られる容量が必要である。普通2個のタンクを備え、第一のタンクは酸洗い用の液、第二のタンクは水洗い用で、いずれも適量な温度が保たれるような構造になっている。

タンクは、厚さ100mm程度の木製板を組み合わせた槽の内側に鉛の内張りをするか、あるいはコンクリート槽の内側に木板張りをしたものである。いずれのタンクも、適当な温度を保持させるためにスチームパイプを配備して液中に噴出するようにすれば、温度の調節も容易である。

また、排水や沈殿物の処理用に、両側にパイプを備えることが必要である。

また、酸洗い作業場は、その場内に酸蒸気を滞留させないように、排気設備を設置することが必要である。

2.5.2 曲げ矯正・サイジング

鍛造品の後処理として、曲りの矯正工程及び寸法精度を良くするためのサイジング工程を附加することがある。これ等の工程を行うために、各種プレスが使われる。最近では、自動曲り矯正機も使われるようになってきている。

(1) 曲げ矯正

鍛造時、熱処理により生じた曲がりの矯正法として、後述する冷間コイニングと同時に矯正する方法と油圧プレス、フリクションプレス等のプレスを利用して単独に矯正する方法および片手ハンマにより矯正する方法がある。しかし、一般的にコイニングとの併用では、曲がり矯正は完全ではなく、その後、再度矯正するケースが多くなっている。

クランクシャフトの曲り矯正の自動化の例

クランクシャフトはコンペア上のローラで両端が支持され、所定のプレス内に入ると、クランクシャフトは両端でチャックで回転し、センサーにより曲がり角がチェックされ、外部に設置されたデジタル表示計に表示される。

その場合、曲がり角が規格外であれば、曲がり矯正用油圧プレスの圧子が降下し、中央部を加圧曲がり矯正する。油圧プレスの圧子の下降距離は、曲がり角の大きさにより、予めテストにより求め標準化して設定してある。その後、再度曲がり角チェックして合格であればラインが可動し、作業員がいない状態で自動作業が行われる。

長尺シャフトの矯正自動化の例

メインシャフト、リヤアクスルシャフト等の長いシャフト類の曲がり矯正には、冷間加工ラインで、細部

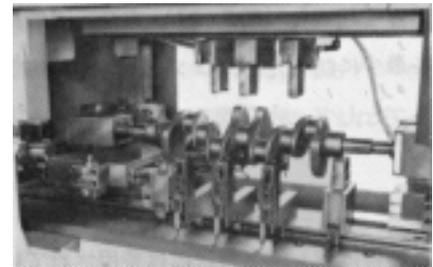


写真2 クランクシャフト曲がり矯正

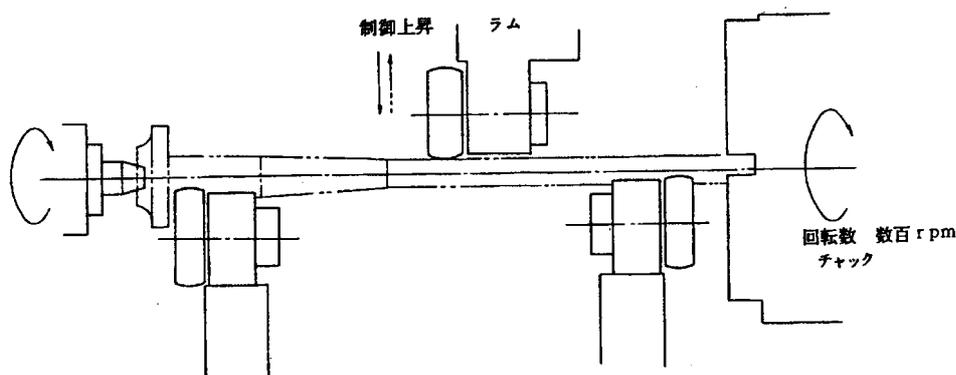


図4 軸物曲がり矯正

の絞りから曲がり矯正まで自動化している。曲がり矯正方式は製品の両端をチャックして回転し上ロールで加圧制御し、自動矯正している。

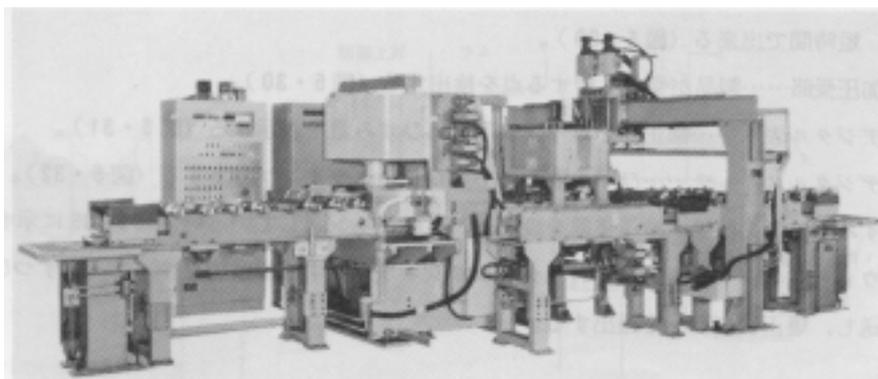


写真2 全自動曲がり矯正器

(2) サイジング

最近、精密鍛造の要求が多くなり、熱間鍛造後、冷間コイニングを行う部品が増加している。冷間コイニングには、下死点付近でスピードが遅くなるナックルジョイントプレスがよく使われるが、クランクプレス及び油圧プレスも使用される。

2.5.3 さび止め

鍛造品のショットプラストした後、さび発生を一時的に防止するためにさび止め油を塗布する。この場合、移動ができるスプレー装置で防錆油を噴霧状に吹き付けるか、バックのまま油槽にドブ漬けすることもある。さび止め油剤は、石油系炭化水素、石油化学製品を主体として作られている。JIS規格として、ZOIO3 さび止め用語、Z1801 溶剤希釈形さび止め油、Z1802 さび止めベトロラクタム、Z1803 さび止め潤滑油、Z1804 指紋除去型さび止め油などがある。



写真4 冷間コイニング自動プレス
アイダエンジニアリング(株)

www.aida.co.jp/html/product.html

2.5.4 検査

鍛造品の検査について型打鍛造での工程は、つぎのように分類できる。材料検査、金型検査、試打品検査、鍛造中の自主検査および熱間パトロール検査、中間工程の一次検査と最終の完成検査などが挙げられる。この他に顧客との取り決めや特殊工程で行なう材質試験がある。鍛造品は製造工程が長く、工程ごとの検査を必要とする、それは、鍛造加工による、外形の変化と同時に内質の変化も起っているためである。この検査の目的は鍛造品の検査を通して、顧客の高い評価と信頼性が得ることと、自社の製造工程で、欠陥等の早期発見により、最小限の損失に止めることである。鍛造品の検査はこのような役割があり、適正な検査方法で行なうことが大切である。

鍛造品の検査手順は製造工程に沿って、つぎのように進める。材料受入検査 金型検査 試打ち検査 工程内自主検査及びパトロール検査 自主チェック及びパトロール検査 完成検査の順になる。主な検査の内容を述べる。

(1) 材料受入検査

材料受入検査は鋼材が搬入された時点で行う。

材料受入検査をする前に鋼材購入の仕様を予め知っておけば検査判定に役立つ。顧客との取り決め事項及び自社の製造条件により特別に要求されている事項があればそれを知って検査する。

鍛造品に使用される材料の仕様は、特別な場合を除いて、JIS規格に準じている。具体的にはJIS SG4051以降に記述されており、JISの項目と顧客の要求事項を含む鋼材購入仕様書としている。

近年、日本の製鋼技術は世界のトップレベルにあり、管理面もコンピューターで行なわれ鋼材の品質管理は万全の体制で供給されている。

このような信頼性の高い鋼材は品質協定により受入検査無しでも安心して使用できる、しかしながら、鋼材の入手が不安定な場合、厳密な受入検査が必要である。材料検査の中で最も重要な項目は、異材混入の問題である。万一の場合を考えれば鋼種判別は重要である。

(2) 材質検査方法

鋼種を判定する方法には化学分析法 (JISG0321) 分光分析法 (JISG1202) などがある。簡易鑑別法として火花試験法がある。

火花検査

表2 火花試験

No.	項目	内容
1	目的	1)不明鋼種の推定 2)異材混入の場合は異材鑑別又は混入の有無の確認
2	火花	図示の通り <div style="text-align: center;"> <p>図1 火花の形及び名称</p> </div>
3	器具	1)試験条条件はできるだけ一定にする。 2)グラインダー 観察するに十分な火花が放出し得るもので、電動形と圧縮空気形がある。 3)砥石 (JISR6210) 粒度36又は46結合度P又はQを用い、円周速度20m/s以上で使用する。 4)補助器具 風の影響を防ぎ、直射日光を避け、暗幕あるいは可動暗箱を使用する。
4	標準資料	1)化学成分既知の棒鋼を用意する。 2)表面層の変質を除いた資料であること。
5	試験方法	1)同一器具、同一条件で行う。 2)薄暗い室内で行う。 3)風の影響を避け、風上に向かって火花を放出させない。 4)母材の化学成分を代表とする火花の放出をする。表面の脱炭層、ガス切断層、スケールなどは避けるか除去をする 5)試験品は一定の圧力で押し、0.2%の炭素鋼で火花の放出長さは500mm程度とする。 6)火花の見方は見送り方式、傍見式で行う。 7)火花の観察は根本、中央、先端に渡り流線、破裂の特徴について細かく観察する。

この方法は、やり方の簡便さから広く用いられているが、鋼種の判別には相当の熟練を要する。JIS(G0566)に定められている火花試験方法を表に示す。

(3) 金型検査

金型は使用する前に図面通りに出来上がっているかチェックと万が一不具合があれば修正を行う必要がある。

最近、金型加工機がの進歩し、放電加工法や直彫彫刻機などにより、金型精度は格段に向上して来た。金型の測定方法についても従来の石膏による罫書検査の他に三次元測定機の使用が広まっている。

曲面や隅Rなど細部までが定量的に測定できるようになった。金型を検査するに当り、重要な検査項目を挙げる、

- 1) インプレッション寸法
- 2) フラッシュ寸法、形状
- 3) R形状
- 4) 面粗さ
- 5) ハンマー型ではシャンク、ダウエル、インローなど
- 6) 上、下型のずれ
- 7) 硬さ
- 8) ダイハイト
- 9) ノックアウト寸法
- 10) スリーブ、ガイドダイスなどがある。

抜型は鍛造品の品質への影響が大きく、当て金、受金及び抜刃などキメの細かいメンテナンスが必要である。最近、鍛造品の精密化に伴い、金型、抜型加工の精度向上し、測定技術の高度化の要求も高くなって来ている。

金型検査方法もハイテク機器を利用し、より合理的な検査がリアルタイムで行なわれるようになってきている。

(4) 試打ち検査、けがき検査

試打ち検査とは鍛造機に金型を取り付け、鍛造品図面の虫差を満たされているか、その公差の中のどのレベルにあるかを知る初物検査である、新しく彫刻された新作金型、新製品、新工法の金型、設計変更又は工程変更された金型などでは不具合の発生が高く、初物検査は重要である。

検査項目としては、全寸法、外観(肌不良・当りきず・欠肉・ばり凸・ばりかえり)磁気探傷、かたさなどがある。

全寸法の測定は、通常罫書検査を行なう。罫書検査は、機械加工の初工程の基準と一致した基準で測定せねばならない。鍛造品図面にはこの加工基準が明示される必要がある。

最近では三次元測定機で使用している。この場合、鍛造品は機械加工品と比べ、R形状や抜勾配が多く、図面上の寸法は、鍛造品では、架空の寸法となり、プログラムの設定時はこの点を計算し、測定ミスがないように注意する必要がある。ここでは外観検査について述べる。

外観検査

製品各特性ごと、注意深く目視チェック必要がある。チェック項目を表に示す。

鍛造品の外観検査では、判断にあいまいさが出る場合、予め限度見本を作成し、検査員の判定レベルの統一化が大切である。

(5) 完成検査

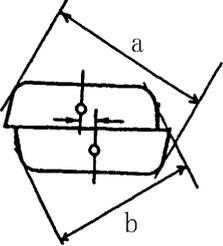
最終製品の出荷前に行う検査であり、顧客に対し品質保証を行う目的で実施される。

顧客との間では品質仕様を確定し完成検査標準を作成しておく必要がある。完成検査標準には検査規格、検査項目、検査方法を規定しておかなければならない。

安定した工程においては型鍛造品は抜き取り検査が行われるが、その検査で不良品が発見された場合、そのロットについては全数検査を実施している。ここでは非破壊検査の代表例として磁気探傷検査について記述する。

磁気探傷検査

表3 外観検査方法

No	特性	方法
1	型ずれ	<p>1) ばり面部で上下型のずれを見る。 この時抜きずれ混同しないように注意する。</p> <p>2) 型ずれの簡易測定</p> <p>(例)</p>  <p>型ずれ</p> <p>隅Rの肉の不足に注意する。</p> <p>3) 罫書 型ずれによる黒皮残りは以外と多発しやすい、肉不足厚み(-)傾向のものは必ず罫書測定によるチェックをする</p>
2	欠肉	<p>1) 型ずれと同様に黒皮残り多発の原因が高く罫書測定やコントレーサーで許容限界内、加工代のチェックを行う。</p> <p>2) 穴加工をしている場合、深い穴ほど内径のヒケなどによる変化が見過ごされやすく、断面切断によるチェックが必要である。</p>
3	当たり傷	<p>1) 鍛造品の搬送、落下による場合が多いが中には、抜け刃によるエッジ状の当たり傷がある。</p> <p>2) 黒皮のままで使用される箇所は有害な傷である。</p>
4	肌不良	<p>1) スケールの焼き付きがショットブラスト後、鮮明に肌不良として現れる。</p> <p>2) 黒皮のままで使用される部位は悪影響の要因になる。</p>
5	ばり凸及びばりかえり	<p>1) ばり抜きで抜刃のメンテが悪い場合に多発する。</p> <p>2) 最近では商品価値以外にばり及びかえりは安全上の問題になる。</p>

鉄鋼でできている鍛造品は電流を通すと、磁性体であるため、表面および表面直下にきずがあれば透磁率が変化し、漏洩磁束が生じる。そこに磁粉が散布されれば、磁粉が吸着され、きずの存在が発見できる。J SGO565に漏洩磁束探傷試験方法が細かく記載されている。

鍛造品の磁気探傷検査は品質保証上重要項目の一つであり、現場での条件管理が大切である。

点検項目中特に大事なことは検査品が確実に磁化されていること。磁粉液、濃度の毎日の点検、ブラックライトの照度のチェックなどがある。

鍛造品のきず検査、見方としては、複雑な形状程きずの発生箇所が分散し注意力必要である。

きずはメタルフローと密接な関係があり、コーナ部、凹部隅など疑似模様との判別で、きずを見逃さないように注意が必要である。

参考文献

鍛造ハンドブック 鍛造ハンドブック編集委員会 日刊工業新聞

鍛造技術講座 鍛造技術の教育研修テキストの作成委員会 財団法人鍛造技術研究所

鍛造作業の自動化 財団法人鍛造技術研究所

板野陽一 やさしい鍛造技術 鍛造技報 '98, 1月号 財団法人鍛造技術研究所

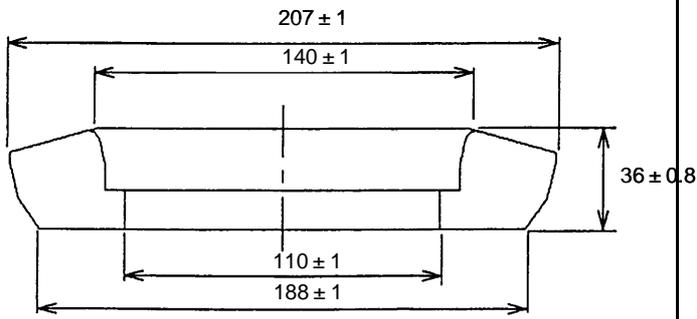
有村郁, 永田英樹 やさしい鍛造技術 鍛造技報 '98, 10月 財団法人鍛造技術研究所

第3章 主要型鍛造品の製品工程事例

3.1 熱間型鍛造品

3.1.1 自動車用

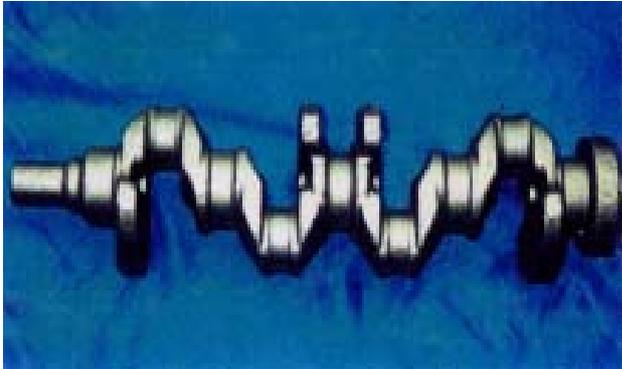
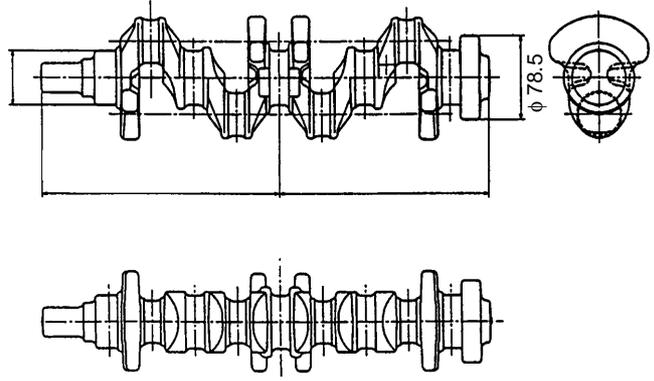
製品名 No.1 デフリングギヤー

鍛造のねらい	工程	
1) ミル成形による歩留向上 2) 鍛造自熱を利用した熱処理	1	材料 1)材質：SCM420H 2)状態：アズロール材 3)形状：70±0.;35mm 4)長さ：7000mm以上
製品外観（写真添付） 	2	切断 1)切断重量：4000gr 2)端面角度：3度以下
	3	加熱 加熱温度：1230±30
	4	荒地成形 ロ-リングミル成形のための予備つぶし 荒地成形 穴明け（3工程）
	5	ロ-リングミル 仕上げ成形に対し最適肉配分
	6	仕上成形 製品形状の造り込み
	7	熱処理 鍛造高温焼ならし 硬さ：HB 197～131
	8	ショットブラスト スケール除去
	製品図（径・寸法・公差等明示） 	9

熱間型	自動車用	No.1
-----	------	------

使用設備名	設定条件	管理ポイント
2.5tレールマスタークレーン 材料供給架台	母材（材料）かんぱんによる	1)鋼材プレート（タグ）と母材かんぱんとの照合 2)材質、径、長さ、チャージNo.、鋼材メーカー名などの確認
800t ビレットシャー	1)使用する切断刃の径： 70 2)刃のクリアランス： 3)切断重量入力値： ± 40gT	1)鋼種 2)切断重量 3)切断面の傾き、カエリおよび割れの確認
800kW 高周波誘導加熱炉	1)加熱電圧：930V 2)送り速度：12.3mm/s	1)加熱温度
630t フォージングプレス	1)シャットハイト：1320mm 2)離型剤：水	1)荒地成型品の形状・寸法 2)穴の偏肉とバリカリの大きさ
ローリングミル機	1)内外径の肉厚	1)外形 2)バリ・巻き込みみずの有無
2500t フォージングプレス	1)シャットハイト：886mm 2)離型剤：水溶性黒鉛	1)形状・寸法 2)偏肉・バリ・表面欠陥の有無
鍛造恒温焼ならし炉	1)炉入温度：700～800 2)炉内温度：650～700	1)硬さ 2)温度の確認
ショットブラスト機	1)投射時間：5分 2)ショット粒径： 1.2mm 3)装入量	スケール・錆のないこと
寸法測定治具（ノギス等）		検査作業要領書に記載

製品名 No. 2 - 1 クランクシャフト

鍛造のねらい	工 程	
高速自動鍛造プレスによる、高生産性とコストの低減	1	材料入庫 材質：SVD48S1 状態：アズロール材 長さ：5600mm
製品外観（写真添付） 	2	材料切断
製品図（径・寸法・公差等明示） 	3	材料加熱
	4	型打ち 1工程 ラッシャ 2工程 ブロッカ 3工程 フニッシャ 4工程 トリミング 5工程 キニング
	5	非調質鋼 単体冷却

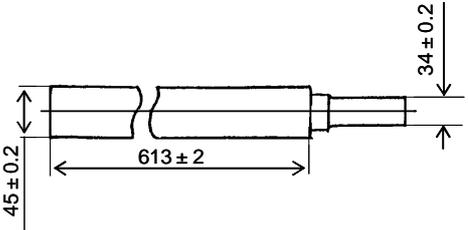
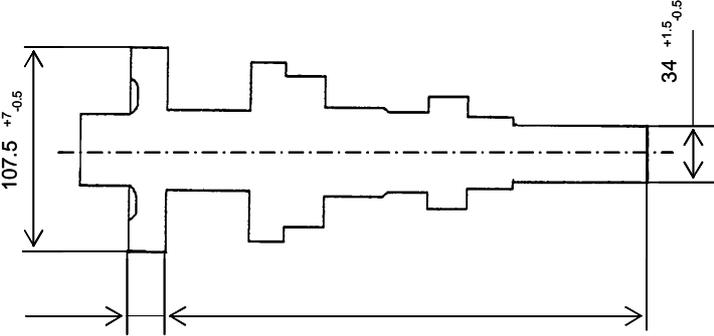
使用設備名	設定条件	管理ポイント
5TON門型クレーン	外形 70 ± 1.0mm	1 材料成分 ミルシート 2 外形 ノギスチェック 3 曲がり 3mm/m以下
600tピレットシャー	切断調 372 ± 1.0mm プレス連動 23spm (断続)	1 切断面角度 1.5°以下 2 端面カエリ 0.5mm 3 管理基準 長さ基準
2800kw インダクションヒーター	1180-1240 コイル径 60mm	1 送り速度 作業要領書による 2 電圧 作業要領書による 3 温度 放射温度計
3500t 自動フォージングプレス	ストローク数 25s pm シャットハイト 1287mm ボトムロックアウトストローク 20mm トランスファ「ストローク」 60mm 離型剤 (白色水溶性) 濃度 14 - 18倍 金型析質 SKD - 61	1 材料の位置決めを確認 2 自動搬送用爪の上下左右の位置を確認 (1品種1固定バー) 3 プロツカ厚み確認 49 ± 0.5 カウンターウェイトの欠肉 4 移動ノズルの吹き付け方向確認 5 プロツカ型ヘタリによる荒れキズ 6 バリ抜き カウンターウェイト側面長さ公差 +0.8, -1.0 バリ凸公差; 黒皮部 0.8以下 加工部 1.0以下 7 コイニング KOピン跡; ジャーナル部 +0.8, -0.4 その他 ±0.8 8 曲がり TIR 2.0 以下
フラットコンベア	コンベア速度 35.7mm/sec 強制空冷ファン 5 台	1 コンベア上で550 以下 接触温度計でチェック 2 硬さHB219 - 275 (狙い; HB247)

製品名 No. 2-2 クランクシャフト

管理チェックポイント（注：留意点）記入欄	工 程	
	6	ショットブラスト
	7	磁気探傷検査
	8	完成検査

使用設備名	設 定 条 件	管 理 ポ イ ン ト
S B40 スーパーターンプラスト	投射初速 ; 73m / sec 最大投射量 ; 460kg/mm カットワイヤ径 ; 0.8mm	1 投射時間 ; 13min 2 スケール完全除去 3 当たりキズ不可
磁気探傷機(コイル磁化)		1 表面キズ、カブリキズ不可 2 脱磁 作業要領書による
検査治具 ガバリゲージ ノギス	図面寸法・公差	1 主要寸法 2 欠肉、打痕、肌不良、K0ピン跡 3 曲がり

製品名 No.3 ギヤ、カウンター

<p>鍛造のねらい</p> <p>1) アプセッターによるギヤ部肉盗み 2) バリなし成形</p>	工 程	
<p>製品外観 (写真添付)</p> 	1	<p>材料 1) 材質：SCM420 2) 状態：アズロール材 3) 形状：48 ± 0.25mm 4) 長さ：7400mm</p>
	2	<p>切断 切断長さ：613 ± 2mm</p>
	3	<p>機械加工 軸先端部の荒加工</p> 
	4	<p>加熱 加熱温度：1240 ± 30</p>
	5	<p>成形 ギヤ形状の造り込み 1荒 2荒 仕上 矯正 (4工程)</p>
	6	<p>熱処理 1) 焼ならし 2) 硬さ：HB207 ~ 149</p>
	7	<p>ショットブラスト</p>
	8	<p>検査</p>
<p>製品図 (径・寸法・公差等表示)</p> 		

使用設備名	設定条件	管理ポイント
2.5t レールマスタークトン 材料供給架台	母材（材料）かんぱんによる	1) 鋼材アレット（タグ）と母材かんぱんとの適合 2) 材質、径、長さ、チャージNo.、鋼材メーカー名などの確認
250t ビレットシャー	1) 使用する切断刃の径： 48 2) 刃のクリアランス： 1mm 3) 定寸位置	1) 鋼種 2) 切断長さ 3) 切断面の傾き，ねりおよび割れの確認
NC旋盤	1) 本品番専用のプログラムの設定 2) サイクルタイム 3) チップ交換： 1回 / 90個	作業要領書に記載
600kW 高周波誘導加熱炉	1) 加熱電圧： 890V 2) サイクルタイム	1) 放射温度計による加熱温度の確認 2) 温度センサーによる上限管理
6 インチアブセッター	1) 型予熱温度： 100～200 2) 離型剤： 非黒鉛水溶性	1) 製品：品質た妙作業要奇書に記載 2) 機械：給油・ドレンのチェック
連続焼準（調質）炉	1) 購入炉設定温度： 900～940 2) 炊戻炉設定温度： 600～650	1) 硬さ 2) 温度の確認
ショットプラスト機	1) 投射時間： 10分 3) 装入量 2) ショット粒径： 1.4mm	スケール・錆のないこと
寸法測定治具 （ノギス，ハイトゲージ等）		検査作業要領書に記載

熱間型	自動車用	No.4
-----	------	------

使用設備名	設定条件	管理ポイント
受け入れ(クレーン)	5t	1) 材料チャージ、材質、材料径重量、鋼材メーカー
450tピレットシヤ-	サイクルタイム 80個 /	1) 切断重量の確認 2) 切断材直角度 3) カエリの確認 4) 異材の混入
高周波誘導加熱炉	800KW I	1) 加熱温度
1800tフォーミングプレス	1) プレススライド値 2) 作動空気圧力 元圧： 7Kg / cd ブレーキ： 5Kg / cd 3) 離型剤： 黒鉛(水溶性) 希釈倍率10倍 4) 金型材： SKD61 5) ストローク量： 320mm	1) 製品外観欠肉は無いか確認 2) 製品全長の確認 3) 製品外形の確認 4) 製品偏芯の確認
トリミングプレス	上記内容と同じ	上記内容と同じ 窓穴寸法、ピッチの確認
重量選別機	1) 製品重量： - 10 ~ 15g	1) 上、下限の設定 2) 基準片での確認

製品名 No.5 コネクティングロット

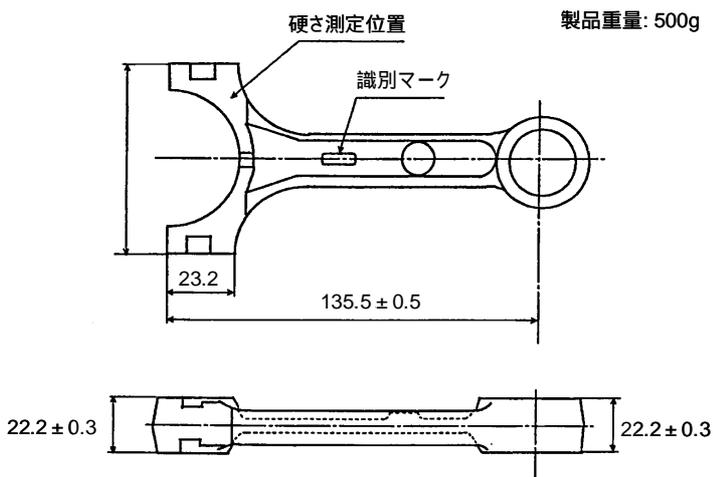
鍛造のねらい

- 1) 2ヶ所取り型打ちによる生産性の向上
- 2) コイニング仕様による寸法精度の確保

製品外観 (写真添付)



製品図 (径・寸法・公差等明示)



工 程

1	材料	材質:	1041LH
		状態:	33.5 ± 0.5黒皮材
		材長:	6000mm
2	切断	長さ:	220mm
		角度:	7°以下
3	加熱	温度:	1200 ± 50
4	型打ち	熱間型鍛造 外バリ抜き	
5	熱処理	硬さ:	HRC22 ~ 27
		焼入焼き戻し	
6	ショットブラスト		
7	コイニング暑さ公差: ±0.3		
8	磁気探傷検査		
9	外観検査		

熱間型	自動車用	No.5
-----	------	------

使用設備名	設定条件	管 理 ポ イ ン ト
鋼材受入ヤード		1)材質、材料チャージ、材径の確認 2)端面状況、曲がり無きこと確認 3)ミルシート内容確認 4)火花試験による材質確認
300tピレットシヤ-	使用ブレード： 36 +1.5 長さ公差： -0.5	1) 切断面の傾き、カエリの良否確認 2) 切断長さ確認
1000kW高周波誘導加熱炉	1)送り速度：25mm/sec 2)加熱電圧：850V	1)適正加熱温度の確認 2)コイル内冷却水量の確認
1.5tハイスピードハンマ 150tトリミングプレス	1)作動空気圧：5.5kg/cm ² 2)据込み - 荒成形 - 仕上げ成形 - 外バリ抜き	1)厚さ、長さ寸法、型ズレ量確認 2)浮きだしマーク鮮明度確認 3)バリ残り程度確認 4)水溶性、黒鉛離型剤濃度確認
連続焼入焼戻し炉	1)焼入：860 × 65分 2)焼戻：630 × 90分	1)設定温度、設定時間 2)硬さチェック：5ヶ/時間 3)計器類の定期点検：6ヶ月毎
ドラム式ショットブラス	1)挿入量：800kg 2)投射時間：20分 3)ショット粒：1.4mm	1)スケール除去、錆無きこと確認 2)表面の光沢確認 3)インペラ電流値 4)投射時間設定タイマー
600tMayプレス	1)作動空気圧：5kg/cm ² 2)ラムストローク量：148mm	1)厚さ寸法、歪み量確認
磁気探傷機	1)コイル着磁法 2)ショット粒径：1mm	1)全面キズ無きこと確認 2)ブラックライト照度 3)蛍光磁粉濃度
	目視検査	1)キズ、割れ、肌不良、欠肉無きこと確認

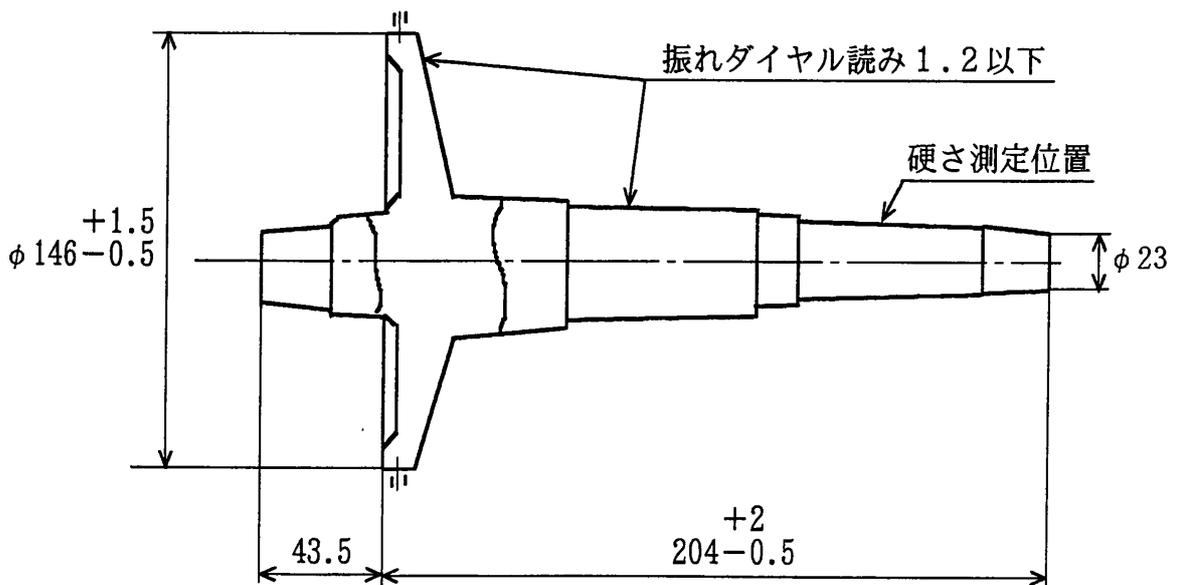
製品名 No. セカンダリーシャフト

製造のねらい 前方押し工法長軸部品の製造	工 程	
	1	材 料 材 質 : SCM822H 状 態 : 70±1.0 黒皮材 材 長 : 6,000mm
製品外観 (写真添付)	2	切断重量 : 4,100g 角 度 : 20以下
	3	加熱温度 : 1,200±500C
	4	熱 間 型 鍛 造 型 打 ち 外 バ リ 抜 き
	5	熱処理 硬 さ : HB143~197 焼 な ら し
	6	ショットブラスト
	7	外観検査



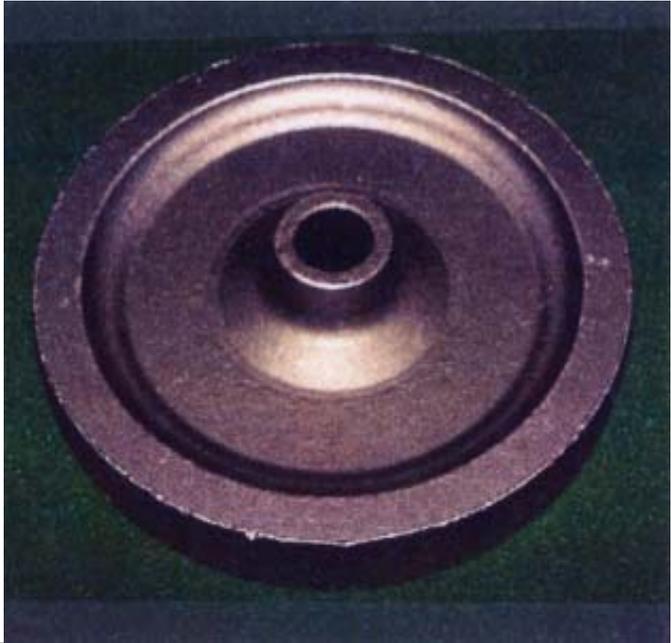
製品図(径・寸法・公差等明示)

製品重量 : 3,840 g



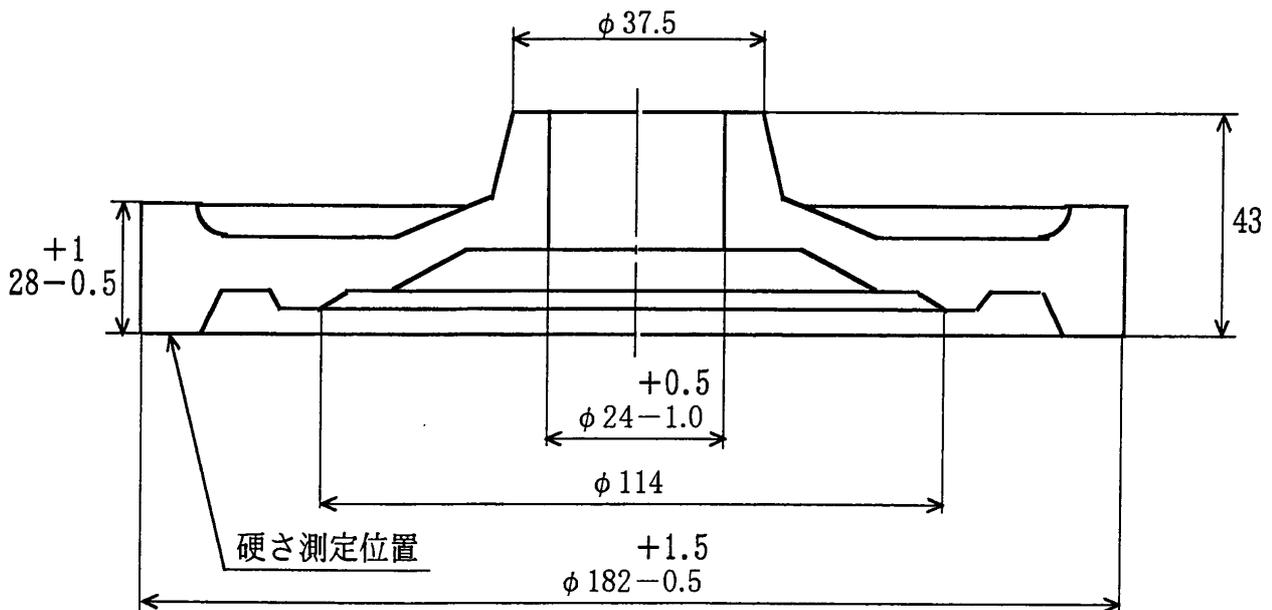
使用設備名	設定条件	管理ポイント
鋼材受入ヤード		1)材質、材料チャージ、材径の確認 2)端面状況、曲がり無きことの確認 3)ミルシート内容確認 4)火花試験による材質確認
600tピレットシャー	使用ブレード： 70 重量公差： ±10g	1)切断面の傾き、カエリの確認 2)切断重量の確認
1000kW高周波加熱炉	1)送り速度： 11mm/sec 2)加熱電圧： 950V	1)適正加熱温度の確認 2)コイル内冷却水の確認
2500tフォーミングプレス 400tトリミングプレス	1)作動空気圧：5kg/cm2 2)型打ち工程 据え込み - 前方押し出し - 仕上げ成形 - 外バリ抜き	1)厚さ、長さ寸法、型ズレ量確認 2)軸部曲がり確認 3)バリ残り程度確認 4)水溶性、黒鉛離型剤濃度確認
連続ならし炉	1)930 ×60分	1)設定温度、設定時間 2)硬さチェック：5ヶ/ロット 3)計器類の定期点検：6ヶ月毎
ドラム式ショットブラスト	1)装入量：800kg 2)投射時間：20分 3)ショット粒：1.4mm	1)スケール除去、錆無きこと確認 2)表面の光沢確認 3)インペラの電流値 4)投射時間設定タイマー
	目視検査	1)キズ、割れ、肌不良、欠肉無きこと確認

製品名 No. ギヤファイナル

<p><u>鍛造のねらい</u> 閉塞鍛造による材料歩留まりの向上加工取り代の消滅</p>	工 程	
<p><u>製品外観 (写真添付)</u></p> 	<p>1 材料</p>	<p>材質： SCr420H 材径： 65 ± 1.0 黒皮材 材長： 6,000mm</p>
	<p>2 切断</p>	<p>重量： 3,330kg 角度： 2° 以下</p>
	<p>3 加熱</p>	<p>温度： 1,200 ± 50</p>
	<p>4 型打ち</p>	<p>熱間鍛造 バリ抜き</p>
	<p>5 熱処理</p>	<p>硬さ： HB143 ~ 197 焼ならし</p>
	<p>6 ショットプラスト</p>	
	<p>7 外観検査</p>	

製品図 (径・寸法・公差等明示)

製品重量： 3,290 g



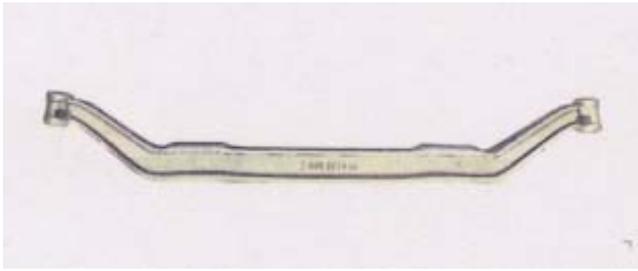
使用設備名	設定条件	管理ポイント
鋼材受入ヤード		1)材質、材料チャージ、材径の確認 2)端面状況、曲がり無きことの確認 3)ミルシート内容確認 4)火花試験による材質確認
600tピレットシャー	使用ブレード： 70 重量公差： ±10g	1)切断面の傾き、カエリの確認 2)切断重量の確認
1000kW高周波加熱炉	1)送り速度： 19mm/sec 2)加熱電圧： 930V	1)適正加熱温度の確認 2)コイル内冷却水の確認
2500tフォージングプレス 400tトリミングプレス	1)作動空気圧：5kg/cm2 2)型打ち工程 据え込み - 前方押し出し - 仕上げ成形 - 外バリ抜き	1)厚さ、長さ寸法、型ズレ量確認 2)軸部曲がり確認 3)バリ残り程度確認 4)水溶性、黒鉛離型剤濃度確認
連続ならし炉	1)900 ×60分	1)設定温度、設定時間 2)硬さチェック：5ヶ/ロット 3)計器類の定期点検：6ヶ月毎
ドラム式ショットブラスト	1)装入量：800kg 2)投射時間：20分 3)ショット粒：1.4mm	1)スケール除去、錆無きこと確認 2)表面の光沢確認 3)インペラの電流値 4)投射時間設定タイマー
	目視検査	1)キズ、割れ、肌不良、欠肉無きこと確認

製品名 No.8 フロントアクスル

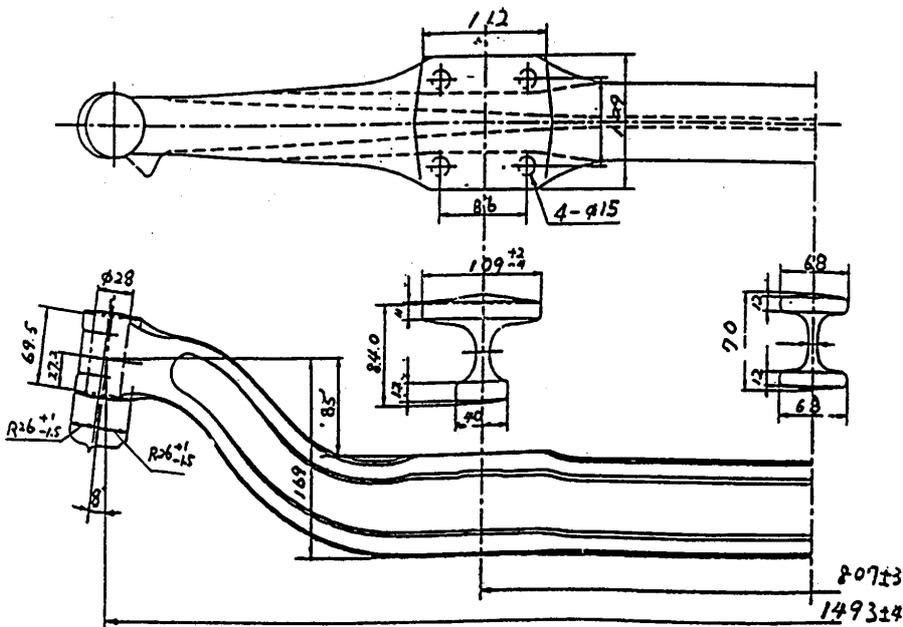
鍛造のねらい

一体化による強度保証

製品外観 (写真添付)



製品図 (径・寸法・公差等明示)



鍛造公差

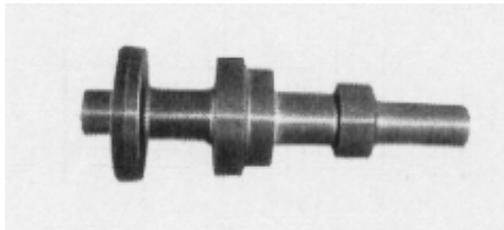
厚さ公差	± 2 -1
型ずれ公差	1.0 以下
曲がり公差	1.0 以下
捻れ公差	0.5 以下
バリ痕跡	1.5 以下
指示なき R	3R

工 程	
1	材料 材質： 非調質鋼 状態： 85 材長： 5500mm
2	切断 長さ： 1090mm 断面角： 1° 以下
3	一次加熱
4	ロール成型 (荒地)
5	二次加熱
6	鍛造
7	バリ抜き
8	熱間キニング
9	冷却
10	仕上げ・検査
11	塗装

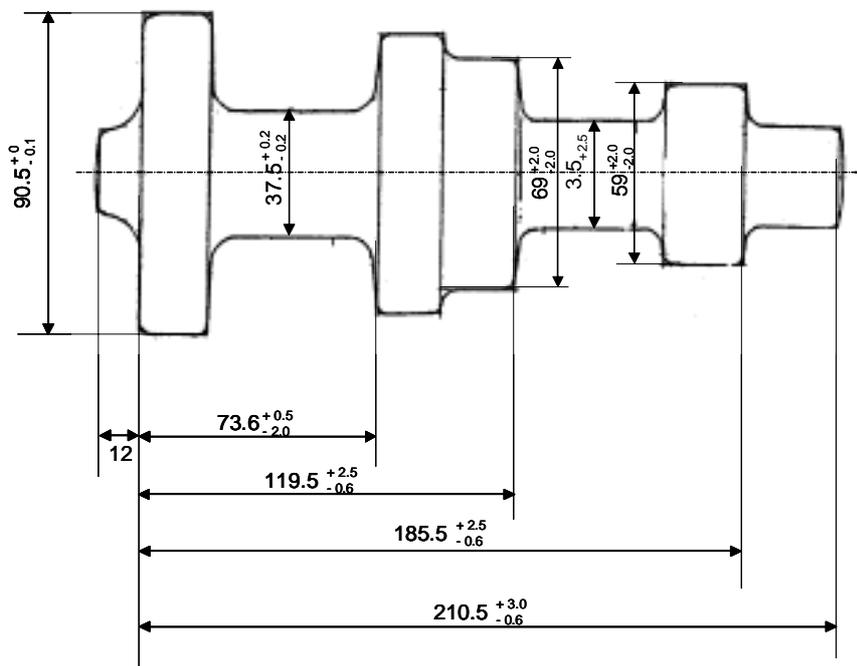
使用設備名	設定条件	管理ポイント
鋼材供給架台	1) 鋼材搬入指示票	1) 材料チャージ、材質、全長寸法 材料径、表面疵の確認
超硬丸鋸盤	倍尺自動演算等分切断	1) 長さ確認
一次加熱炉	材料温度：1,100 ± 30	ライン異常時の炉内滞留時間
フォーミングロール	軸間寸法	1,000 に於いて、捻、曲がり、長さ確認
二次加熱炉	材料温度：1,220 ± 30	ライン異常時の炉内滞留時間
10tエアドロップハンマ	1) 曲げ：軽2打 2) 仕上げ：7打	1) 温度確認、スケール除去 2) 欠肉無きこと確認
1000t4ポイントセッティングプレス	ダイセット等の抜きズレが無いか確認	嚙り無きこと確認
1000t4ポイントセッティングプレス	セット高さ確認	温度、厚さ、形状、長さの確認
制御冷却コンベアー	冷却条件：400	時間 / 温度管理
ハンガー式ショットプラス 磁気探傷機	1) 処理能力：60本 / 時間 2) ショット粒：1～1.5mm 3) 曲がり：±1.0mm以内 4) 捻り：±0.5mm以内	1) スケール除去、錆無きこと確認 2) 表面の光沢確認 3) インペラの電流値 4) 投射時間設定タイマー
ハンガーディップ	1) 液温度：5 以上 2) 粘度：イワタカップ規定値 3) ワーク温度：5 以上	1) 膜厚測定 2) 剥離無きこと確認

製品名 No9 トランスミッションの軸付きギヤ

鍛造のねらい ギヤ部との一体化	工 程	
	1	材料 材質： 快削鋼 状態： 60mm 材長： 5500mm
製品外観（写真添付）	2	切断 長さ： 170mm 断面角： 1度以下
	3	加熱
	4	ロール成形
	5	据込
	6	熱処理
	7	仕上・検査

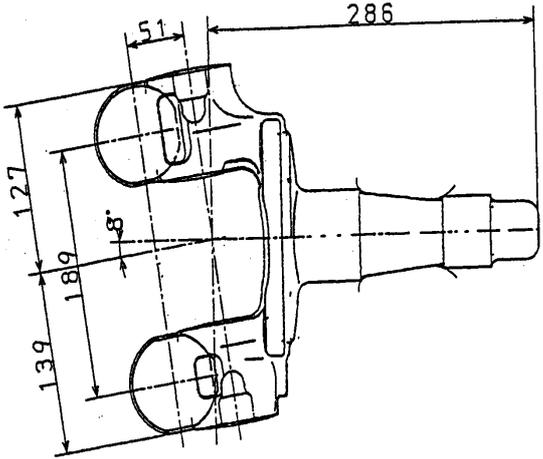


製品図（径・寸法・公差等明示）



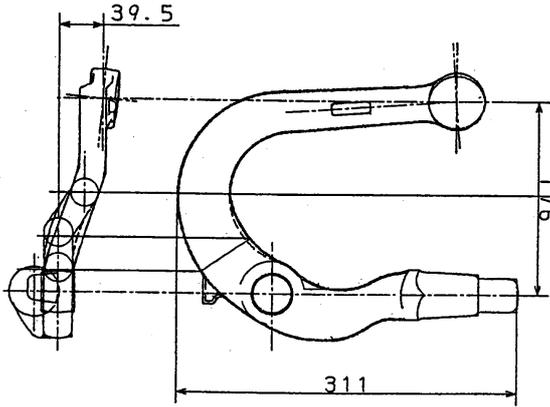
使用設備名	設定条件	管理ポイント
鋼材供給架台	1) 鋼材搬入指示票	1) 材料チャージ、材質、材料径表面疵の確認
超硬	全長測長等分切断	1) 切断長さ確認
600kW誘導加熱炉	1) 加熱温度：1,220 ± 30	デジタル温度表示計、計測管理
平行板クロスロール	停止精度指示	1) 油圧温度確認 2) マンネスマン現象 3) ピッチ寸法確認
5インチアプセッター	1) 型取り付け精度指示	1) 摩耗度確認
連続焼鈍炉	温度 / 時間指示票	
ドラム式ショットブラスト 磁気探傷機	1) 挿入量：1000kg 2) 投射時間：15分 3) ショット径：1.0～1.5mm	肌不良、寸法、表面傷

製品名 No.10 トラック用ステアリングナックル

鍛造のねらい スピンドル部の押出成形	工 程	
<p>製品外観（写真添付）</p> 	1	<p>材料</p> <p>材質： SMnB435H 状態： アズロール材 形状： 125 ± 1.0 材長： 5500mm</p>
	2	<p>切断</p> <p>切断質量 30.2kg 切断面傾き 1° 以内</p>
	3	<p>加熱</p> <p>1200 ~ 1260</p>
	4	<p>成形</p> <p>金型余熱温度 150 ~ 200 据込 潰し 荒打（半密閉鍛造） 仕上げ</p>
	5	<p>バリ抜き 抜落し</p>
	6	<p>熱処理 硬度 HB255 ~ 302</p>
	7	<p>ショットブラスト</p>
	8	<p>磁気探傷検査</p>
	9	<p>完成検査</p>
<p>製品図（径・寸法・公差等明示）</p> <p>製品質量 24kg</p> 		

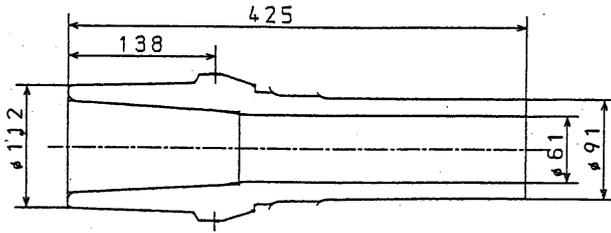
使用設備名	設定条件	管理ポイント
鋼材供給架台	鋼材指示書	材径、材質、溶解No.確認
丸鋸	最低サイクルタイム 40s/個	1)切断重量バラツキ ±100g 切断後全数自動測定し規格外はラインアウト 2)切断面のカエリ不可 (全数端面のブラッシング) 3)直角度、カエリ
2200kW高周波誘導加熱炉	1)送り速度：9.7mm 2)電圧：MF1:685V MF2:765V	加熱温度 1200～1260 (上限自動停止)
5000t メカニカルプレス	1)シャットハイト 1400mm 2)製品自動取り出し4工程設定 3)成形加重：4500t以下 4)離型剤：水溶性白色離型剤(10%希)	1)厚み公差 +2.0、-0.5 2)型ズレ 0.8以下 3)マーク 確認 2)傷、欠肉無きこと確認
400t メカニカルプレス	シャットハイト	バリカジリ、残り、カエリ確認
焼鈍焼入焼き戻し炉 (油)	1)焼入温度：880 ±10 2)焼入時間：150分+20,-0 3)油温 60～80 4)焼き戻し温度：620±10 5)焼き戻し時間：180+60,-0	1)焼入温度：HB415以上 1個/3トレイ (ブリネル硬度計) 2)焼き戻し硬度：HB255～302
エプロン式ショットブラス	1)投射時間：20分 2)ショット粒：1.4mm	スケール残り確認
蛍光磁粉探傷機(デオペック)	1)磁化電流：2000A 2)磁粉液濃度：0.1%	1)キズないこと 2)濃度計で1回/日確認 3)脱磁 10ガウス以下
		1)寸法 厚み、型ズレ、曲がり測定 2)外観 肌不良、打痕、キズ、欠肉、バリ

製品名 No.10 トラック用ステアリングナックル

鍛造のねらい	工 程	
熱間鍛造と冷間コイニングの組み合わせにより、ナット座面の無加工化	1	材料 材質： SMnB435H 状態： アズロール材 形状： 50±0.75 材長： 5500mm
製品外観（写真添付） 	2	切断 切断質量 8.8kg 切断面傾き 3°以内
	3	加熱 1200～1260
	4	ロール 4pass
	5	曲げ
	6	成型 金型余熱温度 150～200 仕上げ
	7	バリ抜き 抜き落とし
	8	バリ抜き面研磨 バリ抜き跡なきこと
	製品図（径・寸法・公差等明示） 製品質量 24kg 	9
10		ショットブラスト
11		磁気探傷検査
12		冷間コイニング
13		完成検査

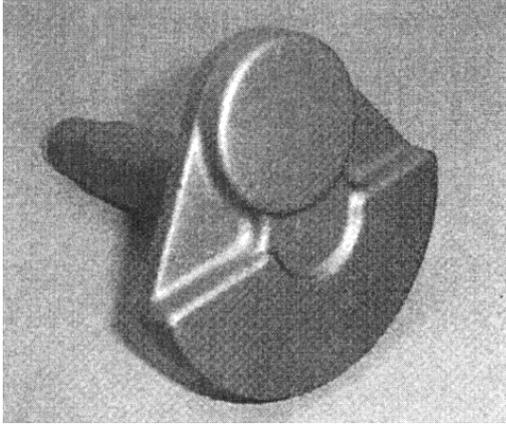
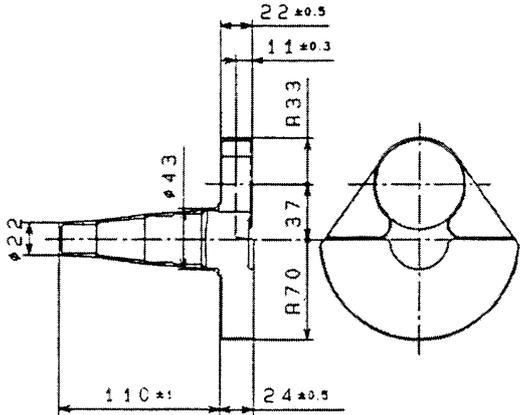
使用設備名	設定条件	管理ポイント
鋼材供給架台	鋼材指示書	材径、材質、溶解No.確認
380tピレットシャー	最低サイクルタイム 4s/個	1)切断重量バラツキ $\pm 0.02\text{kg}$ 2)切断面の直角度、カエリ、変形確認
2200kW高周波誘導加熱炉	1)送り速度：19mm 2)電圧：880V	加熱温度 1200～1260 (上限自動停止)
RW1a(460mm)フォージングロー	1)シャットハイト 2)各パス90°反転 オーバル ダイヤ オーバル ダイヤ	バリ立ち確認
ベンダー	専用型使用	曲げ状態の確認
300tメカニカルプレス	シャットハイト	
グラインダー	長手方向にグラインダー研磨 (指定部)	面粗度
連続焼入れ焼き戻し炉 (油)	1)焼入温度：880 ± 10 2)焼入時間：150分+20, -0 3)油温 60～80 4)焼き戻し温度：520 ± 10 5)焼き戻し時間：180+60, -0	1)焼入温度：HB415以上 1個/3トレイ (ブリネル硬度計) 2)焼き戻し硬度：HB269～321
エプロン式ショットブラスト	1)投射時間：20分 2)ショット粒：1.4mm	スケール残り確認
蛍光磁粉探傷機 軸通 コイル	1)磁化電流 軸通 DC2000A コイル DC1500A 2)磁粉液濃度：0.1%	1)キズないこと 2)脱磁 10ガウス以下 3)濃度計で1回/日確認
800tナックルジョイント プレス		1)面粗度 60S以下 2)厚み公差 ± 0.5
		1)寸法 厚み、型ズレ、段差、ピッチ、面粗度測定 2)外観 肌不良、打痕、キズ、欠肉、バリ、 マーク確認

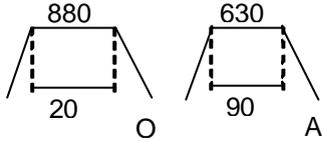
製品名 No.12 トラック用リヤーアクスルパイプ

鍛造のねらい 長軸穴貫通	工 程	
製品外観（写真添付） 	1	材料 材質： S43C 状態： アズロール材 形状： 90 ± 1.3 材長： 5500mm
	2	切断 切断質量 19.5kg 切断面傾き 3° 以内
	3	加熱 1200 ~ 1260
	4	成形 金型余熱温度 150 ~ 200
	5	熱処理 HB229 ~ 269
	6	ショットブラスト
	7	機械加工 荒加工（全長、外径）
	8	磁気探傷検査
	製品図（径・寸法・公差等明示） 製品質量 17.4kg 	9

使用設備名	設定条件	管 理 ポ イ ン ト
材料供給架台	鋼材指示書	材径、材質、溶解No確認
丸鋸盤	最低サイクルタイム 30s/個	1)切断重量バラツキ ±100g 切断後全数自動測定し規格外はラインアウト 2)直角度、カエリ確認
1600kW高周波誘導加熱炉	1) 送り速度：13mm/kg 2) 加熱電圧：810V	
7 $\frac{1}{2}$ アプセッタ	1) パンチ側ウェッジ高さ 2) 6工程 3) 離型剤：黒鉛系	加熱温度 1200～1260 (上限自動停止) 1) 外径 +2.5, -0.5 2) 型ズレ 0.5以下 3) 芯ズレ 1.5以下 4) キズ、欠肉ないこと
連続焼入焼き戻し炉	1) 焼入温度 860 ±10 2) 焼入時間 128分+30, -0 3) 水温 30 ±5 4) 焼き戻し温度 580 ±10 5) 焼き戻し時間 120分 ±10	1) 焼入硬度 HB295以上 (1個/3トレイ) 2) 焼き戻し硬度 HB229～269(AQL水準)
エプロン式 ショットプラスト	1) 投射時間：20分+15, -0 2) ショット粒：1.4mm	スケール残り確認
倣い旋盤		
蛍光磁粉探傷機	磁化電流 1) 軸通 DC2000A 2) コイル DC2000A	1) キズないこと 2) 脱磁 10 Gauss以下
		1) 寸法 全長、外径、内径、芯ズレ、測定 2) 外観 打痕、内径キズ確認

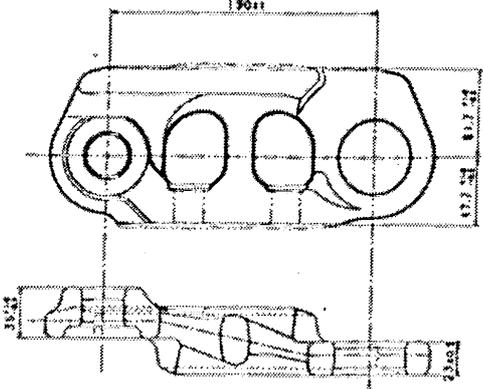
製品名 No.13 二輪分割クランクシャフト

鍛造のねらい	工 程	
1) 黒皮仕様部の精度維持と加工取代の最小化	1	材料 材質： SCM435 状態： 70 材長： 5500mm
製品外観（写真添付） 	2	切断 70×115=3475g
	3	型打 熱鍛造品要求仕様 左図通り
	4	バリ抜き 熱鍛造品要求仕様 左図通り
	5	焼入れ焼き戻し HRC28～34
	6	ショットブラスト
製品図（径・寸法・公差等明示）	7	検査
	8	防錆

使用設備名	設定条件	管 理 ポ イ ン ト
材料供給架台	鋼材指示書	1)材料チャージ、材質、全長寸法、材料径確認
450tピレットシャー	サイクルタイム 3S	1)切断面の傾き 2)カエリ 3)切断面の割れ
2500t フォーミングプレス (熱間鍛造)	成型条件 1)サイクルタイム：10S 2)加熱：1200 ±30 3)荷重：1800～2000t 4)金型材質：SKD61	1)軸先端の欠肉 2)バランス部の欠肉 3)軸曲がり 4)全寸法
200tトリミングプレス	金型材質：SKD61	1)カエリの出 2)バリ残り
焼入炉 焼戻し炉	熱処理サイクル 	1)硬度
縦型ショットブラスト	粒径：1.0以下 処理時間：30分	1)スケール残り
	1)外観検査 2)寸法検査 2)コイル DC2000A	1)外観（欠肉、カエリ、軸曲がり、肌荒れ） 2)製品図寸法検査
	防錆油塗布	

3.2.1 建設機械用

製品名 No.14-1 トラックリンク

鍛造のねらい	工 程	
高速自動鍛造プレスによる、高生産性とコストの低減	1	材料在庫 材質： SAE15B36M 状態： アズロール材 長さ： 5700mm
製品外観（写真添付） 	2	材料切断
	3	材料加熱
	4	型打ち 1工程 ラッフア 2工程 ブロック 3工程 フィニッシャ 4工程 アイドリング 5工程 トリミング
	5	鍛造焼入焼き戻し
製品図（径・寸法・公差等明示） 		

熱間型	建設機械用	No.14-1
-----	-------	---------

使用設備名	設定条件	管 理 ポ イ ン ト
5TON門型クレーン	外径 60±0.9mm	1 材料成分 2 外径 ノギスチェック 3 曲がり 3mm/m以下
600tピレットシャー	切断長 236±1.0mm プレス連動 20spm (断続)	1 切断面角度 1.5°以下 2 端面カエリ 0.5以下 3 管理 長さ基準
2800kW インダクションヒーター	1180~1240 コイル径 60mm	1 送り速度 作業要領書による 2 電圧 作業要領書による 3 温度 放射温度計
3500t 自動フォーミングプレス	ストローク数 25spm 1ヶ飛び打ち シャットハイト 1297mm ボトムノックアウトストローク 8mm トランスファーストローク 60mm 離型剤 (白色水溶性) 濃度 14-18倍 金型材質 SKD-61	1 肉分け部分の型荒れ注意 2 ブロッカの踏み面 欠肉注意 3 フィニッシャの厚み管理 ブッシュ側 23±0.3以下 4 トリミングに入る前の姿勢制御が正確にできているか確認 5 内バリ、外バリの抜きズレは？ バリカエリは出ていないか？ リンク側面のカジリ抜き直角度および平面度はでているか？ 直角度 0.3以下 平面度 0.5以下
鍛造焼入炉	焼入油； ハイスピードクエンチX3M 油温 60 冷却時間 140sec 5)焼き戻し時間 120分±10	1 焼入温度 900 2 焼き戻し温度 520-570、2.5hr保持 3 表面硬さ HBD2.6-3.0 芯部硬さ HBD3.1以下 4 張り強さ 923N/mm ² 以上 5 降伏点 736N/mm ² 6 伸び 12%以上 7 衝撃値 39J/cm ² 以上

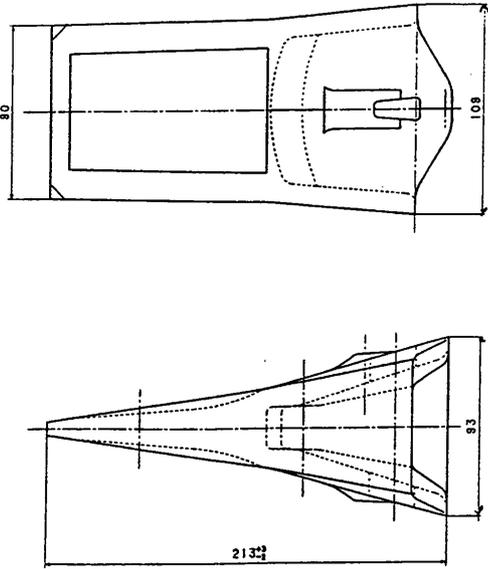
製品名 No. 14-2 トラックリンク

管理チェックポイント(注:留意点)記入欄	工 程
	6 完成検査

熱間型	建設機械用	No.14-2
-----	-------	---------

使用設備名	設定条件	管 理 ポ イ ン ト
検査治具 簡易検査ゲージ ノギス ストレッチ	製品図による 切断長 236±1.0mm プレス連動 20spm (断続)	1 主要寸法チェック 加工後黒皮残りのないこと 2 A, B面の段差 1.5mm 3 A, B面の平行度 0.5以下 4 ローラ踏み面の直角度 検査治具で倒れ0.3以下 5 バリカエリ 1.5以下

製品名 No.15-1 ツース

	工 程	
<p><u>鍛造のねらい</u> 従来の鋳鋼物に対して鍛造による靱性を与え、強度UPと信頼性を保たしたものとした。</p>	1	<p>材料在庫</p> <p>材質： 15B41M 状態： アズロール材 材長： 5500mm</p>
<p><u>製品外観（写真添付）</u></p> <div style="text-align: center;">  </div>	2	材料切断
	3	材料加熱
	4	<p>型打</p> <p>1工程 据え込み 2工程 ブロッカ 3工程 フィニッシャ</p>
	5	<p>バリ抜き</p> <p>1工程 外バリ抜き 2工程 コッタ穴抜き</p>
<p><u>製品図（径・寸法・公差等明示）</u></p> <div style="text-align: center;">  </div>	6	熱処理

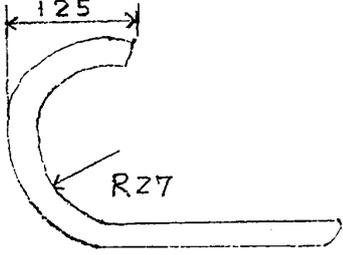
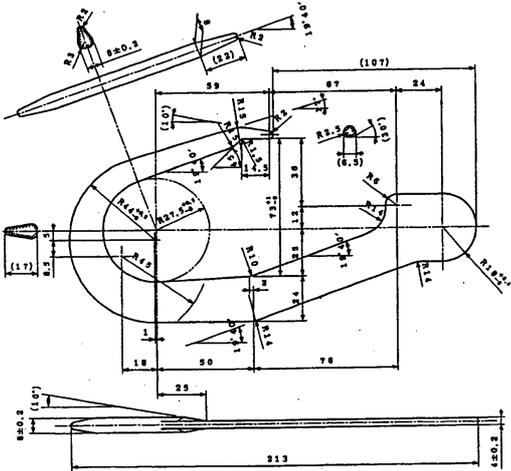
使用設備名	設定条件	管 理 ポ イ ン ト
5TON門型	外径 70 ± 1.0mm	1 材料成分 ミルシート 2 外径 ノギスチェック
600tピレットシャー	上下丸刃 切断長 153 ± 1.0mm	1 丸刃クリアランス 0.6-0.8mm 2 切断面角度 1.5°以下 3 管理基準 長さ基準
1500kW インダクションヒーター	1200 ± 30 コイル径 75用	1 放射温度計
2500t フォー징プレス	シャットハイト; 400mm 離型剤 油性グラファイト 濃度 100% 金型材質 SKD-61	1 据え込み材料の高温側を下にする 2 据え込み径 80以下とする 3 ブロッカの位置決め部の型荒れに注意 キズ不良 4 ブロッカのバリ形状に注意バリの巻き込みキズ キズ不良 5 先端部の欠肉
315tトリミングプレス	シャットハイト; 490mm	1 嵌合部形状の変形チェック 変形は0.5以下 2 コッタ穴内側へのカエリチェック カエリは0.5以下 3 左右のパンチ入り込み時のズレ ずれは0.5以下 4 コッタ穴の位置ズレ 検査治具チェック
焼入れ炉 焼戻し炉	域入れ 860 -2.75Hr-油冷 焼戻し 200 -3.75Hr-水冷	1 硬さHBD2.7~3.1 2 シャルピー衝撃値 2.5kgm/cm ² 以上 3 焼割れチェック

製品名 No. 15-2 ツース

管理チェックポイント(注:留意点)記入欄	工 程
	7 ショットブラスト
	8 磁気探傷検査
	9 完成検査

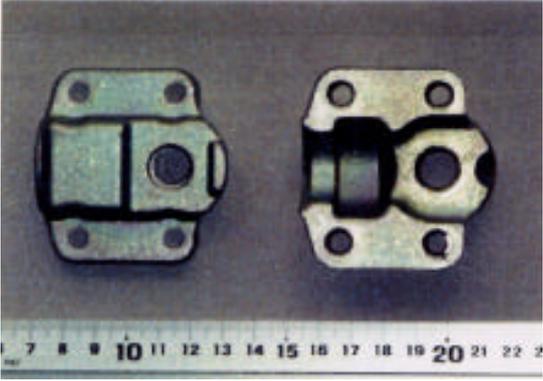
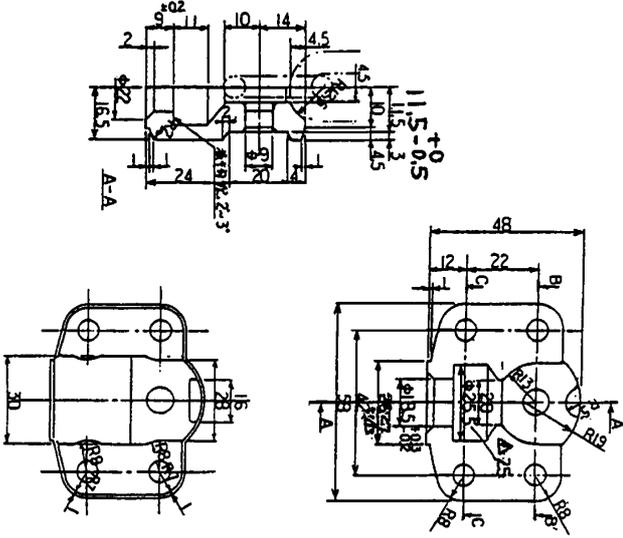
使用設備名	設定条件	管 理 ポ イ ン ト
SB40 スーパータンブラスト	投射初速 73mm/sec カットワイヤ径 0.8mm 最大投射量 460kg/min 投射時間 15min	1 スケール完全除去 特に嵌合部のスケール不可
磁気探傷機	紫外線強度 1000MW/cm ² 以上 電流値その他は作業要領書 による	有害なキズのないこと
検査ジグ	コッタ、ラバーで完全に検査 ジグに固定する	1 嵌合形状と識別Noにより、アダプター との嵌合をチェック 2 主要寸法チェック 3 絞め代 片側 Max4.0 両側 2.0-4.0 4 がたつき 縦ブレ Max2.4 横ブレ Max7.0 5 バリ凸 1.0以下

製品名 No.16 高所作業用フック

<p>鍛造のねらい</p> <p>鍛造品の強靱性を生かして軽量化を図っている</p>	工 程	
	1	<p>材料</p> <p>材質： SCM435</p> <p>状態： 15×6m</p>
<p>製品外観（写真添付）</p> 	2	切断
	3	素材ショットブラスト
	4	加熱
	5	<p>曲げ</p> 
<p>製品図（径・寸法・公差等明示）</p> 	6	型打
	7	熱処理 焼鈍
	8	ショットブラスト
	9	ひずみ取り（コイニング） ショットブラスト
	10	穴加工
	11	熱処理（焼入）
	12	ショットブラスト

使用設備名	設定条件	管 理 ポ イ ン ト
	鋼材購入指示書	材質、チャージNo 直径、長さの確認
200tピレットシヤ-	長さ 360mm±1	1) 切断面、カエリ 2) 切断材の曲がりの無いこと
ショットブラストマシン	1) 投射時間：10分 2) ショット粒径：1mm	スケール残りの無いこと
高周波誘導加熱炉	1) 加熱温度 1250 2) 加熱タクト15sec	
専用ベンダー		
1.3t エアースタンプハンマー	作業指示書	
連続熱処理炉	HRB85～90 800 × 80m・AC (焼きなまし)	
ショットブラストマシン	1) 投射時間：10分 2) ショット粒径：1mm	スケール残りの無いこと
150t フリクションプレス	作業指示書	
100tクランクプレス	作業指示書	
連続熱処理炉	HRC43～47	
ショットブラストマシン	ショット粒径：1mm	

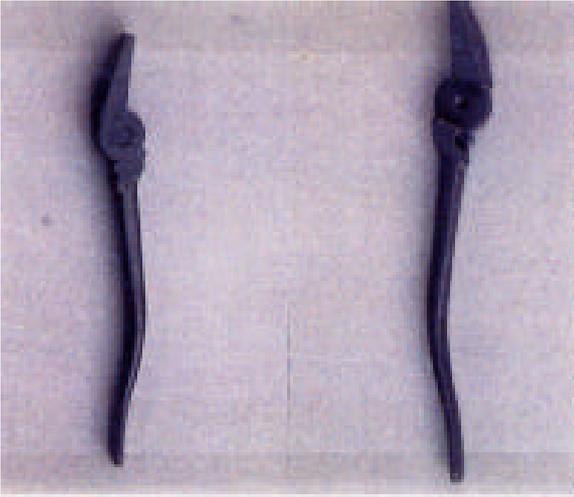
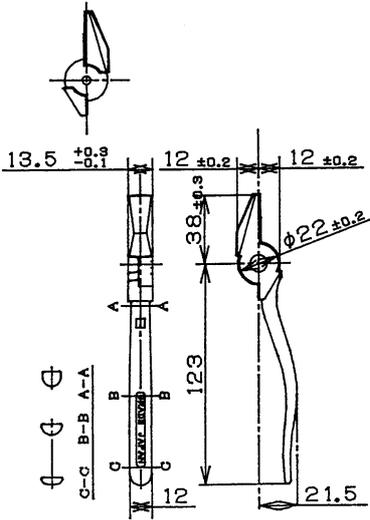
製品名 No.17 Y1.6t フックカバー

鍛造のねらい	工 程	
鍛造品のもつ強靱性と信頼性	1	材料 材質： S35C 寸法： 25 × 6m
製品外観（写真添付） 	2	切断
	3	素材ショットブラスト
	4	加熱
	5	型打
	6	ショットブラスト
製品図（径・寸法・公差等明示） 	7	穴加工
	8	熱処理（焼入れ）
	9	ショットブラスト

使用設備名	設定条件	管 理 ポ イ ン ト
	鋼材購入指示書	材質、チャージNo 直径、長さの確認
200tピレットシヤ-	長さ 360mm±0.5	1) 切断面、カエリ 2) 切断材の曲がりの無いこと
ショットブラストマシン	1) 投射時間：10分 2) ショット粒径：1mm	スケール残りの無いこと
インダクションヒーター	1) 加熱温度 1250 2) 加熱タクト15sec	
1.3t エアースタンプハンマー	作業指示書	
ショットブラストマシン	1) 投射時間：20分 2) ショット粒径：1mm	スケール残りの無いこと
100tクランクプレス	作業指示書	
連続熱処理炉	HRC30±3 1) 焼入れ：870 ×60mm OQ 2) 焼き戻し：610 ×90m AC	
ショットブラストマシン	ショット粒径：1mm	スケール残りの無いこと

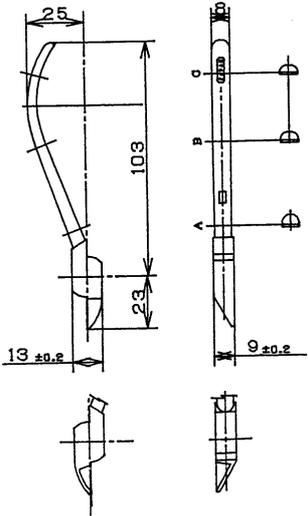
使用設備名	設定条件	管 理 ポ イ ン ト
受入クレーン		1)送り状(納品書) 2)ミルシート 3)材料径、外観確認
40tピレットシャー		1) 曲がり、切断面のカエリ
1000kg全自動 ショットプラスト	20M 粒径：1.2mm	1)スケール 2)表面キズ
自動搬送コンベア		1)識別表示 2)品名、番号確認
全自動回転炉 (都市ガス 13A)	1)炉内回転速度： 2)加熱時間： 3)風量：	1)品名、番号確認 2)材料チャージ 3)加熱温度確認
自動デスクレーラ		1)スケールの除去状態確認
3/4t ボードドロップ ハンマー(12kNm)	打撃力：シークス・コントロール	1)加熱温度確認 2)荒地(キズ、肉回り、バリ厚) 3)仕上げ(型ずれ、寸法、キズ)
80tクランクプレス		1)バリ残り、カジリ状態 2)寸法 3)形状、外観の確認
上記3と同じ	上記3と同じ	1)スケール
500tフリクションプレス		1)面粗度 2)寸法、 3)形状、外観の確認
		1)外観、寸法精度、面粗度

製品名 No.18 工具用ペンチ

製造のねらい	工 程	
外観面粗度および寸法精度	1	材料 材質： C-60M 外径： 18.0 0~+0.05 長さ： 5500mm
製品外観（写真添付）	2	切断 切断寸法： 227mm 曲がり： 1/200
	3	ショットブラスト
	4	保管
	5	加熱 ~
	6	スケール除去
	7	成形 1150 ±30
製品図（径・寸法・公差等明示）	8	トリミング
	9	ショットブラスト
	10	コイニング
	11	検査
	12	

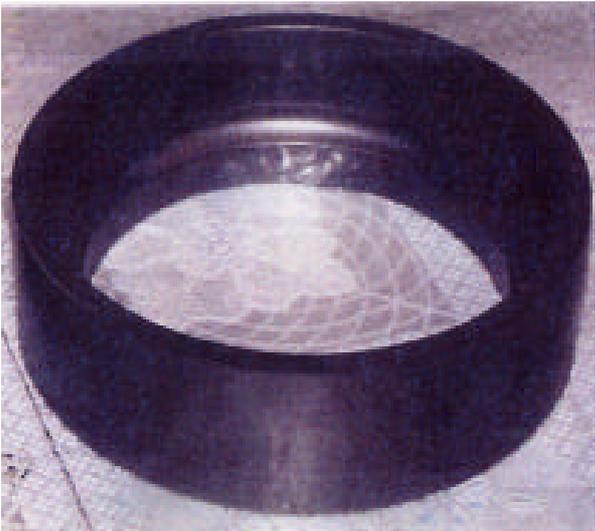
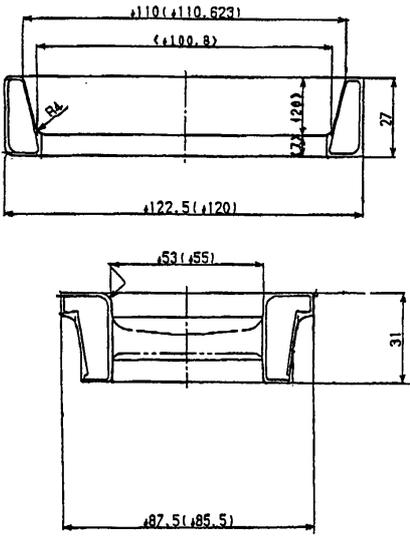
使用設備名	設定条件	管 理 ポ イ ン ト
受入クレーン		1)送り状(納品書) 2)ミルシート 3)材料径、外観確認
40tピレットシヤア		1)曲がり、切断面のカエリ
1000kg全自動 ショットブラスト	20M 粒径：1.2mm	1)スケール 2)表面キズ
自動搬送コンベア		1)識別表示 2)品名、番号確認
全自動回転炉 (都市ガス 13A)	1)炉内回転速度： 2)加熱時間： 3)風量：	1)品名、番号確認 2)材料チャージ 3)加熱温度確認
自動デスケラー		1)スケールの除去状態確認
3/4t ボードドロップ ハンマー(12kNm)	打撃力：シケス・コントロール	1)加熱温度確認 2)荒地(キズ、肉回り、バリ厚) 3)仕上げ(型ずれ、寸法、キズ)
80tクランクプレス		1)バリ残り、カジリ状態 2)寸法 3)形状、外観の確認
上記3と同じ	上記3と同じ	1)スケール
		1)外観、寸法精度、面粗度

製品名 No.19 工具用ニッパ

鍛造のねらい	工 程	
機械加工の削減	1	材料 材質： C-60M 外径： 12.7 0~+0.05 長さ： 5500mm
製品外観（写真添付） 	2	切断 切断寸法： 202mm 曲がり： 1/200
	3	ショットブラスト
	4	保管
	5	加熱 ~
	6	スケール除去
製品図（径・寸法・公差等明示） 	7	成形 1150 ±30
	8	トリミング
	9	ショットブラスト
	10	検査

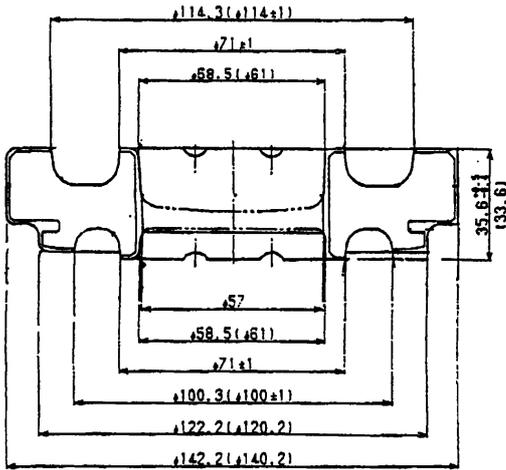
使用設備名	設定条件	管 理 ポ イ ン ト
受入クレーン		1)送り状(納品書) 2)ミルシート 3)材料径、外観確認
40tビレットシヤー		1) 曲がり、切断面のカエリ
1000kg全自動 ショットブラスト	20M 粒径：1.2mm	1)スケール 2)表面キズ
自動搬送コンベア		1)識別表示 2)品名、番号確認
全自動回転炉 (都市ガス 13A)	1)炉内回転速度： 2)加熱時間： 3)風量：	1)品名、番号確認 2)材料チャージ 3)加熱温度確認
自動デスケラー		1)スケールの除去状態確認
3/4t ボードドロップ ハンマー(12kNm)	打撃力：シケス・コントロール	1)加熱温度確認 2)荒地(キズ、肉回り、バリ厚) 3)仕上げ(型ずれ、寸法、キズ)
80tクランクプレス		1)バリ残り、カジリ状態 2)寸法 3)形状、外観の確認
上記3と同じ	上記3と同じ	1)スケール
		1)外観、寸法精度、面粗度

製品名 No.20 ベアリングリング

鍛造のねらい	工 程													
内、外輪一体鍛造分離 コスト低減	1	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">材料</td> <td style="width: 10%;">材質：</td> <td>SUJ-2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>状態：</td> <td>アズロール材</td> </tr> <tr> <td></td> <td>径状：</td> <td>55 ± 0.5</td> </tr> <tr> <td></td> <td>長さ：</td> <td>5500mm</td> </tr> </table>	材料	材質：	SUJ-2		状態：	アズロール材		径状：	55 ± 0.5		長さ：	5500mm
材料	材質：	SUJ-2												
	状態：	アズロール材												
	径状：	55 ± 0.5												
	長さ：	5500mm												
製品外観（写真添付） 	2	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">切断</td> <td style="width: 10%;">重量ネライ値</td> <td>± 1%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>重量：</td> <td>1600g</td> </tr> </table>	切断	重量ネライ値	± 1%		重量：	1600g						
	切断	重量ネライ値	± 1%											
		重量：	1600g											
	3	加熱 1050 ~ 1190												
	4	熱間鍛造 950 ~ 1100 1) 据え込み 2) 成形 3) 穴あけ 4) 分離												
5	外観検査													
製品図（径・寸法・公差等明示） 														

使用設備名	設定条件	管 理 ポ イ ン ト
受入クレーン	5t	1)材料チャージ、材質、材料径、重量、鋼材メーカー
450tピレットシヤ－	サイクルタイム 80個/分	1)切断重量の確認 2)切断材直角度 3)カエリの良否確認 4)異材の混入
高周波誘導加熱炉	80kW	1)加熱温度
2000tフォーミングプレス	1)プレススライド値 2)作動空気圧力 元圧： 7kg/cm ² プレーキ：5kg/cm ² 3)離型剤：黒鉛（水溶性） 希釈倍率20倍 4)金型材：SKD61 5)ストローク量：320mm	1)製品外観で欠肉は無い確認 2)製品全長の確認 3)製品外形の確認 4)製品直角度の確認 5)製品変身偏芯の確認 6)製品円筒度の確認
重量選別機	1)製品重量：10～15g	1)上、下限の設定 2)基準片での確認

製品名 No.21 ギヤブランク

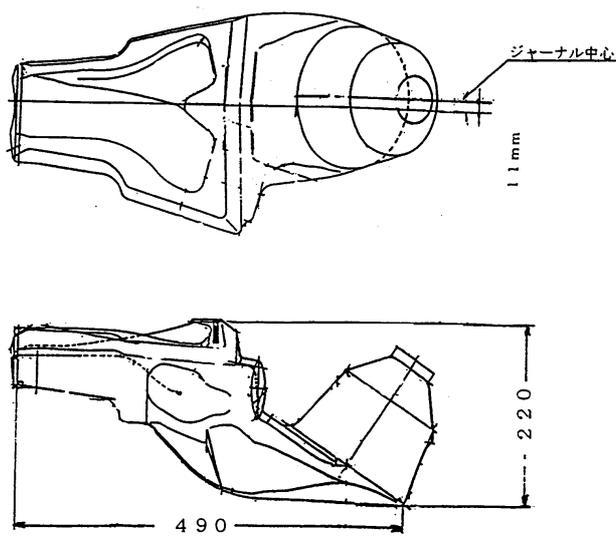
鍛造のねらい	工 程	
取りしるをできるだけ少なくしたブランク作り	1	材料 材質： SCr420H 状態： アズロール材 径状： 65 ± 0.5 長さ： 5500mm
製品外観（写真添付） <div style="text-align: center;">  </div>	2	切断 重量ネライ値 ± 1% 重量： 2635g
	3	加熱 1230 ~ 1270
	4	熱間鍛造 900 ~ 1250 1) 据え込み 2) 成形 3) 穴抜き
	5	外観検査
	製品図（径・寸法・公差等明示）	<div style="text-align: center;">  </div>

使用設備名	設定条件	管 理 ポ イ ン ト
受入クレーン		1)材料チャージ、材質、材料径、重量、 鋼材メーカ
600tピレットシャー	サイクルタイム 80個/分	1)切断重量の確認 2)切断材直角度 3)カエリの良否確認 4)異材の混入
高周波誘導加熱炉	80kW	1)加熱温度
2000tフォー징プレス	1)プレススライド値 2)作動空気圧力 元圧： 7kg/cm ² ブレーキ：5kg/cm ² 3)離型剤：黒鉛（水溶性） 希釈倍率20倍 4)金型材：SKD61 5)ストローク量：320mm	1)製品外観で欠肉は無いか確認 2)製品全長の確認 3)製品外形の確認 4)製品直角度の確認 5)製品変身偏芯の確認 6)製品円筒度の確認
重量選別機	1)製品重量：10～15g	1)上、下限の設定 2)基準片での確認

製品名 No.22 石油掘削ビットボディー

鍛造のねらい	工 程		
ねじれ要求強度の保証	1	材料	材質： SAE8720 状態： 180 材長： 5500mm
<div style="text-align: left;">製品外観（写真添付）</div> 	2	切断	長さ： 450mm 断面角： 3度以下
	3	加熱	
	4	スケール除去	
	5	鍛造	
	6	バリ抜き	
	7	熱処理	
	8	仕上げ・検査	
	9	完成検査	

製品図（径・寸法・公差等明示）

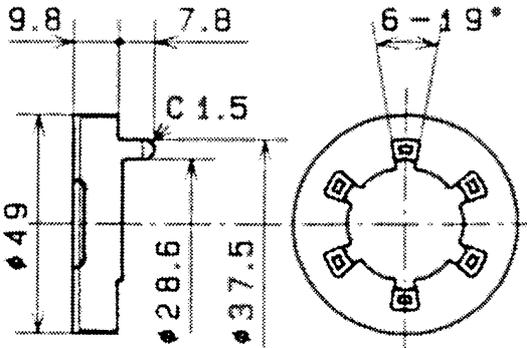
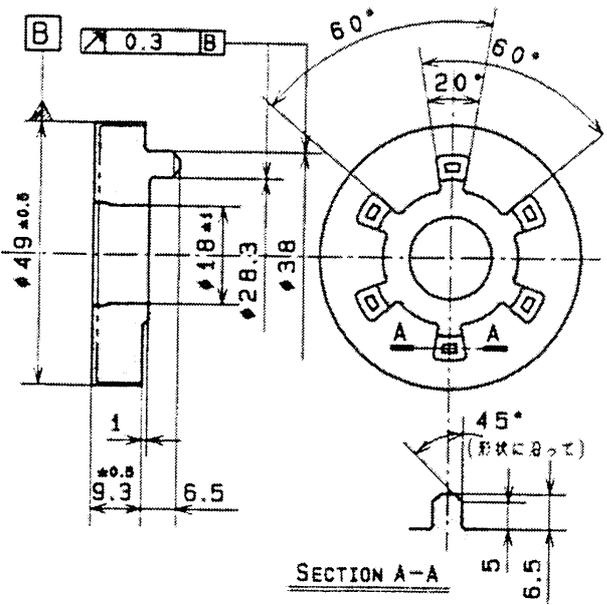


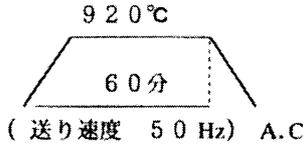
鍛造公差

長さ、幅 公差	+3 -1
厚さ公差	+3 -1
型ずれ公差	2以下
曲がり公差	1.5以下
バリ痕跡	1.5以下
指示なき R	7R

使用設備名	設定条件	管 理 ポ イ ン ト
鋼材供給架台	1)鋼材搬入指示票	1)材料チャージ、材質、全長寸法 材料径、表面疵の確認
バンドソー	定寸突当切断	1)切断長さ、曲がり確認
1.5t/H.Tパッチ炉	材料温度：1280 以下	ライン異常時の炉内滞留時間
高水圧デスクーラ	端面指示	除去率：90%以上
30tカウンターブロー ハンマー	1)据え込み：450L～370L 2)横潰 3)仕上げ打ち 4)位置合わせ指示	1)打撃数：1 2)打撃数：2 3)打撃数：10 4)製品直角度の確認
1000tセッティングプレス	上下セット精度確認指示	嚙り：1.5mm バリ残り：1.5
連続焼ならし炉 セッティングプレス	保持温度、時間管理	N： 910 時間：180分
ショットブラスト 磁気探傷機	投射時間：15分 ショット粒：1.0～1.5mm	凹部の上がり確認
目視・脱磁気	標準管理指示票	疵、寸法、肌不、脱磁8ガウス以下

製品名 No.23-1 自動二輪用ギヤ、フォースピニオン

<p>鍛造のねらい</p> <p>1)角ダボ部の鍛造黒皮仕様</p>	<p>工 程</p> <p>1 材料 材質： SMC420 状態： 25 材長： 5500mm</p>
<p>製品外観 (写真添付)</p> 	<p>2 切断</p> <p>25 × 39 = 150g</p> <p>3 型打 1200 熱鍛品要求仕様</p> 
<p>製品図 (径・寸法・公差等明示)</p> 	<p>4 焼準 HRB 82 ~ 92</p> <p>5 ショットブラスト</p> <p>6 ボンデ</p>

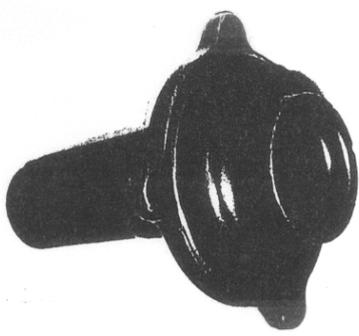
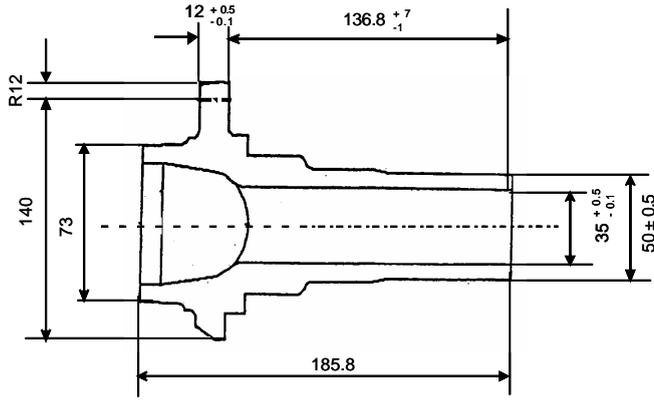
使用設備名	設定条件	管理ポイント
材料供給架台		1) 材質、材料チャージ、全長寸法 材料径確認
250tビレットシャー	サイクルタイム：3/s	1) 切断面の傾き 2) カエリ
630tフォーミングプレス 400tトリミングプレス	1) 成形条件 加熱：1150 ±50 荷重：180～220t 2) 金型材質	1) ダボ尖端の欠肉 2) 縦バリ高さ 3) 全寸法
連続ならし炉	パンチ：SKD61 ダイ：MDC-K ポンチ：SKD61 ピン：SKD61	
焼準炉	焼準炉の熱処理サイクル 	硬度；HRB82～92
縦型ショットブラスト	1) 粒径：1.0以下 2) 処理時間：20分	1) スケール残り
ボンデ処理自動機	1) 湯洗 60～80 10分 2) 皮膜化成 80～85 10分 3) 湯洗 60～80 10分 4) 潤滑 60～80 5分	1) 皮膜濃度 測定頻度 2回/日 2) 潤滑濃度 測定頻度 1回/日

製品名 No.23-2 自動二輪ギヤ、フォースピニオン

管理チェックポイント注 留意点記入欄	工 程
	7 冷間穴抜き (16穴抜き)
	8 コイニング 精鍛品要求仕様 製品図通り
	9 検査
	10 防錆

使用設備名	設定条件	管理ポイント
150tトリミングプレス トリミングプレス (冷間穴抜き)	金型材質 ポンチ : SKD11 ダイ : SKD11	1) ホンチとダイの芯出し 2) ポンチ、ダイのヘタリ、カケ 3) 穴抜き寸法
630tコイニングプレス (冷間コイニング)	成形条件 1) 荷重 : 380 ~ 420t 2) 金型材質 ポンチ : SKD11 ダイ : SKD11 ピン : SKD11	1) 加工基準面のコイニング当たり面 2) 縦バリ高さ
	外観検査	1) 角ダボ先端の欠肉 2) 製品図各寸法確認
	防錆油塗布	

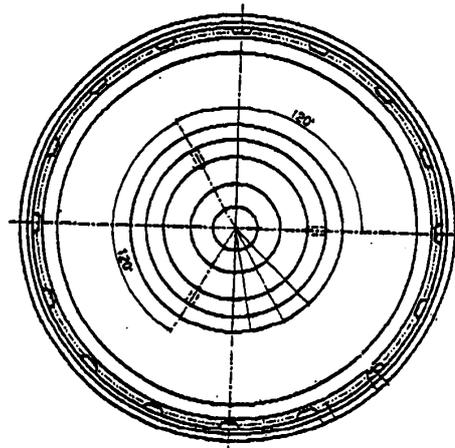
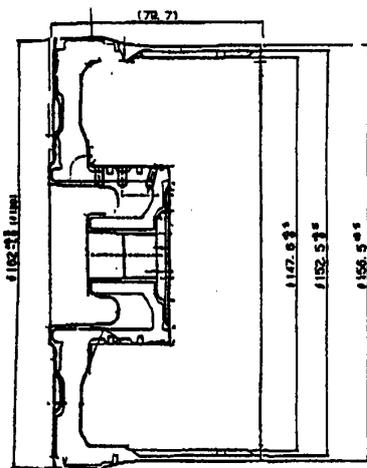
製品名 No.24 ハウジングエンド

鍛造のねらい	工 程	
1)冷間サイジングによる深穴内面の高精度（黒皮使用） 2)軸部冷間サイジングによる強度アップ（低級鋼化）	1	材料 材質： SMnC420 状態： アズロール材 径状： 75 ± 1.1 長さ： 7000mm
製品外観（写真添付） 	2	切断 1)切断重量： 4745g 2)端面角度： 3度以下
	3	加熱 加熱温度： 1230 ± 30
	4	成型 1荒 2荒 仕上 穴抜き 外バリ抜き（5工程）
	5	熱処理 1)鍛造焼入焼き戻し 2)硬さ： HB311 ~ 262
	6	ショットブラスト スケール除去
	7	潤滑処理 ボンデライト ・ボンデリューベ処理
	8	冷間サイジング
	製品図（径・寸法・公差等明示） 	9
10		検査

使用設備名	設定条件	管理ポイント
2.5tレールマスタークレー 材料供給架台	母材（材料）かんぱんによる	1)鋼材プレート（タグ）と母材かんぱんとの照合 2)材質、径、長さ、チャージNo.、鋼材メーカー名などの確認
1250tピレットシャー	1)使用する切断刃の径： 75 2)刃のクリアランス 3)切断重量公差： ±50g	1)鋼種 2)切断重量 3)切断面の傾き、カエリおよび割れの確認
600kW高周波誘導加熱炉	1)加熱電圧：584V 2)送り速度：7.8mm/s	加熱温度
2500tフォーミングプレス （3工程） 200tトリミングプレス	1)ラムストローク： 355.6mm 2)ストローク数： 50spm 3)シャットハイト： 884mm 4)離型剤： 油性黒鉛 5)型打加重	1)成型品の外観（欠肉、くびれ） 2)型ズレ、芯ズレ 3)各部寸法
ソルブル焼入れ層 連続焼き戻し炉	1)ソルブル濃度 2)焼入れ前製品温度 3)焼き戻し炉温度： 500～600	1)作業要領書に記載 2)硬さ 3)温度の確認
ショットブラスト機	1)投射時間：10分 2)ショット	スケール・錆の無いこと
ボンデ自動処理装置	脱脂槽、化成槽、潤滑槽等の得気温度と時間については 「第2章、冷間鍛造の潤滑」の鋼を参照のこと	作業要領書に記載
200tトリミングプレス	上記6と同じ	上記6と同じ
磁粉探傷機	1)磁粉液濃度： 0.2% 2)磁化電流値： 1000A 3)照度： 2000 μW/cm ²	1)キズが無いこと 2)脱磁状況

製品名 No.25-1 クラッチドラム

鍛造のねらい 鍛造製品による一体化複合成型品	工 程		
	1	材料	材質： SCr420H 状態： 70±0.5 材長： 5500mm
製品外観（写真添付） 	2	切断	重量ネライ値±1% 重量： 4000g
	3	加熱	1230 ~ 1270 or. 1250 +20 ~ -30
	4	熱間鍛造	900 ~ 1250 1) 据え込み 2) 成型 3) 穴抜き
	5	外観検査	
	6	熱処理	焼鈍
	7	ショットスケール除去	
	8	旋削	
	製品図（径・寸法・公差等明示）		

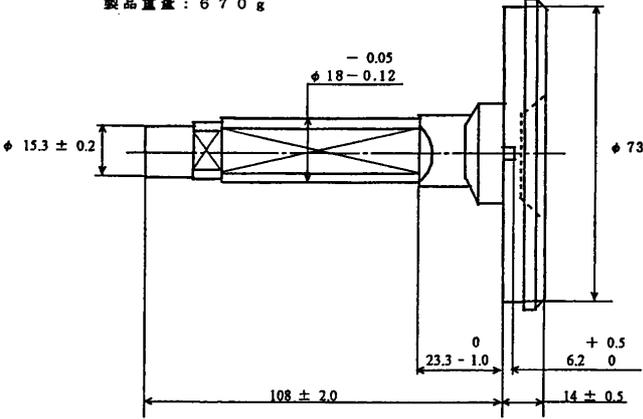


使用設備名	設定条件	管理ポイント
フローフォーミング機	1)成型条件 回転数 送り速度 切断面減少	1)製品スプライン諸元の確認 2)製品内外径の寸法確認 3)せいひん
NC旋削	1)加工条件 回転数 送り速度 工具選定	1)切断重量の確認 2)切断重量直角度 3)カエリの良否確認 4)異材の混入
高周波誘導加熱炉	800kW	加熱温度
2500tフォーミングプレス	1)プレススライド値 2)作動空気圧力 元圧：7kg/cm ² ブレーキ：5kg/cm ² 3)離型材：黒鉛（水溶性）	1)製品外観欠肉は無い確認 2)製品全長の確認 3)製品外形の確認 4)製品偏芯の確認
重量選別機	1)製品重量 -10g ~ +15g	1)上、下限の設定 2)基準片での確認
熱処理 焼鈍	1)処理温度： 880 焼きなまし	1)硬度(HB130 ~ 140)
ショットブラスト機	1)時間： 30分	1)スケール残り
旋削加工	1)加工条件 回転数 送り速度 工具選定	1)面粗度、直角度 2)外形寸法、内径寸法 3)幅寸法 4)チップ寿命

使用設備名	設定条件	管理ポイント
フローフォーミング機	1) 成型条件 回転数 送り速度 切断面減少	1) 製品スプライン諸元の確認 2) 製品内外径の寸法確認 3) せいひん
NC旋削	1) 加工条件 回転数 送り速度 工具選定	1) 切断重量の確認 2) 切断重量直角度 3) カエリの良否確認 4) 異材の混入
高周波誘導加熱炉	800kW	加熱温度
2500tフォーミングプレス	1) プレススライド値 2) 作動空気圧力 元圧：7kg/cm ² ブレーキ：5kg/cm ² 3) 離型材：黒鉛（水溶性）	1) 製品外観欠肉は無いか確認 2) 製品全長の確認 3) 製品外形の確認 4) 製品偏芯の確認
重量選別機	1) 製品重量 -10g ~ +15g	1) 上、下限の設定 2) 基準片での確認
熱処理 焼鈍	1) 処理温度：880 焼きなまし	1) 硬度(HB130 ~ 140)
ショットブラスト機	1) 時間：30分	1) スケール残り
旋削加工	1) 加工条件 回転数 送り速度 工具選定	1) 面粗度、直角度 2) 外形寸法、内径寸法 3) 幅寸法 4) チップ寿命

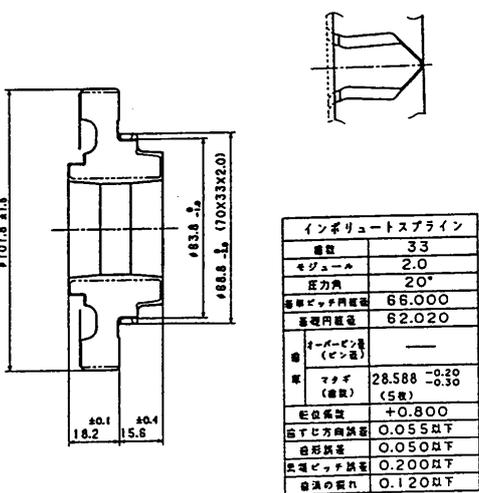
使用設備名	設定条件	管理ポイント
フローフォーミング機	1)成形条件 回転速度 送り速度 断面減少率	1)製品スプライン諸元の確認 2)製品内外径の寸法確認 3)製品段差の確認 4)製品外観の確認
NC旋削	1)加工条件 回転数 送り速度	1)製品幅寸法の確認 2)チップ寿命
検査台	1)目視検査	1)製品外観 2)チップ寿命
防錆タンク	1)REVENP-390S	1)水抜き / 毎日

製品名 No.26 ロッドシャフト

鍛造のねらい	工 程	
1) シャフトとフランジの一体化 2) 複合鍛造によるニアネットシェイプ化	1	材料 材質： S15C 状態： 42±0.6黒皮材 材長： 6000mm
製品外観（写真添付） 	2	切断 重量： 730g 角度： 2°以下
	3	加熱 温度： 12,000±50
	4	型打ち 熱間鍛造品 外バリ抜き
	5	熱処理 硬さ： HRB80以下 球状化焼鈍
	6	ショットブラスト
	7	潤滑処理
	製品図（径・寸法・公差等明示）	8
製品重量：670g 	9	外観検査

使用設備名	設定条件	管理ポイント
鋼材受入ヤード		1) 材質、材料チャージ、材径の確認 2) 端面状況、曲がり無きこと確認 3) ミルシート内容確認 4) 火花試験による材質確認
300tピレットシャー	使用ブレード： 42 重量電圧： ± 10g	1) 切断面の傾き、カエリの確認 2) 切断重量の確認
300kW高周波誘導加熱炉	1) 送り速度： 6.0mm/sec 2) 加熱電圧： 600V	1) 適正加熱温度の確認 2) コイル内冷却水量の確認
700tフォーミングプレス 150tトリミングプレス	1) 動作空気圧： 5kg/cm ² 2) 型打ち工程 据え込み - 前方押出 - 仕上げ成形	1) 厚さ、長さ寸法、型ズレ量確認 2) 軸部曲がり確認 3) バリ残り程度確認 4) 水溶性、黒鉛離型剤濃度確認
パッチ式電気炉	<p>ヒートパターン 780°C 720°C 炉冷 500°C 空冷 6h 1h 24h</p>	1) 設定温度 2) 硬さチェック： 5ヶ / ロット 3) 計器類の定期点検： 6ヶ月毎
ドラム式ショットブラスト	1) 装入量： 800kg 2) 投射時間： 20分 3) ショット粒： 0.8mm	1) スケール除去、錆無きこと確認 2) 表面の光沢確認 3) インペラ電流値 4) 投射時間設定タイマー
ボンデライト処理装置	潤滑処理はボンデライト処理の標準条件 1) 処理時間： 1 ~ 20分 2) 処理速度： 常温 ~ 90	1) 脱脂液、酸洗液、被膜液、中和液潤滑液の濃度 2) 各工程の処理時間、処理温度 3) 液のチェック頻度： 2回 / 日 4) 計器類の定期点検： 6ヶ月毎
1000tクランクプレス	1) ダイハイト： 967mm 2) 所要加重： 450Ton	フランジ部段差公差： +0.5 0 -0.05 2) 軸部厚さ公差： -0.12
	目視検査	1) キズ、割れ、肌不良、欠肉無きこと確認

製品名 No.27-1 ワンピースクラッチギヤ

鍛造のねらい	工 程	
1)加工品に比べ工程の短縮で、コストダウン 2)スピードギヤとドッグギヤの一体化で、ドッグギヤの強 が向上 3)鍛造で得られる滑らかなR形状で、シフトフィーリング が向上	1	材料入庫 材質： SCr420 状態： アズロール材 材長： 5500mm
製品外観（写真添付） 	2	材料切断
	3	材料加熱
	4	型打ち 1工程 潰し 2工程 ブロッカ 3工程 フィニッシャ 4工程 穴抜き（ピアス） 5工程 排出
	5	熱処理 焼ならし
	6	ショットブラスト
製品図（径・寸法・公差等明示） 	7	潤滑

使用設備名	設 定 条 件	管 理 ポ イ ン ト
5TON門型クレーン	材料径 48 ± 0.7mm	1析料成分 ミルシート 2外径 ノギスチェック 3曲がり 3mm以下
400tピレットシャー	上下丸刃クリアランス 0.2 - 0.3mm	1 切断面角度 1°以下 2 端面のカエリ 0.5mm以下 3 管理基準 質量 1.05kg ± 7g
1000kw インダクションヒー	加熱温度1150 - 1180 コイル径 55mm用	1 放射温度計
1600t 自動フォーjingプレ	シャットハイト 912mm ボトムノックアウトストローク 30mm リフトストローク 60mm 型打ちストローク 20SPM (全工程打ち) 金型析質 歯型ダイス YXR - 33 その他ダイス SXD - 61	1 潰し径 98mm ± 1.0 2 ブロツカ コーナ欠肉R2以下 縦バリ不可 3 ファイニツシャ 歯型の欠肉 0.5以下 片薄 0.5以下 備芯 0.2以下 縦バリ 1.5以下 4抜きズレ 1.5以下 5歯型精度 (熱間管理図面による)
焼準炉 (バッチ式)	条件 920 1時間35分 保持後 空冷	1硬さ HB149 ~ 209
SB30 スーパータンブラスト	投射初速 73m / sec 最大投射量 380kg / min カットワイヤ 0.8mm	1 投射時間 12分 2 歯部のスケール完全除去 3 歯部の当たりキズ不可
モリプデン処理装置	処理タクト 16min 処理剤 ケミリユーベ 470	1 歯形の隅部に潤滑剤の溜まりが無いこと 2 歯形の全体に均一に潤滑剤がついていること

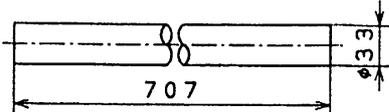
製品名 No. 27-2 ワンピースクラッチギヤ

管理チェックポイント(注:留意点)記入欄	工 程
	8 冷間ストレート成形
	9 冷間コニカル成型
	10 ブランク加工
	12 完成検査

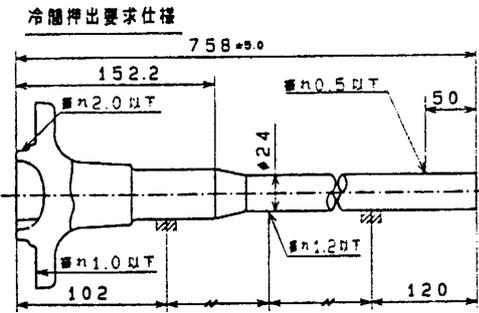
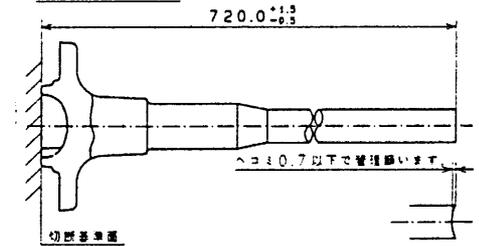
使用設備名	設定条件	管理ポイント
800t ナックルジョイントプレス	型打ちストローク 16SPM シャットハイト 912mm ボトムロックアウトストローク 11.1mm	1 歯型精度 大径、小径、マタギ 2 歯型ダイスのチップング 3 トランスファーによる置きズレ 4 歯型ダイス隅部への潤滑剤固着
200t ナックルジョイントプレス	型打ちストローク 16spm シャットハイト 580mm ボトムロックアウトストローク 3.9mm	1 歯形精度 大径、小径、マタギ 2 コニカル角度 ストレート残り不可 3 累積ピッチ誤差 0.2mm以下
NC旋盤	加工作業要領書	1 歯形の大径基準にてブランク加工 をする（基準の移し替え） 2 歯形に対する直角度、同芯度
三次元測定機 歯車測定機 コントレーサ		1 歯形精度 歯形誤差 0.05以下 歯スジ誤差 0.055以下 歯ミゾの振れ 0.120以下 累積ピッチ誤差 0.200以下 2 加工時のカエリ除去 3 主要寸法チェック

製品名 No.28-1リヤアクスルシャフト

鍛造のねらい	工 程																																																												
1) シャフトとフランジ部の一体化	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 15%;">材料</td> <td style="width: 15%;">材質： S43C</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>状態：</td> <td>33、+0.5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>材長：</td> <td>5820mm</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	1	材料	材質： S43C						状態：	33、+0.5						0					材長：	5820mm																																						
1	材料	材質： S43C																																																											
		状態：	33、+0.5																																																										
			0																																																										
		材長：	5820mm																																																										
製品外観（写真添付）	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 15%;">ショットブラスト</td> <td style="width: 15%;">表面荒粗：</td> <td style="width: 15%;">軸部 20S</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>端面 50S</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">3</td> <td style="width: 15%;">引き抜き 曲がり：</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">1/600mm</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">4</td> <td style="width: 15%;">切断</td> <td style="width: 15%;">端面直度：</td> <td style="width: 15%;">0.2以下</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>端面のあたり</td> <td>50%</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">5</td> <td style="width: 15%;">アブセット</td> <td style="width: 15%;">金型余熱</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>下型インプレッション軸</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>入り口部：</td> <td>100 ~ 150</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>据え込み</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">6</td> <td style="width: 15%;">型 打</td> <td style="width: 15%;">1200</td> <td style="width: 15%;">±50</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;"></td> </tr> </table>	2	ショットブラスト	表面荒粗：	軸部 20S						端面 50S			3	引き抜き 曲がり：		1/600mm			4	切断	端面直度：	0.2以下					端面のあたり	50%			5	アブセット	金型余熱						下型インプレッション軸						入り口部：	100 ~ 150					据え込み				6	型 打	1200	±50		
2	ショットブラスト	表面荒粗：	軸部 20S																																																										
			端面 50S																																																										
3	引き抜き 曲がり：		1/600mm																																																										
4	切断	端面直度：	0.2以下																																																										
		端面のあたり	50%																																																										
5	アブセット	金型余熱																																																											
		下型インプレッション軸																																																											
		入り口部：	100 ~ 150																																																										
		据え込み																																																											
6	型 打	1200	±50																																																										
製品図（径・寸法・公差等明示）	<p style="text-align: center;"><u>熱鍛品要求仕様</u></p>																																																												
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">7</td> <td style="width: 15%;">ショットブラスト</td> <td style="width: 80%;">上記2と同じ</td> </tr> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">8</td> <td style="width: 15%;">潤滑処理</td> <td style="width: 80%;"></td> </tr> </table>	7	ショットブラスト	上記2と同じ	8	潤滑処理																																																							
7	ショットブラスト	上記2と同じ																																																											
8	潤滑処理																																																												

使用設備名	設定条件	管理ポイント
材料供給架台	鋼材搬入指示票：8ヶ取り	1)材料チャージ、材質、全長寸法、材料径確認
連続ショットブラスト	5mm/min (粒径 1.4mm)	1)表面キズの有無確認 2)スケール除去、錆無し、確認 3)ショットのかかり具合確認
連続引き抜き機		1)引き抜き径は適正か、確認 2)引き抜き表面にダイスキズの有無確認 3)引き抜き材に曲がりはないか確認
150tピレットシャー (CADDY63)	最低サイクルタイム：10s/個	1)切断面の傾き、カエリの良否確認
電気アプセッタ	1)アングルクリッパー間寸法：130m/m 2)据え込みスピンドル高さ調整：470m/m 3)油圧調整ゲージ目盛り： 低圧：50kg/cm ² 高圧：90kg/cm ² 4)電流調節：340A 5)ターンテーブル回転速度調節 12s/個	1)据え込み寸法適正確認する 2)ダンゴの形状に異常はないか確認 3)アンビルの摩耗でダンゴにキズはないか確認 4)適正加熱温度の確認 5)軸にスパイクキズはないか確認
1000tピンセントプレス	1)プレストロック：750m/m 2)打撃エネルギー調整目盛り上より： 上昇：35 下降：30 3)作動空気圧力 元圧：6.5kg/cm ² ブレーキ：6.5kg/cm ² サイドディスク：3.7kg/cm ² バランスシリンダ：5.5kg/cm ² 4)離型剤：水溶性白色離型剤 10倍希釈・使用	
上記2と同じ	上記2と同じ	上記2と同じ
ボンデ処理自動専用機	脱脂 化成 潤滑剤 液濃度 35～40 30～15 15～25 液温度 80～85 処理時間 30分 (サイクル 30s/3本)	

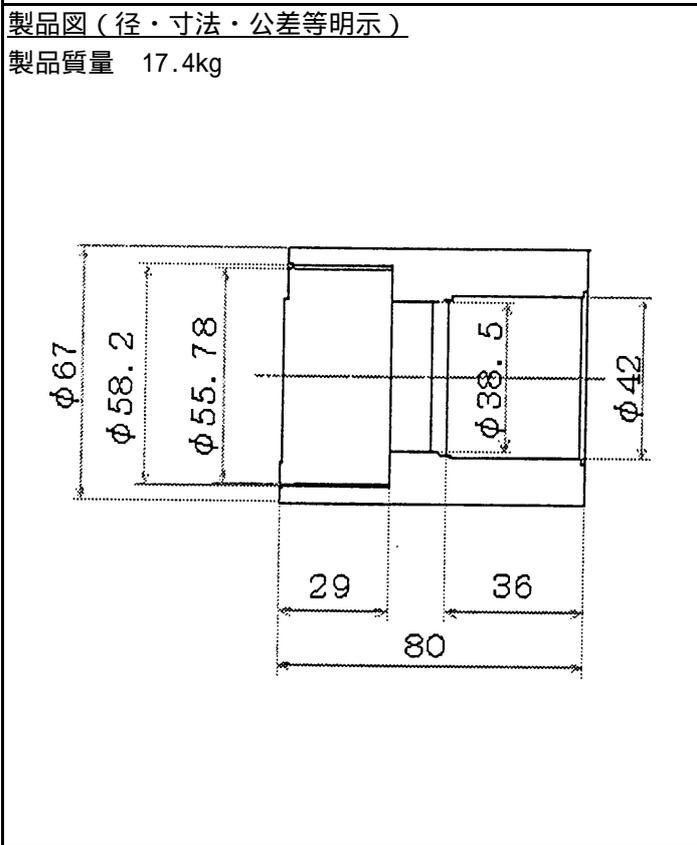
製品名 No. 28-2 リヤアクスルシャフト

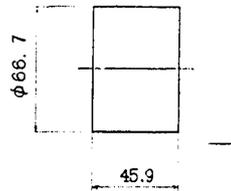
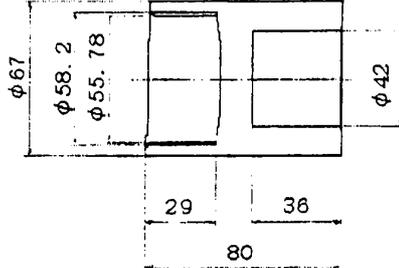
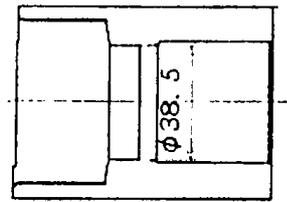
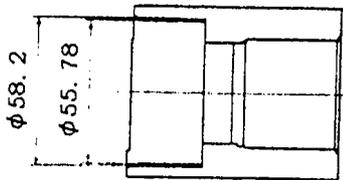
管理チェックポイント(注:留意点)記入欄	工程
	<p>9 冷間押し出し</p> <p>冷間押し出し要求仕様</p> 
	<p>10 曲がり直し</p>
	<p>11 定寸切断</p> <p>定寸切断 定寸切断要求仕様</p> 
	<p>12 内部欠陥検査</p>
	<p>13 外観検査</p>

使用設備名	設定条件	管理ポイント
エリー押出機	サイクルタイム 10s/個	1)ダイス焼き付きによるキズの有無 2)押出部の軸径段差長確認 3)軸径： 24±0.3
ロンド矯正機		1)各部の振れ
CADDY50		1)長さ：720 +1.5 2)へコミ
超音波探傷機	作業開始前每キズサンプルにて探傷機の精度確認	1)全傷無きことの確認
	目視検査	1)キズ、割れ、肌不、欠肉の無きこと確認

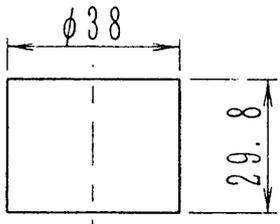
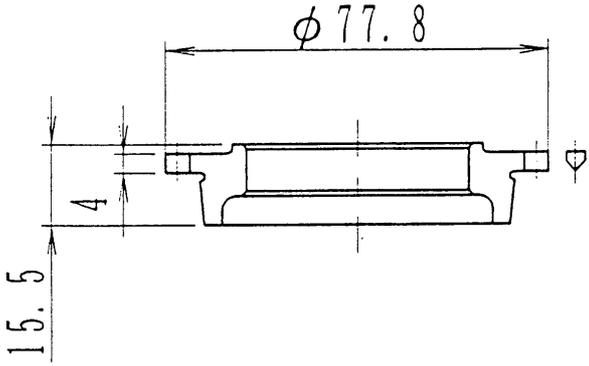
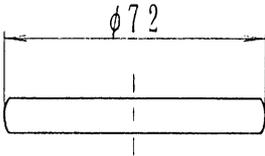
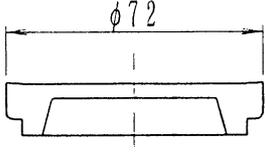
製品名 No.29 デブロックスリーブ

鍛造のねらい
 1)内スプライン成形
 2)スプライン精度：JIS6級
 3)前後方押し成型による2部品一本化



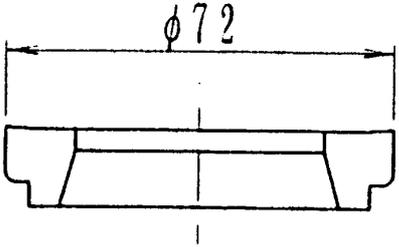
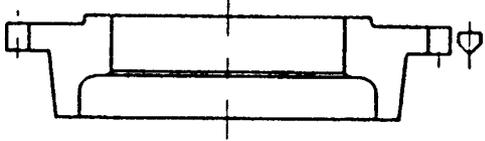
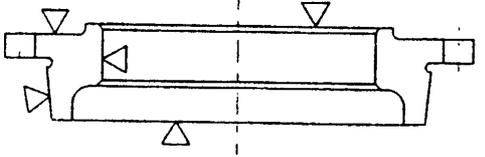
工 程	
1	材料 材質：SCM420相当 状態：ピーリング材
2	鋸切断 
3	熱処理
4	潤滑処理
5	前後方押し出 
6	打ち抜き 
7	矯正 
8	検査

製品名 No.30-1 シンクロギヤ

鍛造のねらい 1)チャンファー部とスプラインを同時成形する 2)歯車精度：JIS6級 3)歯溝振れ：50μ	工 程	
	1	材料 材質：SCr420H 状態：ピーリング材
製品外観（写真添付） 	2	鋸切断 
	3	潤滑処理
製品図（径・寸法・公差等明示） 製品質量 17.4kg 	4	据え込み 
	5	歪み取りやきなまし
	6	潤滑処理 上記3.と同じ
	7	前方押出 

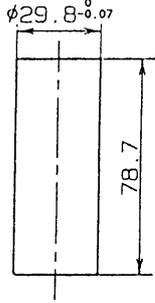
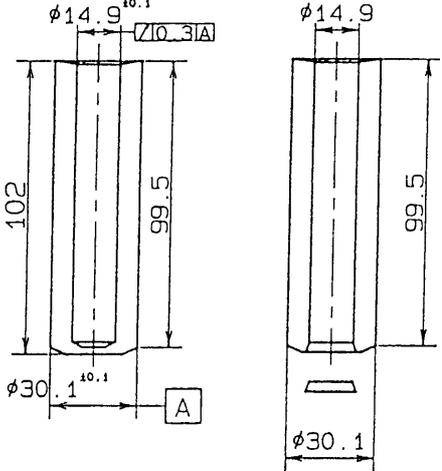
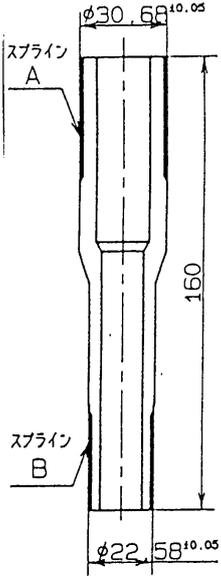
使用設備名	設定条件	管理ポイント								
バーターニングマシン 材料供給架台	1)周速：120m/min 2)送り：2m/min	1)管理方法：チップ寿命								
1)帯鋸 または 2)丸鋸	1)加工速度：1000mm/min 2)送り速度：60min 1)加工速度：2000mm/min 2)送り速度： <table border="1" data-bbox="571 719 877 831"> <thead> <tr> <th>材料径</th> <th>送り速度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>φ75～100</td> <td>480mm/min</td> </tr> <tr> <td>φ46～70</td> <td>640mm/min</td> </tr> <tr> <td>φ26～44</td> <td>800mm/min</td> </tr> </tbody> </table>	材料径	送り速度	φ75～100	480mm/min	φ46～70	640mm/min	φ26～44	800mm/min	1)管理方法：重量管理 2)重量は5g毎に選別しロットに分ける 3)切断面の傾き、カエリおよび割れ `+5 (切断重量：265g-0g)
材料径	送り速度									
φ75～100	480mm/min									
φ46～70	640mm/min									
φ26～44	800mm/min									
	1)潤滑条件 a)潤滑処理工程はボンデライト、 ボンデリュウベ処理の標準 処理条件とする	1)液のチェック頻度：2回/1日 a)液1000ℓに対し処理量2t/日 (化成の場合) b)液のチェックは水分を補給 してから行う								
800tナックルプレス	成形条件 1)圧下率：40% 2)変形圧力：100kg/mm ² 3)所用加重：360t	1)厚み公差：±0.15								
連続焼鈍炉	連続焼鈍炉の熱処理サイクル 720 × 1.0Hr	1)有効炉内温度分布：720 ±10 2)N ₂ ガスにて封入（プロパンガスを 微量添加） 3)露点管理を行う 4)熱電対の定期点検：6ヶ月毎 5)熱処理後の硬度チェック：3個/LOT								
	上記3.と同じ	上記3.と同じ								
800tナックルプレス	成形条件 1)減面率：76% 2)成型圧力：220kg/mm ² 3)所用荷重：670t	1)底厚公差：±0.2 2)偏芯公差：0.3T.I.R								

製品名 No. 30-2 シンクロギヤ

管理チェックポイント(注:留意点)記入欄	工 程
	<p>8 打ち抜き</p>  <p>A technical drawing of a gear blank. It shows a cylindrical shape with a diameter of 72mm, indicated by a dimension line and the symbol $\phi 72$. The drawing is a half-profile with a vertical centerline. The gear has a flat top surface and a slightly tapered bottom surface.</p>
	<p>9 歪み取り焼きなまし 上記5.と同じ</p>
	<p>10 潤滑処理 上記3.と同じ</p>
	<p>11 歯形成形</p>  <p>A technical drawing of a gear with teeth. It shows a cylindrical shape with a vertical centerline. The gear has a flat top surface and a slightly tapered bottom surface. The teeth are formed on the outer diameter. There are small circles on the ends of the gear, possibly representing mounting holes or chamfers.</p>
	<p>12 逆テーパ成形</p>  <p>A diagram showing the reverse taper forming process. It consists of two trapezoidal shapes with a vertical centerline, connected by a horizontal arrow pointing from left to right. The left shape is wider at the top and narrower at the bottom, while the right shape is narrower at the top and wider at the bottom, representing the reverse taper.</p>
	<p>13 機械加工</p>  <p>A technical drawing of a gear with mechanical processing marks. It shows a cylindrical shape with a vertical centerline. The gear has a flat top surface and a slightly tapered bottom surface. The teeth are formed on the outer diameter. There are several small triangles pointing to specific areas on the gear, indicating mechanical processing or inspection points.</p>
	<p>14 検査</p>

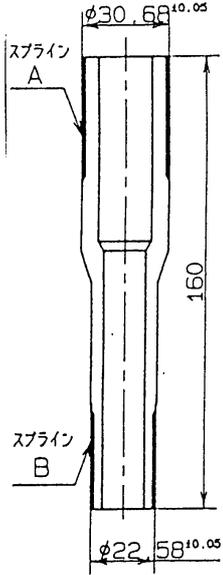
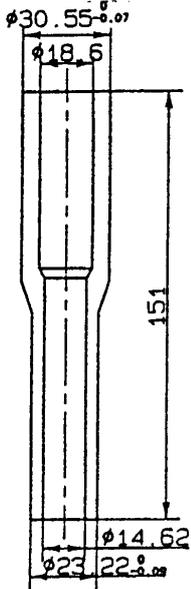
使用設備名	設定条件	管理ポイント
60tクランクプレス	成形条件 1) 剪断力：40kg/mm ² 2) 抜きのクリアランス：板厚の0.2%	
上記5.と同じ	上記5.と同じ	上記5.と同じ
上記3.と同じ	上記3.と同じ	上記3.と同じ
800tナックルプレス	成形条件 1) 成形圧力：200kg/mm ² 2) 所用加重：610t	1) 歯厚公差：±0.2 2) 偏芯公差：±0.3T.I.R
60tクランクプレス	成形条件 1) 所用加重：20t	1) オーバーホール径の公差：0.05以下
NC旋盤	加工条件 1) 切削速度：200m/min 2) 送り：0.2mm.rev	1) 歯溝振れ：50μ以下
歯車試験器	検査頻度 1) 3個 / 金型ロット	1) 歯車精度：JIS4級

製品名 No.31-1 タービンシャフト

<p><u>鍛造のねらい</u></p> <p>1)精密中空スプラインシャフト 2)スプライン精度：SAE4級 3)精密中空ビレットの冷鍛成形</p>	<p>工 程</p>	
<p><u>製品外観（写真添付）</u></p> 	<p>1</p>	<p>材料</p> <p>材質： SCM440H 状態： センターレス 研磨仕上げ</p>
	<p>2</p>	<p>切断（のこぎり切断+面取り）</p> 
	<p>3</p>	<p>潤滑処理</p>
	<p>4</p>	<p>前方押出+穴抜き</p> 
<p><u>製品図（径・寸法・公差等明示）</u></p> <p>製品質量 17.4kg</p> 		

使用設備名	設定条件	管理ポイント
ピーリングマシン	1)周速：100m/min 2)送り：4～8m/min 1)周速：2200m/min 2)送り：2.5m/min	1)管理方法：チップ寿命 1)外径測定：2回 / 直 2)外観検査：1回 / 30分
丸鋸 + 面取り	1)加工速度：2000mm/sec 2)送り速度：800mm/sec	1)管理方法：重量管理 重量：427 ± 1.5g
ボンデライン	1)潤滑条件 ボンデライト、ボンデリューベ処理 2)潤滑液の管理基準 作業標準書に準ずる。	1)液更新基準 a.脱脂：油分量 5g/L以上 b.酸洗：熔解鉄 80g/L以上 c.潤滑：鉄分 + 亜鉛鉄分 1g/L以上 2)液のチェック頻度：4回 / 1日 3)液の管理：濃度管理
600tトランスファープレス	1)成形条件（穴成形） a.減少率 = 25% b.変形圧力 = 280kg/mm ² c.所用加重：= 50t d.金型材質 ダイ SKD11 パンチ 超硬	1)内径の振れ：0.3以下
	2)成形条件（穴抜き） a.抜き長さ：3mm b.変形圧力：30kg/mm ² c.所用加重：3t d.金型材質： パンチ SKH51	1)内径部にかじり無し

製品名 No. 31-2 タービンシャフト

管理チェックポイント(注:留意点)記入欄	工 程
	5 焼きなまし 硬度: HRB81 ~ 91
	6 潤滑処理
	7 絞り 
	8 潤滑処理
	9 スプライン成形 

使用設備名	設定条件	管 理 ポ イ ン ト
連続焼鈍炉	連続焼鈍炉のサイクル a. 昇温1：670～840 1.5時間 b. 昇温2：810～840 1.0時間 c. 均熱：820～840 1.5時間 d. 徐冷：2.0時間 e. 急冷：2.0時間	1)各ゾーンの温度管理 2)N2ガス、プロパンガス流量、真空計設定値、O2センサー基準エアーク流量、ヒーター電流の管理 3)熱処理後の硬度チェック 3回/1直
ボンデライン	上記3.と同じ	上記3.と同じ
1)400tリンクプレス	1)成形条件 a. 減少率 = 52% b. 変形圧力=200t/kg/mm ² c. 所用加重=60t d. 金型材質 絞りダイ 超硬 マンドレル SKH51	1)内径の振れ：0.3以下 2)抜き破断面の方向管理
ボンデライン	上記3.と同じ	上記3.と同じ
1)200t油圧プレス	1)成形条件 a. 減少率 スプラインA=8% スプラインB=18% b. 変形圧力=200kg/mm ² c. 所用荷重=25t d. 金型材質 ダイ 超硬 マンドレル SKH51	1)歯溝振れ：50μ以下 2)オーバーピン公差：40μ以下
1)検査基準書に基づく	1)検査頻度 1個/1000個	1)スプライン精度 SAE4級

製品名 No.32 CVJインナーレース

鍛造のねらい

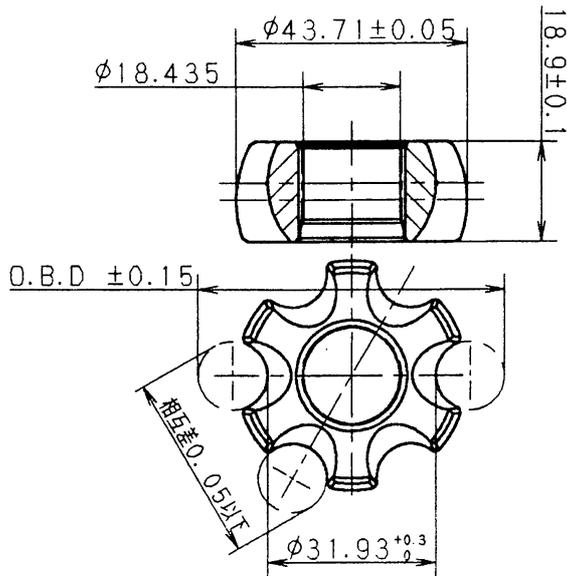
- 1) ナネットシャイプ
- 2) トラック溝研磨台を最小安定

製品外観 (写真添付)



製品図 (径・寸法・公差等明示)

製品質量 17.4kg



工 程

1	材料	材質: SAE8620H 状態: アズローズ材
2	ショット 引き抜き 矯正	
3	センターレス研磨	
4	切断 (シャー切断)	
5	焼きなまし 硬度: HRB 75~85	
6	潤滑処理	
7	プレフォーム + 成形 ± 穴抜き	
8	機械加工	
9	浸炭焼入れ	
10	検査	

使用設備名	設定条件	管理ポイント
ショットブラスト センターレスグラインダ	1)ショット粒径：0.8mm 2)減少率：10～12% b.昇温2：810～840 1.0時間 1)周速：2200m/min 2)送り：2.5m/min	1)スケールが残っていないか確認 2)外径測定 各1本/初品、終品 3)外観検査 各1本/初品、終品 1)外径測定 2回/1直 2)外観検査 各1本/20分
300tシャー	1)加工速度：60spm	1)管理方法：重量管理 重量：339±1.3g
連続焼鈍炉	連続焼鈍炉の熱処理サイクル	1)熱処理後の硬度チェック 3回/1直
ボンデライン	1)潤滑条件 ボンデライト、ボンデリューベ 処理 2)潤滑液の管理基準 作業標準書に準ずる	1)液更新基準 a)脱脂：油分量 5g/L以上 b)酸洗：溶解鉄 80g/L以上 c)潤滑：鉄分+亜鉛鉄分 1g/L以上 2)液のチェック頻度：4回/1日 3)液の管理：濃度管理
1200tトランスファー プレス	1)上下端面の平行だし 1)成形条件 a.据え込み率=59% b.変形圧力=210kg/mm ² c.所用加重=340t d.型閉塞圧=55t e.金型材質 パンチ SKH51 & 超硬 2)成形条件(抜き) a.抜き長さ：15.1mm b.変形圧力：165kg/mm ² c.所用加重：71t d.型閉塞圧：15t e.金型材質 パンチ SKH51 & 超硬	1)端面あたり面積：70%以上 1)オーバーボール径公差：±0.15 2)溝分割誤差：0.05以下 3)上下回転ずれ誤差：0.06以下 1)オーバーボール径公差：±0.15 2)溝分割誤差：0.05以下 3)上下回転ずれ誤差：0.06以下 4)穴抜き公差：±0.75
専用ライン(NC旋盤)	専用ライン加工標準に基づく	専用ライン管理標準に基づく
連続浸炭炉	連続浸炭炉の加工標準に基づく	1)連続浸炭炉の管理標準に基づく a.表面硬度：HRC60以上 b.硬化深さ：1.3～1.8mm c.組織検査：1回/12H
完成検査	検査頻度 1)専用検具による管理 3個/5バレ	検査基準に基づく

製品名 No.33-1 軸付内歯車

鍛造のねらい

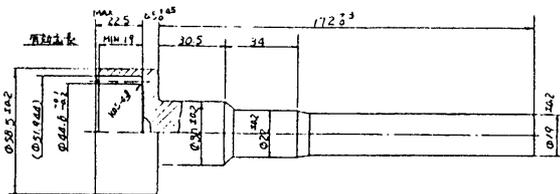
- 1)パイプ素材から切削・歯切加工をした歯車部分と熱間アプセット素材から切削した軸部を電子ビーム溶接により接合したものを、軸部と歯車部分を一体化して冷鍛成型する。
- 2)歯車部分の成型に重点をおき、軸部を含めて外形はNC旋盤で加工できる切削代をつける。
- 3)歯車部分は、JIS6級の精度を保証し、冷鍛のままで使用する。

製品外観（写真添付）



製品図（径・寸法・公差等明示）

製品質量 17.4kg



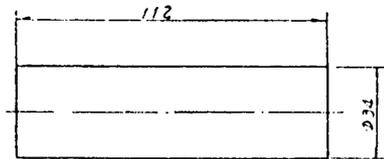
歯車仕様:

モジュール	1.5	セリフ量	R0.5
圧力角	20°	歯先形状	全R(R0.67)
歯数	31	スパー・ピッチ	42.332
転位量	0.605	(ピッチφ100)	
ピッチ円径	46.5	歯面粗さ	6-Surf
歯先円径	44.0	歯車精度	JIS6級
歯高	3.572		

工 程

- 材料
- 1)材質： SCM415H
 - 2)状態： ビーリング材
 - 3)製品の熱処理による歯車部分の変形量をできるだけ少なく、また、バラツキをおさえるために、従来の脱ガス材から、取鍋精錬鋼（LF鋼）に変更し、成分コントロールによって、ジョミニ値の幅をJISの1/4程度におさえた材料を使用した。

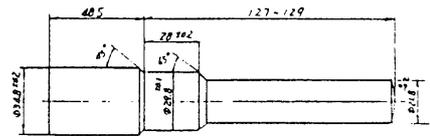
2 ブランク切断



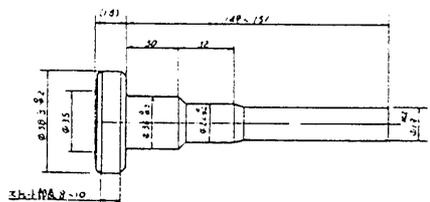
3 軟化焼きなまし

4 潤滑処理 (ボンデライト・ボンダリユーベ処理)

5 前方押出

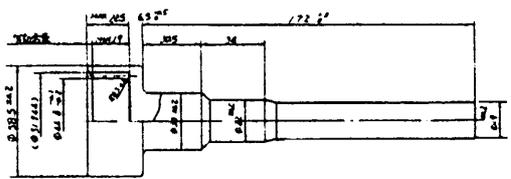


6 潤滑処理



使用設備名	設定条件	管理ポイント
バータニングマシン		1)外径の寸法公差：0~-0.2 2)鋼材のキズ取りは行わない。 残存キズの許容深さは下記 目標値とする。 矯正キズ、カッターキズ、ウチキズ 0.1以下 その他のキズ 0.07以下
丸鋸盤	1)加工速度：2000mm/sec 2)送り速度：800mm/min	1)ブランク重量：802g 0~+2g
ガス蛍光輝焼鈍炉	1)焼きなまし条件 730 × 4Hr 2)N2ガスを封入 プロパンガスを微量に添加	1)焼きなまし後の硬度 チェック数：N=3/Lot 硬度：HRB70~78
表面処理装置	処理液の条件 標準処理条件	管理方法 1)処理液のチェック頻度：3回/日 2)処理液の濃度調整 主として 朝昼 2回/日 (濃度測定後、基準値外のとき) 調整は水分を補給した後、行う。
400tナックルプレス 1)ストローク：200mm 2)ダイハイト：390mm 3)ストローク数：30spm 4)能力限界： 下死点上 15mm	成形条件 1)減面率：61% 2)成形圧力：205kg/mm ² 3)所用加重：195t	1)押出軸部(21.8)の長さの範囲 で 3.8部の押し残り長さを調整 する。 2)軸部の曲がり公差： 34.8基準で 21.8先端にて ダイヤル読み0.3以下
上記4 . と同じ	上記4. と同じ	上記4. と同じ
400tナックルプレス 1)ストローク：200mm 2)ダイハイト：390mm 3)ストローク数：30spm 4)能力限界： 下死点上 15mm	成形条件 1)減面率：頭部63%、軸部24% 2)成形圧力：頭部 142kg/mm ² 軸部 31kg/mm ² 3)所用荷重：380~400t	1)据え込まれたフランジ部の厚みは、 外周面のストレート面の幅が 8~12mmのところを設定する。 2)軸部の曲がり、30基準に 19 先端でダイヤル読み0.3以下

製品名 No.33-2 軸付内歯車

管理チェックポイント(注:留意点)記入欄	工 程	
	8	歪取焼きなまし
	9	潤滑処理
<p>歯車成形パンチの製作</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 歯車成形パンチの強度に対する配慮から製品の歯底(パンチの歯先)は歯形が干渉しない範囲で全Rとし歯先(パンチの歯底)は丸味をつけた形状としたため、歯元の丈は普通の歯形より大きくした。 2. 冷鍛による歯幅のスプリングバック量の調節は、パンチの歯形に対する半径方向の転移として行った。 3. パンチの製作はホブで歯切したものを熱処理し、歯面は軽くラップしている。 (歯面研削を行ったパンチは、研磨による変質層にクラックを起こし極めて早期に破損した) 	10	<p>歯車整形</p> 

使用設備名	設定条件	管理ポイント
上記3.と同じ	上記3.と同じ	上記3.と同じ
上記4.と同じ	上記4.と同じ	上記4.と同じ
上記5.と同じ	上記5.と同じ	上記5.と同じ
400tナックルプレス 1) ストローク：200mm 2) ダイハイト：390mm 3) ストローク数：30spm 4) 能力限界 ：下死点上 15mm	成形条件 1) 減面率：66.7% 2) 成形圧力：150kg/mm ² 3) 所用加重：390～400t	1) 歯面粗さ 6S以下 カジリ、焼き付き不可 成形中パンチ成形ランドの点検 チェックを行う 2) オーバーピン径のチェック 3) 底厚寸法 4) 歯車成形パンチは生産終了後 歪み取りのため200 ×7～8Hr テンパーすれば寿命が伸びる。