

# 熱間鍛造を検討する時のポイント

はじめに

1. 鍛造と鋳造の違い
2. 材質の選定
3. ロット数と試作
4. 形状と金型
5. 熱処理
6. 表面処理
7. コストダウンの考え方

おわりに

**相場産業株式会社**

**80周年を迎えました。**

〒955-0814 新潟県三条市金子新田乙 1691-5 TEL 0256-35-7460 FAX 0256-35-7462 E-mail info@abc-tool.co.jp

当資料を手にとって頂きありがとうございます。当資料が、熱間鍛造をご検討する際にお役に立てば幸いです。簡単にまとめた資料でございます。技術面、コストダウンなどに関するご質問はいつでもお問い合わせください。

## はじめに

熱間鍛造を必要とするコストダウン・VA/VEを推進する開発・設計者・生産技術者へ向け、熱間鍛造を考えるうえでのポイントである、鍛造と鑄造の違い、材料、試作とロット数、形状と金型、熱処理、表面処理、コストダウンの7章に分けて説明します。

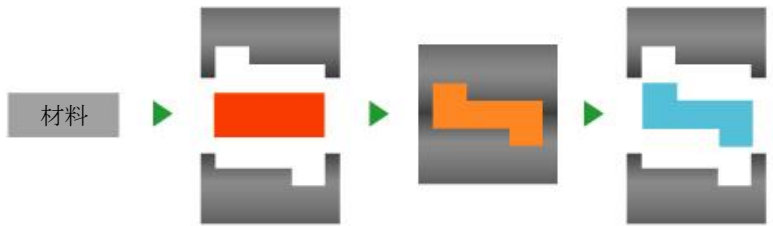


まず、熱間鍛造ってなに？と思われる方も多いと思います。鍛造とはその昔、日本刀などの刃物の品質を向上させる技法として用いられ、現在までに発展した技法です。現在、鍛造とは大きく分けて熱間鍛造、冷間鍛造、温間鍛造、自由鍛造とあり、材質や目的の形状により選択肢は変わりますが、熱間鍛造は、金属を叩いて圧力を加えることで、金属内部の空隙をつぶして結晶を微細化し、結晶の方向を整えて強度を高めると同時に、目的の形状に成形する量産型の加工方法です。相場産業では主に作業工具、建設機械、建築金物、医療用工具、農業機械の強度・硬度的に重要な部品を熱間鍛造で製造し、全国各地へお届けしています。

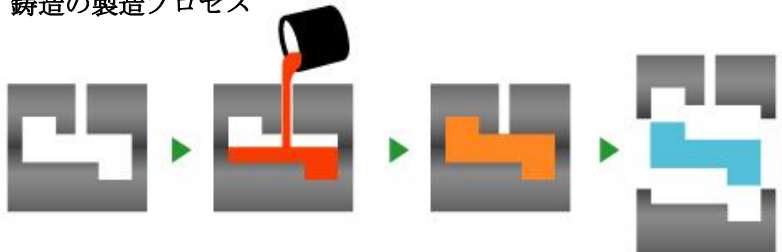
### 1. 鍛造と鑄造の違い

鍛造と鑄造の違いは何か？という質問はよくあります。成形方法の違いとしてはシンプルで、下の図のように、鍛造は金型で金属をたたいて成形し、鑄造は金属を溶かして金型に流し込んで成形する加工方法となります。出来る上がる形状は同じですが、製品の中に気泡がしやすい鑄物部品と比べ、鍛造部品は金属内部の空隙をつぶして結晶を微細化し、結晶が方向を整えられることが大きな違いとなります。

鍛造の製造プロセス



鑄造の製造プロセス



出来る上がる形状は同じですが、製品の中に気泡がしやすい鑄物部品と比べ、

鍛造部品は金属内部の空隙をつぶして結晶を微細化し、結晶が方向を整えられることが大きな違いとなります。それでは、結晶の方向を整えることでどの様に強度を高められるのでしょうか。各組織形状の

メタルフローを描いた図を参照ください。このメタルフローを実現できることが熱間鍛造の最大の特徴であり、製品に大きな価値を与えることになるのです。

	鍛造品	削り出し品	鑄物品
組織形状図			
組織	部品形状に沿ってメタルフローが流れている	切削によりメタルフローが切られている	メタルフローが無い
性質	反復曲げ応力に強い	反復曲げ応力に弱い	反復曲げ応力に弱い

## 2. 材質選定

SS 材、SC 材、SK 材、SKS 材、SCM 材、SUS 材、純チタン、チタン合金。相場産業ではこれらの材料を主に加工しています。ここでは熱間鍛造で使用する材料別用途や特長を記載いたします。

### SS 材 一般構造用圧延鋼材

主に成形のみを目的とした場合に使用します。使用頻度が高く、価格もお手ごろな材料です。SS 材は柔らかく金型に掛かる付加も少ないので、金型の持ち具合も良いです。

### SC 材 機械構造用炭素鋼鋼材

鍛造後の熱処理により硬度を上げることを目的とした部品に使用します。SC 材は弊社でもっとも取扱いが多い材料で、特に S35C、S45C、S50C あたりが主流です。

### SK 材 炭素工具鋼鋼材

鍛造後の熱処理により硬度を出せます。対摩耗性に優れているので、刃物に使われる材料です。弊社では鍛造後に刃付けをする依頼も承ります。

### SKS 材 合金工具鋼鋼材

SK 材に耐衝撃性、不変形性、耐熱性などが加わった鋼材で、耐衝撃性を重視した刃物を作る時に使用します。

### SCM 材 クローム・モリブデン鋼鋼材

クロモリと呼ばれる SCM 材は焼入れ性、加工性に優れ、合金と比べれば汎用度が高い材料です。しなりにより振動を吸収しやすいので、自転車のフレームに使用され、その業界では人気を集めています。弊社では SCM435 の取扱いが多くあります。

### CRV 材 クローム・バナジウム鋼鋼材

クロームバナジウムは作業工具、特にスパナやレンチの材料として使用しています。

### SUS 材 ステンレス鋼材

耐食性、耐熱、耐薬品に優れているため、多くの産業で使われています。現在、相場産業では SUS304、SUS316、SUS420J2、SUS630 を鍛造した経験があります。

#### SUS304 (オーステナイト系ステンレス)

広く普及しているステンレス材で、耐食性が良好です。「18-8 ステンレス」の表記はよく見かけると思いますが、SUS304 の別名がこれです。18%の Cr クロームと 8%の Ni ニッケルを表しています。

#### SUS316 (オーステナイト系ステンレス)

SUS304 にモリブデンを加え耐食性を向上させたステンレスで、配管部品や船舶部品、一般的には家庭用スプーンやフォーク、マグカップ等に使用されています。304 よりも高価なステンレスです。

#### SUS420J2 (マルテンサイト系ステンレス)

熱処理を施し硬度を出すことを目的として使用します。最高硬度は HRC50 前後をお考えください。相場産業では、ステンレス製の刃物の製造時に使われ、熱間鍛造後に加工と熱処理をおこないます。

#### SUS630 (析出硬化系ステンレス)

析出硬化性を持たせたステンレスです。熱処理により硬度を出すことが可能です。最高硬度は HRC42 前後とお考えください。

## チタン材

チタンは主に純チタンとチタン合金の2種類に分けられ、チタン合金には $\alpha$ 合金、 $\alpha-\beta$ 合金、 $\beta$ 合金の3種類があります。チタンは難削材ですので鍛造による成形後に加工を行うことで、加工レスによるコストダウンを実現できます。高い耐食性、軽さ、低い熱伝導率など多くの特徴を持ち合わせた材料がチタンです。しかし、チタンは高価な材料です。チタン製品を検討される際は、是非お問い合わせください。鍛造から加工まで行う弊社独自の提案をすることができると思います。

※鍛造の材料は全て丸棒で、 $\phi 8\sim 50$ に対応します。板材の熱間鍛造はいたしません。材料を鍛造で潰すことで $\phi 65$ までの製品に対応することができます。

※上記以外にもご要望により各種材料に対応します。

※アルミや真鍮は温間鍛造による加工となりますので、外部委託または、対応可能企業様をご紹介します。

## 3. ロット数と試作

鍛造のロット数への対応基準は各鍛造工場によって違います。相場産業の基準はロット300~500となります。お客様のご都合によってはロット100からお受けいたしますが、単価が上がりますのでお薦めではありません。熱間鍛造での試作の可否を問い合わせいただきますが、鍛造は金型が無くては上記のような実際のメリットを出せませんので、金型の製作は必要不可欠です。試作用金型費用だけで30~60万円となります。商品や部品の形状確認のための試作であれば、3Dプリンターを使って図面を立体化いたします。三次元データをいただければ対応いたします。

## 4. 形状と金型

設計時、熱間鍛造部品の形状を考えるポイントとして、**抜き勾配**、**パーティングライン**、**寸法精度と金型設計**があります。製品コストを抑えるためにも、出来るだけ鍛造だけで製造プロセスを完結させたいものですので、相手部品との兼ね合いを考えた形状をいかにして作るかが重要です。

### 抜き勾配

上型と下型で叩かれたワークが金型から抜けるために、抜き勾配を考慮した作図が必要です。加工図しかなければ、相場産業のスタッフが鍛造図を作図いたしますのでお気軽にお問い合わせください。抜き勾配の基本設定は $5\sim 7^\circ$ ですが、相手部品との兼ね合いなどで許されるのであれば、金型の消耗を減らすためにも勾配を $7^\circ$ 以上で作ることをお薦めします。逆に、 $7^\circ$ 以下をご要望であれば $3^\circ$ までは対応いたします。しかし金型の摩耗とメンテナンスを考慮すれば、あまりお薦めはできません。抜き勾配を除去する場合は、コイニングプレス機での勾配除去または機械加工をご提案しています。また、抜き穴の設計については上記と少し異なります。抜き穴の勾配は、温度が下がるにつれて縮小し、金型がワークから抜けにくくなりますので、外周の勾配よりも多めに角度を取ります。穴の径、深さによりますが、目安として $8\sim 12^\circ$ で作図することをお願いします。



パーティングラインと勾配 $5^\circ$

## パーティングライン

パーティングラインとは熱間鍛造後に余ったバリをプレスで抜いた跡です。相場産業では、図面上に垂直で厚み2mmのラインで記します。上記の抜き勾配とパーティングラインはセットとお考えください。抜き勾配とパーティングラインのイメージは右の参考写真をご参考ください。



穴勾配12°の製品

## 寸法精度

金型による熱間鍛造で出せる精度については、脱炭層0.3~0.4mm、抜き勾配5~7°、内外寸法±0.5~1.0mm、厚さ±1.0~2.0mm、偏肉0.7~1.0mmを基準にお考えください。機械加工と同じで、Radius（以下R）の記載が図面上には必要です。基本的にはR3~6を基準とします。Rが大きくなればなるほど鍛造型は長持ちし、Rが小さくなるほど研磨によるメンテナンスの頻度が高くなります。

※相場産業は小物の鍛造に特化しております。上記は重さ3kg以下の鍛造品の公差です。

## 鍛造金型設計

設計上考慮すべき事項としては、鍛造の容易性、加工基準の設定と加工の容易性、肉厚の不同は出来るだけ避けること、薄くて広い面は極力無くすこと、そして、鋭い角、急激な断面変化を避けることがあります。設計中にご不明な点があればお気軽にお問い合わせください。鍛造型と抜型の2つで40~70万円でお考えください。製品の大きさ、形状、成形工程、ロット数、取り数によりコストが異なりますので、お悩みでしたら弊社営業までお問い合わせください。金型の再研磨料金の請求はいたしません。再研磨は、鍛造品の材質や形状によって異なりますが2,000~8,000個を基準に行っています。

## 5. 熱処理

ほとんどの鍛造部品に熱処理は欠かせない工程です。硬度・強度が重要な部品にどの材料を選定すれば良いのか。まずは、どんな熱処理が可能で、どの材料がどのくらいの硬度を出せるのかを記載します。また、相場産業では鍛造部品の他にも、加工部品やプレス部品の熱処理へも対応します。

### 熱処理の種類と目的

相場産業で主として対応している熱処理には、焼入れ、焼き戻し、焼なまし・焼ならし、浸炭・窒化、ソルトバスがあります。

#### 焼入れ

鋼を800~1200℃で加熱した後に急冷することで硬い組織に変化させます。鋼の特性・成分に応じて加熱温度と冷却速度を変えます。

#### 焼もどし

焼入れ後に残る残留応力によって、硬いけど脆い状態を、焼もどしにより残留応力を除去して組織を均一安定な状態にします。焼もどしにより「硬さ」と共に「粘り強さ」を兼ねた鋼に変化します。

#### 焼なまし

熱間鍛造後に加工する場合、この熱処理を行うことで加工をしやすくします。

#### 浸炭・窒化

鋼の表面に炭素または窒素を浸透させ、その後焼入れ焼もどしによって、高い表面硬さが得られま

す。浸炭は深く入り込むことができますが、窒素は深く侵入しません。そのかわり結晶に大きな歪みを与え、高い硬さがえられるのが特長です。

### ソルトバス

ソルトバスの特長は、他の熱処理と比べ歪みを30～50%抑えることができること、焼入れ時の脱炭リスクが小さいこと、硬度ムラや焼割れが少ないことです。

相場産業の熱処理事例をご紹介します。

用途	材質	熱処理	HRC (硬度)
建築用部品 (鍛造)	S45C	焼入れ・焼もどし	30~40
建機用部品 (鍛造)	SCM435	浸炭	深さ 0.6~1.0 HV500 以上
板スパナ (プレス)	S55C	焼入れ・焼もどし	40~45
刃物 (プレス)	SK5	ソルトバス	48~52
スパナ (鍛造)	SUS630	焼入れ・焼もどし	38~45
刃物 (プレス)	SUS420J2	焼入れ・焼もどし	45~55

## 6. 表面処理 (表面加工)

意匠性の高い製品や部品にとって表面仕上げは重要です。特に手に取って使用する道具や高級な製品であれば使用者は肌で質感を感じ取りますので、近年は表面仕上げにこだわりを持たれるお客様が増えています。ここでは相場産業が対応できる表面処理のバリエーションと材質を記載します。

### ブラスト仕上げ (鉄、ステンレス、チタン、アルミ)

ワークに打ちつけるメディアのサイズにより商品の表情は異なってきますので、メディアとサイズをご指定いただくか、サンプルを製作して現物を確認後に判断していただきます。コストを抑えるには一番安価な表面処理がブラスト仕上げとなります。

### 鏡面仕上げ (鉄、ステンレス、チタン、アルミ)

ステンレス、チタン、アルミはバフ研磨またはバレル研磨により鏡面に仕上がります。鉄はバフ研磨後、腐食を防ぐためにニッケルクロームメッキ処理をおこない光沢を出します。

### ヘアライン仕上げ (鉄、ステンレス、チタン、アルミ)

つや消し表面加工の一種です。スチールウールなどの研磨材を使って一定の方向に筋目をつけることで、高級感を演出することができます。ただし、錆びやすくなりこともあります。

### 陽極酸化処理 (チタン、チタン合金)

酸化皮膜を調整することで、様々な色を発色できます。地肌の状態 (ヘアライン、鏡面、ブラスト等) によっても色の見え方は違ってきます。



レンチ: バフ研磨+鍍金  
チタンリング: バレル研磨



陽極酸化処理の例 (一色も可能)

## 7. コストダウンの考え方

どのメーカーも頭を悩ます「コストダウン」。お金をかけて良いものを作ることは簡単ですが、コスト上昇を抑えながら良いものを作ることは簡単なお話ではありません。そんな時は加工方法の変更を検討してはいかがでしょうか。

ここでは熱間鍛造によるコストダウンを実現した事例をご紹介します。熱間鍛造のコストダウンを考えると大きく分けて、**溶接部品の一体化**、**加工品の鍛造化**、**鋳物部品の鍛造化**、**加工レス化**、**技術によるコストダウン**の5つを記載し、最後に弊社の特徴である一貫生産体制によるコストダウンについてご紹介します。

### ① 溶接部品の一体化

アッセンブル品では、それぞれの加工部品を溶接することになった何かしらの経緯はあるはずです。しかし、昔からの部品で工程が見直されていないことは稀にあるようです。一体化を考える時は、上記（4. 金型と形状）で記した「形状」について考えます。特に鍛造の容易性、肉厚の不同や急激な断面変化の確認が大切です。右の写真はパイプとプレス品の溶接部品を熱間鍛造で一体化した事例です。後工程で旋盤加工による穴あけとなります。これにより部品に強度を持たせると共に、溶接はずれの心配もなくなります。



パイプと板の溶接品を鍛造化した事例

### ② 加工品の鍛造化

加工品の鍛造化をするときのデメリットからお伝えします。それは30~60万円の金型費（鍛造型と抜型）の発生です。まずは、金型費とロット数を考慮して加工品を鍛造化するメリットの有無を考えてください。ロット数がある程度確保できる場合、加工面積や加工工程が多い部品の場合、そして難削材（ステンレスやチタン）を使用する場合、切削加工品を鍛造化するメリットを出せることになります。

### ③ 鋳物部品の鍛造化

ここでもデメリットからお伝えします。鍛造のデメリットは鋳物と比べて複雑な形状が成形できないことです。形状による鍛造化の可否は弊社の営業までお問い合わせ、または図面をFAXして頂ければお応えいたします。メリットとしては、耐久性の向上と軽量化です。弊社取引先の耐久性テストにて、弊社の鍛造部品はそれまで使用していた鋳物部品よりも10倍の耐久性があるという結果が出ました。そして、鍛造により強度が向上することで、鋳物品の形状よりも細くまたは小さくできる場合があり、それが軽量化の可能性につながります。



極限まで加工レスを追求し細部だけを加工する。

### ④ 加工レス化

最後に考慮すべきポイントは、鍛造による加工レスの不可です。これは溶接部品の一体化でも同じことが言えます。せっかく鍛造で成形をしても全面切削をしたら台無しです。相手部品との干渉や意匠性を考え、どうしても加工が必要な場所以外は鍛造肌のままにすることを考慮して設計をするとコストダウンにつながり、良い結果を出すことができます。

### ⑤ 技術的コストダウン

小物の鍛造を得意としている弊社では、一本の丸棒から部品の複数取りを行いコストの低減を可能にします。弊社の事例として、20g程度の部品は4~6個取りを行っています。それ以上の部品でも、2~3個取りで対応できるケースがあります。そして、トンボ打ちと呼んでいる2個取り技法では、通常必要とされる材料を握る部分を半減することで材料費のコストを抑えることができます。また、ロール鍛造技術により、材料の歩留まりを良くしコストダウンを実現することもできます。



6個取りのバリ。部品重量は単体で15グラム程度。

上記のように、コストを抑えるポイントを考えて設計をすることで、大きな差を生むことができます。ただし、文章で書くことは容易なことですが、部品形状により様々な対応を考えなければいけません。上記以外にも全行程を考慮することでのコストダウンを提案できることもあります。コストについてお困りでしたら弊社スタッフが図面を拝見しながらご相談をお受けいたします。

### 社内一貫生産体制



弊社は設計から材料調達、各種加工、表面処理まで対応し全国各地そして東南アジア方面に製品を出荷しています。鍛造のほかにも、OEM商品の製造、園芸刃物の製造、搭載工具の取りまとめも行います。※海外への SHIPPINGにも対応いたしますのでお気軽にお尋ねください。

### 弊社のグループ企業のミツワ金属㈱ ホームページ [www.mitsuwametal.jp](http://www.mitsuwametal.jp)

昭和21年にプレス工場として創業し70年に亘りこの燕三条の地で金属加工に携わっています。現在では、材料調達、レーザー切断、プレス、曲げ加工、機械加工、溶接、スポット溶接、組立までを自社工場内での一貫生産で行っています。主には、農業関係、建設関係、鉄道関係、健康機器関係、産業機械の部品製造を試作から量産まで対応しています。ミツワ金属も、全国各地のお客様から受注をいただき、各地メーカーの工場へ製品を出荷しています。



## 8. 終わりに



以上、熱間鍛造を考えるポイントの説明となります。文章で分かりにくい箇所がありましたらいつでもお問い合わせいただければお応えいたします。直接現場を見たい企業の方のために、工場見学はいつでも受け付けておりますので、総務部までご連絡ください。



## 会社概要

社名：相場産業株式会社

創業：昭和 10 年 5 月 1935 年

設立：昭和 38 年 5 月 1963 年

資本：3,500 万円

社員：33 名（男性 20 人・女性 13 人）

主要商品：熱間鍛造部品、機械加工部品、園芸用刃物、作業工具

代表取締役：相場健一郎

所在地：〒955-0814 新潟県三条市金子新田 1691-5

金属加工を地場産業とする燕三条地域で創業し 80 年が経過。小物の鍛造部品をより精密にやり早く正確に作ることに重点を置き、これからも日本製にこだわったものづくりを展開してまいります。また、プロユーザー向け工具の開発、設計、製造、販売をはじめ、OEM、ODM等も行っています。

グループ企業：ミツワ金属株式会社 <http://www.mitsuwametal.jp>

## 主要設備

エアースタンプハンマー

フレクションプレス

ブローチ盤

平面研磨機

NC円筒研磨機

内面研削盤

ロータリー平面研削盤

NC旋盤

マシニングセンター

円筒研磨機

ボール盤

フライス盤

ロボット溶接機

ショットブラスト

バレル研磨機

ロックウェル硬度計

3次元測定器