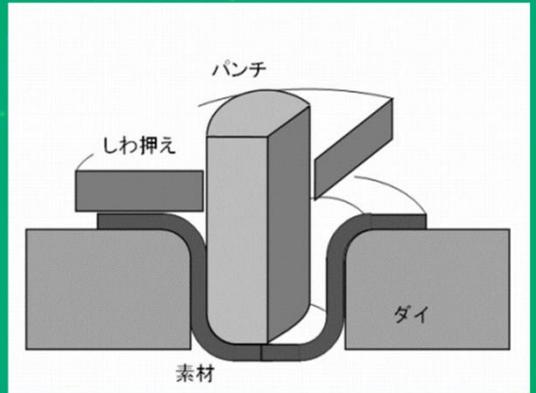


プレス加工を学びたい  
設計・技術者の為の入門書！

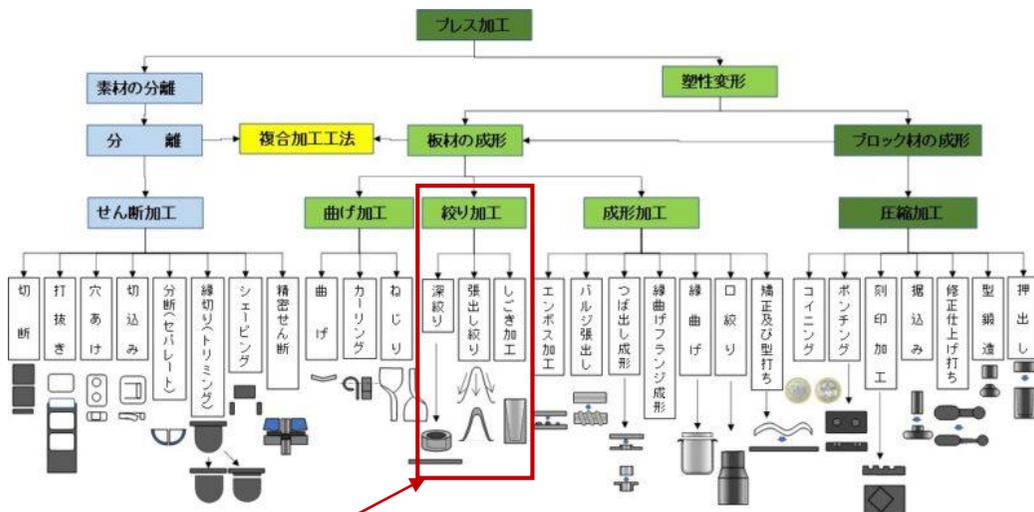
# 絞り加工の 基礎知識



1 絞り加工のメリット・デメリット	・・・	P3-6
2 絞り金型と絞り加工のトラブル事例 - 1	・・・	P7-11
3 絞り金型と絞り加工のトラブル事例 - 2	・・・	P12-16
4 深絞り加工の基礎、知っておくべき数値	・・・	P17-22
5 角絞り加工！「引け」についても解説	・・・	P23-25
6 張出し加工と絞り加工の違い	・・・	P26-29

当ガイドブックでは、プレス加工における絞り断加工について解説しています。

プレス加工における分類を以下にまとめていますので、是非参考にしてください。

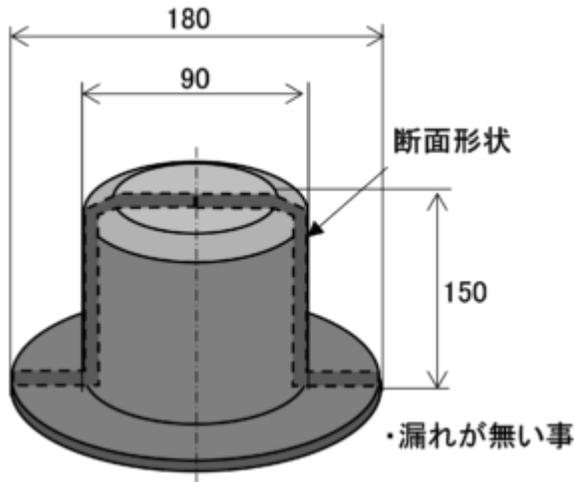


今回は絞り加工について解説します！

絞り加工工法によりプレス成形加工された製品は、家庭で使われる鍋、フライパン、コップ等、直接目に触れる事は少ないですが、掃除機や自動車に搭載されるモーターのケースに至るまで色々な分野の部品加工に、活用されています。絞り加工には、円筒絞り加工、角筒絞り加工、異形絞り加工、円錐絞り加工、球頭絞り加工、ヘラ絞り、しごき加工、対向液圧成形等があります。また、絞り加工の工法でも、特殊な設備を用いた成形工法があります。

### 絞り加工のメリット、デメリットについて

下図の様な、フランジ付きの容器の製作を板金工法とプレス絞り加工により想定します。



2つの工法のメリットとデメリットを下表に一例としてまとめてみました。

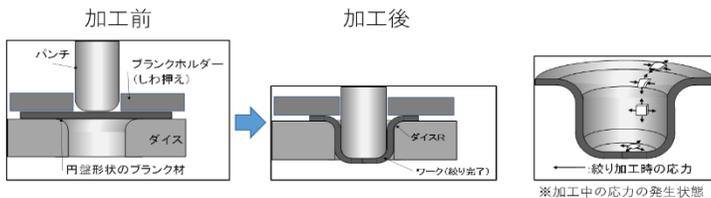
プレス絞り加工のメリットデメリット		
	メリット	デメリット
製作準備		<ul style="list-style-type: none"> <li>・専用の設備が必要な場合がある。</li> <li>・金型製作時間が必要なため時間が掛かる</li> <li>・イニシャルコストが高い(金型費)</li> <li>・材料の選定が必要(絞り性)</li> </ul>
生産	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大量生産が可能である(加工時間が短い)</li> <li>・量産コストが押さえられる</li> <li>・プレス工程のみで完結できる</li> <li>・歩留まりが良い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・材料契約が必要(材料費が高価)</li> <li>・金型の定期的なメンテが必要</li> </ul>
品質	<ul style="list-style-type: none"> <li>・品質が安定する</li> <li>・製品強度が高い(加工硬化)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・不良数が多量になる事が有る</li> <li>・置き割れが発生する事が有る(深絞り時に)</li> </ul>
管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・工程数が少なく比較的容易</li> </ul>	
鈑金工法のメリットデメリット		
	メリット	デメリット
製作準備	<ul style="list-style-type: none"> <li>・製作準備期間が短い</li> <li>・保有設備製作する為イニシャルコストが低い</li> <li>・材料選定が必要ない</li> </ul>	
生産	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大量生産に向かない(加工時間が長い)</li> <li>・一般材で可</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・溶接部の仕上げが必要</li> <li>・材料歩留まりが悪い</li> <li>・作業者の技量が必要</li> </ul>
品質		<ul style="list-style-type: none"> <li>・品質が不安定(溶接の歪等)</li> <li>・工程毎の品質管理項目が多い</li> <li>・耐圧検査が必要</li> </ul>
管理		<ul style="list-style-type: none"> <li>・工程数が多く工程管理が煩雑</li> </ul>

板金工法でも製品形状を製作する事は出来ますが、生産性が低く、大量生産には向きません。しかし、生産準備に掛かるイニシャルコストは低く、試作対応等、最終製品としての機能評価を目的に製作する場合には、有効であると考えます。一方、プレス加工による絞り加工では、生産準備段階で、金型の製作を行うため、イニシャルコストは多くかかります。

しかし、一旦生産準備が整えば、生産性は高く、大量生産向きで、品質も安定した物が供給できると言えます。

## 円筒絞り加工について

絞り加工の基本形状となる、円筒絞り加工に用いる絞り金型の基本的な構成は下図に示す様にパンチ、blankホルダー、ダイスで構成されています。下図には示していませんが、ダイス内に製品の押上げを配置し、プレス加工後に製品の排出の機能を持たせる場合も有ります。



各部品の機能は、パンチにより製品を押し込んで行くことで、blank材が絞られていきます。この際に、ワークはダイスのR部に沿って絞られていきます。絞り加工時の応力の発生状態に示す様に、フランジ部からダイスR部に掛けて、材料は絞り方向に引張り応力、円周方向に圧縮応力を受けながら成形され円筒部、底部では、引張り応力が働いて成形される為、特に製品のフランジ部にはblankホルダーにより荷重を掛け、しわが発生しない様に押さえておく必要があります。

このしわ押え力は、強すぎるとワークが金型内に滑り込まなくなる為、円筒部や、円筒部と底部の角R部で割れが発生しますし、また、弱ければフランジ部にしわが発生します。下表に、材質毎のしわ押え力の目安を示します。表を見ると解る様にしわ押え圧力には範囲があるため、絞り金型には、しわ押え力を調整できる機能を予め設けて置くのと良いです。

しわ押え圧力の設定目安

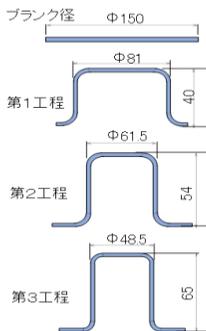
材質	しわ押え圧力 (Min)	
	MPa	(Kgf/mm <sup>2</sup> )
軟鋼	1.57~1.76	0.16~0.18
ステンレス鋼	1.76~1.96	0.18~0.20
アルミニウム	0.29~0.69	0.03~0.07
銅	0.78~1.18	0.08~0.12
黄銅	1.08~1.57	0.11~0.16

## 絞り回数の検討

平板を絞り加工により円筒形状に成形を行う上で、どのような金属でも、1回で成形できる絞り深さには限界があり、求める製品の形状によっては、複数回の絞り加工を繰り返し、成形を行います。具体的にはブランク材（平板）の「直径」と「絞り率」の関係で絞り直径を算出します。これにより1回の加工で製品寸法に成形できるかが決まります。

1回目の絞り加工時の計算式と、再絞り加工時の計算式を下記に示します。複数回の絞り加工が必要な場合には、下表の絞り率表を参考に設計を行います。下図の加工例であれば、板厚0.8mmのブランク材の場合、第1絞り：54% 第2絞り：76% 第3絞り：79%となり、絞り成形が可能となります。

先にも述べましたが、絞り成形が可能となる工程設計と、プレス加工時のしわ押え力の設定も重要な要件となりますので、絞り加工時の絞り率の設定は余裕を持った設定を行う事が望ましいと言えます。



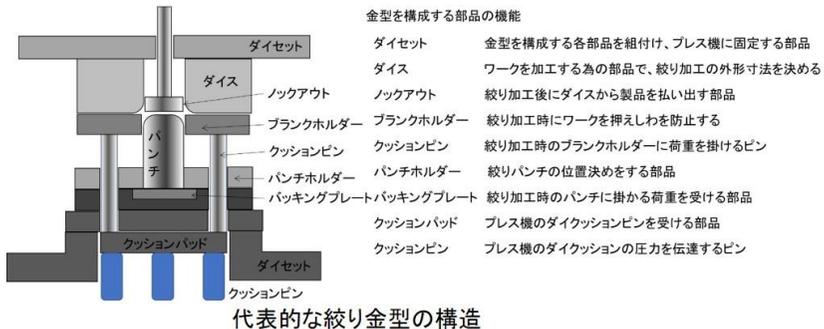
$$\text{絞り率}(m1) = \frac{\text{絞り直径}}{\text{ブランク直径}}$$

$$\text{再絞り率}(m2) = \frac{\text{再絞り直径}}{\text{1回前の絞り直径}}$$

絞り率	相 対 板 厚						$t / D \times 100\%$
mn	2.0 ~ 1.5	1.5 ~ 1.0	1.0 ~ 0.60	0.60 ~ 0.30	0.30 ~ 0.15	0.15 ~ 0.08	
m1	0.48 ~ 0.50	0.50 ~ 0.53	0.53 ~ 0.55	0.55 ~ 0.58	0.58 ~ 0.60	0.60 ~ 0.63	
m2	0.73 ~ 0.75	0.75 ~ 0.76	0.76 ~ 0.78	0.78 ~ 0.79	0.79 ~ 0.80	0.80 ~ 0.82	
m3	0.76 ~ 0.78	0.78 ~ 0.79	0.79 ~ 0.80	0.80 ~ 0.81	0.81 ~ 0.82	0.82 ~ 0.84	
m4	0.78 ~ 0.80	0.80 ~ 0.81	0.81 ~ 0.82	0.82 ~ 0.83	0.83 ~ 0.85	0.85 ~ 0.86	
m5	0.80 ~ 0.82	0.82 ~ 0.84	0.84 ~ 0.85	0.85 ~ 0.86	0.86 ~ 0.87	0.87 ~ 0.88	

絞り加工時のトラブルや対策を説明する上で、まずは絞り金型の構造を理解する必要があるため、絞り金型の代表的な構造と、構成部品の機能について説明します。

下図の絞り金型では、プレス機のダイクッション機能を活用し、しわ押え圧力を調整できる構造で上向きに絞り加工をする金型構造になります。前回の絞り加工の工程設計方法でも述べていますが、絞り加工時の基本的な設計と絞り加工時のしわ押え力の調整が出来る事で、しわ不良や絞り加工時の割れなどのトラブルを低減する事ができます。



絞り加工を行う上では、この加工に適したプレス機もあり、ここで少し述べておきます。一般的な「メカニカルプレス」であれば、加工速度が調整できる（出来るだけ一定速度でゆっくりと加工できる）ことや、ダイクッション機能があることがあります。最近のサーボプレスでは油圧モーションなどのプレスストロークを自在に変更する事の出来る設備もあります。深絞りの加工であれば、「油圧プレス」による成形も有効となります。これは油圧プレスの加工が一定速度で下死点まで下降し成形できるところにあります。

以前には深絞り専用設備「ドロウイングプレス」もありましたが保有されているプレス加工先もわずかとなり、現在では油圧プレスやサーボプレスに置き換わってきています。

当然のことですが、製品を加工する上で基本となる「4Mの条件」を整えた上で加工を行う必要があります。

## 絞り加工のトラブル事例

絞り加工時に発生するトラブル事例とその対応方法について説明していきます。

製品の工作検討（具体的な加工工程を決める検討）の結果に基づき、絞り金型の設計・製作を行い、その後は実際にプレス加工を行い、製品を作ります。この作業により工作検討の結果や金型設計の良し悪しが明確になります。

これから説明するトラブル事例は、この金型製作時の問題と、量産に入ってから発生するトラブルが有りますのでその段階に沿って説明をしていきます。

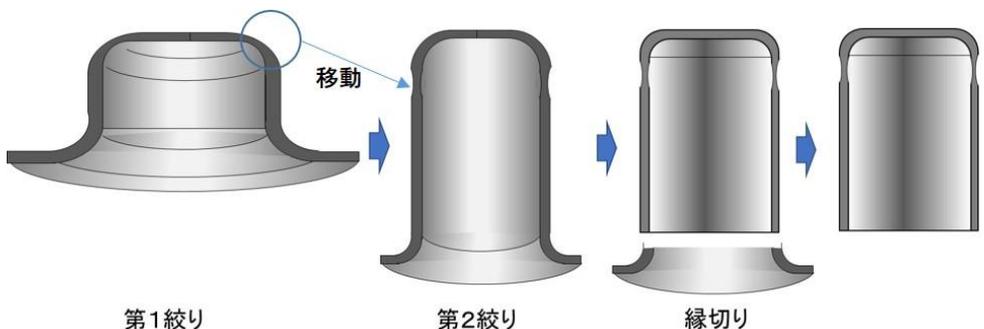
### 【トラブル事例-1】ショックライン

ショックラインは、「ショックマーク」「リングマーク」と呼ばれる事もありますが本技術コラムでは「ショックライン」として説明をします。

ショックラインは、下図に示す様に複数の絞り工程を経て完成となる場合に、初工程の角R部で肉厚が薄くなった部分が、円筒部に移動する事で発生します。この板厚が薄くなる原因は、パンチが材料に当たり加工が進むに連れて、材料の成形R部に絞り方向、円筒方向の両方に引張り応力が働くことで材料が引き延ばされるためです。下図に示す事例では、絞り工程は2工程になり、ショックラインは1本ですが、更に深い絞り加工では複数工程を掛けて成形する事も有りますので、ショックラインも複数が発生する事になります。

このショックラインの対策では、絞り成形パンチやダイスのR寸法の変更が有効です。具体的には、Rのサイズを大きくする事で改善する事が可能となります。また絞り加工工程間のRサイズのバランスを取る事も必要となります。しかし、このショックラインは完全に無くすことができない為、絞り加工後のしごき（アイヨニング）加工を入れる事で均一な面に仕上げ直し成形面をきれいにする事と共に寸法精度を高める事ができます。

一般的なしごき量は10%程度に設定しますが一回で加工できるしごき量は、材質にもよりますがおよそ30%になります。



## 【トラブル事例-2】しわ不良

しわ不良では、大きく2つの現象があります。1つはフランジ部のしわで、もう1つが口辺りしわになりますそれぞれの不良現象の原因は異なる為、それぞれに説明をしていきます。

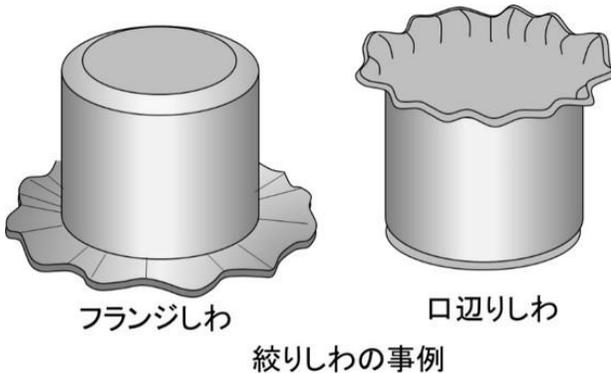
### ①フランジしわについて

加工材を、絞り金型のブランクホルダーにおいて絞り成形を行います。この際に、しわが発生しない様に、ブランクホルダーにはクッションピンで圧力掛けてしわを押えながら加工していきます。この際のクッション圧力が低いとしわの発生となります。また、逆にクッション圧力が高い場合には、材料が流れにくくなり、底が抜けてしまう現象となります。金型製作後の初期トライ時には、このクッション圧力の設定を決め最適な条件を見出して加工を行います。

### ②口辺りしわについて

口辺りしわは、ブランク材の外径サイズと絞りダイスのR寸法でR寸法が大きすぎると、絞り加工の終盤でブランクホルダーから材料が外れしわ押え力が無くなる事で発生する現象です。

ダイスRの設定は板厚に対して約4倍から20倍程度に設定するのですが、この範囲の上限よりもしくは範囲を超えている場合に発生します。対策としてはダイスRの寸法設定を小さくする等の対策が有効となります。



## しわ不良の量産時のトラブルについて

プレス加工不良は、金型製作時に対策を行う事で解消されますが、打ち抜き加工時のバリ不良と同じように、金型の摩耗などにより発生する不良も有ります。

絞り加工時のしわ不良も金型の摩耗により発生する事が有ります。しわ不良の場合には、ブランクホルダーの摩耗によりしわ押え力が弱くなる事でしわ不良が発生します。ブランクホルダーに焼き入れが施されている場合には発生頻度は低いですが、それでも長期間使用するとブランク材の接触部が凹みを生じる事や、クッションピンの当たりの部分が凹むことでしわ押え力が低くなりしわの発生となります。極まれでは有りますが、クッションピンの種類を複数持っておりセットするピンのサイズが異なると、クッション圧が均一に掛からず部分的にしわが発生するなどの現象が発生する場合も有ります。（クッションピンもしっかりと管理が必要です）

また、ブランクホルダーの板厚が薄い場合には、僅かな歪などで均一にブランクが押さえる事ができず部分的なしわの発生が起きる事も有ります。こういった場合にはまずブランクホルダーの摩耗を調査し修正する事が必要となります。

今回は割れ不良、絞りキズ、底部変形をピックアップしています。

### 【トラブル事例-1】割れ不良

絞り加工を行うと必ず問題となる現象が割れ不良です。割れ不良は、金型構造や作り込みの良し悪しで発生する現象です。発生現象と発生要因について解説していきます。

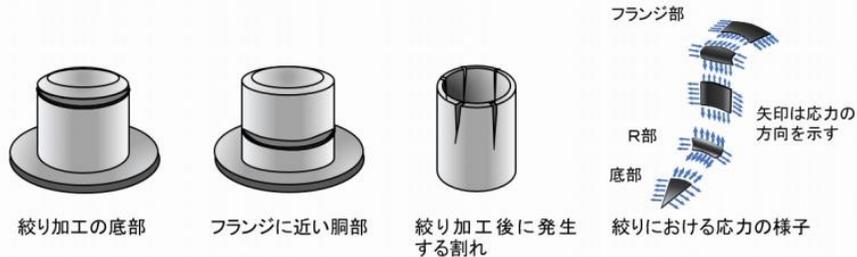
1つ目の現象は、成形した底部の割れになります。この現象は割れ不良の中でも典型的な現象で割れの発生部位は、絞り加工の底部のR部と側壁部の境界で発生する事が多い現象です。

この部位で発生する割れは、絞り加工の初めから最後までこの部分に最も大きな引張り応力が作用し続けるため、降伏点を越えさらに引張り応力が加わり続けると割れとなります。

下図の絞りにおける応力の様子に中でR部に係る応力を下げる事が割れ不良の対策となります。割れ不良の主要因としては下記の事項が考えられ、これに対する対策を実施する事になります。

- ①絞り率が小さい。材料、板厚、対ブランク直径、絞り工程等に応じた絞り率に設計する。
- ②クッション圧が高い
- ③クッション圧が不適當（バネ定数、たわみ量等）
- ④ダイ、およびしわ押えの面が粗い
- ⑤ダイおよびパンチのコーナRが小さい
- ⑥絞り速度が速い
- ⑦しわ押えのクッションの種類が不適當

などが有りますが、最近では切削加工機の加工精度が飛躍的に良くなり、切削加工後に仕上げ（ラップ加工等）が行われず割れ不良の発生につながる事もあります。



2つ目の現象は、フランジ部に近い部位で割れる現象です。この現象は先の底部で割れる現象の逆でダイスの肩部R形状が滑らかでなく角張った部分が残っているなどで、材料の滑り込みが悪くなる事で引張り応力が高くなり割れが発生する物です。また、しわ押え力が大きすぎることも影響し割れの発生となります。対策としてはダイスの肩部R形状の仕上げ加工を入れ滑らかにする事やR寸法を大きくするなどが有ります。また、しわ押え力の見直し、ブランク展開寸法の見直しによりしわ押え範囲を少なくする事で割れ防止を図ることができます。

絞り加工の底部、フランジ部の近傍での割れで共通の原因にしわ押え力の設定が有ります。金型製作時には問題なく加工が出来ても、量産加工時に材料ロットが変わる事で割れが発生する場合や、金型のクッションパッドの表面の焼き付きにより材料滑り込み状態が悪くなり割れが発生するケースが有ります。入手した材料の板厚が稀に厚いものが入る事が有り、このためしわ押え力が大きくなる、またクリアランスが変わる事で割れが発生する事も有り、金型の定期的なメンテナンスや、材料の管理が重要となります。

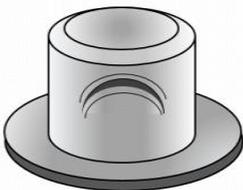
絞り加工により内径寸法精度を管理する場合などは、材料のエキストラ(\*1)で発注を行う事も有ります。

(\*1):絞り加工性を高める為、板厚精度をJIS公差より更に厳しい公差で購入する、または、絞り性の高い材料に成分調整を行った材料の手配を行う等を言います。

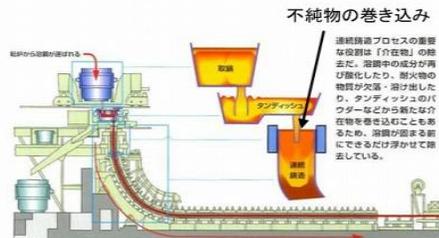
絞り加工後に発生する割れ（置き割れ）は、絞り加工後、数日間立った後に発生する現象で、シーズンクラック等と呼ばれます。この現象は材料に起因する所が大きく、黄銅や、アルミニウム合金、ステンレス材料で、絞り率の厳しい条件で加工した場合などに発生します。対策としては、絞り回数を増やし絞り条件を緩くする等有りますが、加工後に焼鈍を行う事が最も安全な方策になります。

絞り加工における材料起因の割れ不良では、「ヘゲ」と呼ばれる材料中の不純物による割れ現象が有ります。この現象では、完全に割れて口開き状態となる場合と表面のみが引き裂かれるように割れる現象が有ります。この現象では材料中のヘゲが有る区間で発生し、その後になくなる場合が多く、コイル材であれば約10～20mの区間でのみ発生するケースが大半です。

ヘゲは材料自体の不具合ですので、予め見つける事ができれば返却する事が可能ですが大半は加工中に発見されるため選別・廃棄となります。



材料不良「ヘゲ」による割れ不良



連続鋳造法の概要

ヘゲ自体の発生原因は、高炉から材料を連続鋳造で引き出す際のスベリ材（主成分アルミナ）が鋼中に入り込み、圧延時に引き延ばされる事で発生します。高炉メーカーでも厳密な検査体制や改善を継続されていますが完全に無くすことは難しいのが実情の様です。

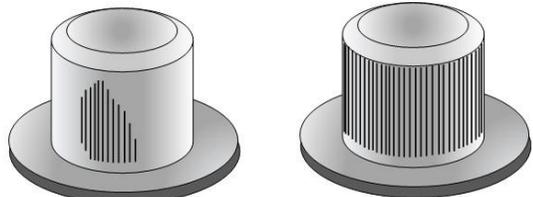
### 【トラブル事例-2】絞りキズ

絞り加工で、発生しやすい不良に傷不良があります。この不良の原因は、絞りダイスのR部から壁面に傷や焼き付きによるものです。

金型製作時に、パンチ、ダイスの表面は研磨などにより、プレス成形をやすくしています。また、プレス加工油も、成形性を考慮し油膜強度高い加工油を選定する事で加工時の油膜切れを防止し成形性の高い加工条件を設定します。

しかし、加工中に粉塵などの侵入や、加工油の塗布不足等により、油膜切れが発生しパンチダイスに傷が付き始めると下図の様な縦キズが付き始めます。この現象をそのまま放置すると傷は深くえぐられる様な状態となります。

肌荒れは、絞り加工時の材料が上手く滑り込まない様な状況で材料が引き延ばされ、加工表面が肌荒れする物です。この場合には絞り径はマイナスになっている事が多い現象です。この様な現象は絞りダイスのRが小さい、ダイスの面が粗い、加工速度が速いなどがあげられます。この縦キズや肌荒れの対策には、絞りダイスのR形状を滑らかに仕上げる事と、パンチ・ダイスに表面処理を施す事で対策とする事ができます。



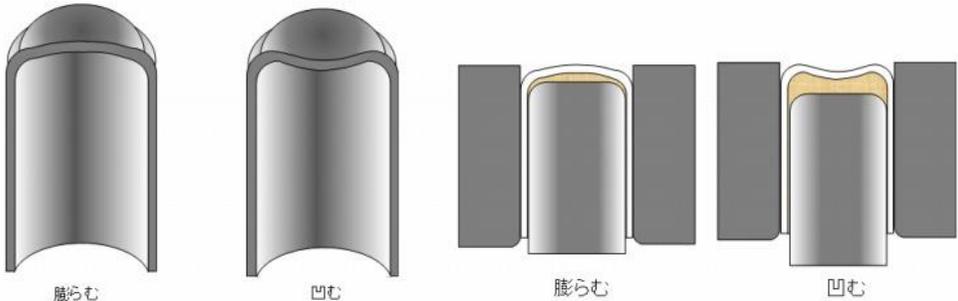
縦キズ

肌荒れ

## 【トラブル事例-3】底部変形

絞り加工時における底部の変形には、膨らむ場合と凹む場合が有ります。この変形は、比較的材料板厚が薄く、絞り径が大きいもので発生する事が多い現象です。膨らむ現象では絞り加工時の加工油が製品とパンチの間に多く入る事でプレス加工時の圧縮により製品が凸形状に膨らみます。また、凹む現象は、プレス加工後にパンチが製品から抜ける時に発生しますこの凹みの現象は製品とパンチの間が真空状態となる事で発生します。

この現象を防止する為には、パンチダイスに、空気抜きの穴を設ける方法が有ります。但し、この穴のサイズも大きすぎれば部分的な変形となりますので注意が必要となります。



## 深絞りの定義

一般的には製品の直径以上の深さに絞り加工を行ったものを「深絞り加工」と呼んでいます。例えば円筒絞り加工で、製品直径 $\Phi 20\text{mm}$ で絞り深さが $20\text{mm}$ 以上の場合を深絞り加工と呼ぶこととなりますが、自動車や家電部品を構成する部品ではもっと深い絞り加工により成形された部品がありますので、どのような事を配慮し加工を行うかを紹介したいと思います。

深絞り加工は、金型設計・製作精度のみではなく、被加工材の材質指定、加工油選定など、様々な要素をバランスよく設計する事で実現できる加工工法であると言えます。それぞれの要素について説明していきます。

## 加工材料について

プレス加工工程の検討を行う上で、被加工材の選定が重要で特に深絞り加工を行う上で「絞り加工用の専用材料」があります。冷間圧延鋼板（SPC材）では絞り性を配慮した“D材”“E材”と言った材料があります。このような材料は機械的特性である、①引張り強さ②降伏点③伸び④硬さの中で特に降伏点の上限が設定され、伸びが“C材”よりも更に伸びる特徴があります。この2つの特性を管理した材料は絞り性が高くより深い絞り加工に適した材料となります。

## 深絞り加工の知っておくべき数値

深絞り加工を行う上で知っておく必要のある3つの数値があります。「加工硬化係数（n値）」「ランクフォード値（r値）」「限界絞り比」です。

それぞれの示す値と考え方について説明していきます。

### ①加工硬化係数（n値）

加工硬化係数は、材料に圧縮・引張り等の荷重を掛けることにより材料が硬くなる性質をあらわす値で、この数値が高いほど加工した時に硬くなる事を示す値です。

オーステナイト系ステンレスSUS304、SUS301、フェライト系ステンレスSUS430に比べ加工硬化しやすい材料ですし、加工しやすいと思われがちな黄銅板も加工硬化しやすい区分の材料になっています。（表1を参照）

銅材やアルミ材の末尾に「1/2H」「H24」の表記がある物は素材に調圧を掛けて硬度の高くしている材料であり、素材状態から加工を行う事で硬化はしづらい材料となっています。

表1、加工硬化係数（n値）

材質		n値
冷間圧延鋼板	(SPCC)	0.21
黄銅板	(C2600P-0)	0.55
	(C2600P-1/2H)	0.11
ステンレス鋼板	(SUS304)	0.42
	(SUS430)	0.23
	(SUS301)	0.56
純アルミニウム板	(A1050P-0)	0.26
	(A1050P-H24)	0.09
純銅板	(C1100P-0)	0.5

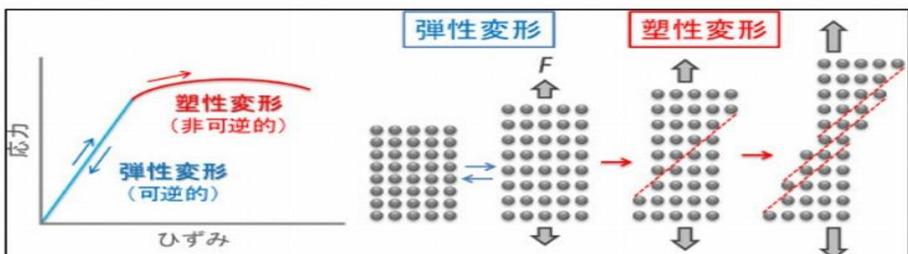
加工硬化係数と深絞り加工の関係、絞り加工の場合には成形の過程で材料に圧縮・引張りの荷重が掛かります。絞り加工の縁の部分のR部は円周方向に圧縮荷重が働き、プレス方向に引張り荷重が働きます。この加工硬化係数が高い場合、ある程度の荷重では硬度が高い事で引張り荷重に対する減肉が抑制され割れにくくなります。逆に低い場合には伸びやすくなることで、割れやすくなるとも言えます。

深絞り加工の成形を複数回行い狙いの寸法に仕上げる場合には、加工硬化が進む為、加工硬化した状態をリセットする必要が有ります。

## 加工硬化はなぜ起こる？

金属に力を加えると、初めは変形しても力を抜くと元に戻ってしまいます（一般に言われるスプリングバックで弾性変形域）応力ひずみ線図で見ると降伏点以下（下図の青線の範囲）でこの現象が発生します。金属に力を加え続ける事で元に戻らなくなります。これは降伏点を越えた力を加えることで、原子の面がすべることで起きる現象（塑性変形域）です。

この原子の面がすべる現象を転位と呼びます。力を加え続けると新たな転位を生み出して変形していくのですが、ある程度、転位が増え続けるとお互いに絡み合っただけで動けなくなります。この状態で更に転位を動かすためにはもっと強い力が必要になります。この状態を加工硬化と呼びます。



日本金属学会より引用

## 加工硬化したものを更に加工する

深絞り加工は一回のプレス加工で完了する事はなく、複数回の絞り加工を経て完成品とします。しかし、さきに述べた様に加工硬化してしまうことで伸びも悪くなり、フレやくびれと言った不具合が発生しプレス加工が出来なくなってしまう。そのため一旦加工硬化したものを加熱処理する事で原子が動くことができる温度まで加熱する事で転位が消え軟化させることができます。

(焼鈍し処理)

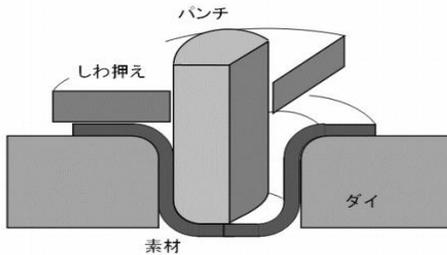
## ②ランクフォード値（r 値）

金属を引き延ばしたときに板厚方向よりも板の幅方向で縮やすい材料であるかを示す値でこのランクフォード値が大きいほど絞りやすい材料であると判断していきます。

絞り加工時には材料の幅方向に縮みやすいものとそうでないものがあり、幅方向に縮みにくい材料を深絞り加工すると、板はしわになって円筒部に流れ込みにくくなると同時に板厚は薄くなり破断してしまいます。すなわち深絞り加工に適した材料は、板幅方向に縮みやすく板厚方向に薄くなりにくいものが適していると言えます。

## ③限界絞り比

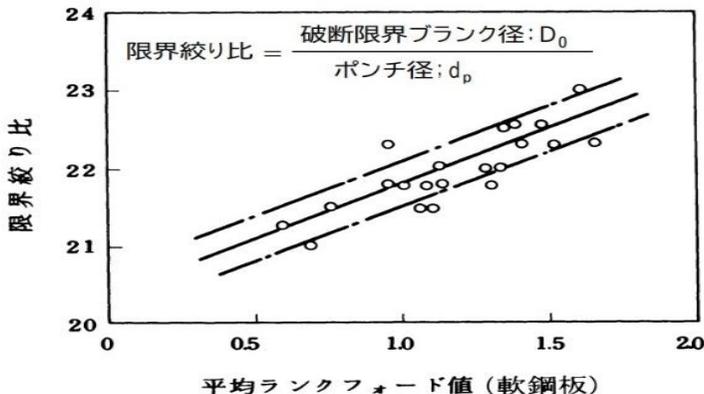
限界絞り比は、1回の絞りで破断を起こさずに円筒を絞る事の出来る破断限界blank径を絞り成形を行うためのパンチ径で割った値を言います。この値の設定はおよそ「2」の付近の値となる事が一般的です。



$$\text{限界絞り比} = \frac{\text{破断限界blank径}}{\text{パンチ径}}$$

## ランクフォード値と限界絞り比の関係

材料の絞りやすさを示すランクフォード値とプレス加工における加工の難易度を示す限界絞り比には比例の相関関係があります。下図に示す様にランクフォード値が増加（絞りやすくなる）と限界絞り比もより厳しい加工に対応ができる事が実験の中で検証されています。



## 絞り加工油の選定

深絞り加工上の必要な要件に、プレス加工油が有ります。プレス加工油は加工時に発生する焼き付きの防止やプレス加工時の潤滑油として活用されます。絞り加工時に発生する高い加工圧により、油膜切れが発生することで焼き付きが発生します、また、油膜切れにより潤滑が悪くなり成形性も落ちる事が有ります。

プレス加工油の選定時には、被加工材の材質、絞り率等を考慮し選定する事が必要であり、加工油メーカーも加工内容に合わせ加工油のラインナップを揃えています。

但し、近年の環境に対する配慮から、プレス加工油の成分に配合される極圧添加剤も、塩素やイオウを使用しないものが開発されてきています。製品立上げ当初に設定した加工油が、事情により変更される事で加工時にしわや割れ、くびれと言った現象が発生することも有るため加工油の変更についても慎重に行う必要があります。

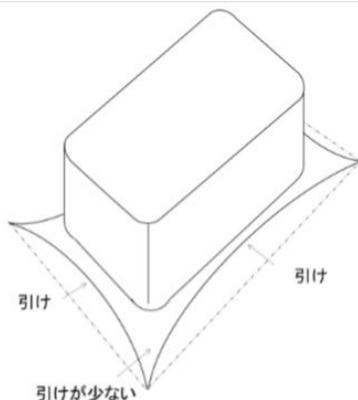
## 金型への対処

深絞り加工では特に、プレス加工時の焼付きが問題になります。事前に行える対策として、パンチ、ダイスへの表面処理（TiC、TiCN等）の表面処理を行う事で、パンチ、ダイスの表面に極めて高い硬度の表面処理を施すことで耐摩耗性を向上させることが有ります。また、加工油の塗布についても、予め素材に塗油する方法から、金型内から加工油を給油する方法などがあり、加工油の油膜切れを防止し割れ不良や傷と言った不良を出さない対策を取る事も有ります。金型製作時にこういった対策は事前に検討をしておくことで耐久性の高い金型を製作する事ができます。

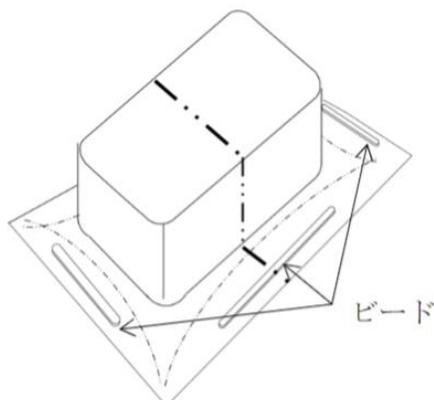
## 角絞り加工について

円筒形状の絞り加工に比べ角絞り加工の難しい所は、円筒の場合には全周から均一に材料が流れ込むのですが、角絞り加工の場合には下図に示す様に4カ所にコーナー部がある事で材料の流れ方が異なる所に有ります。

具体的には、角絞り加工を行うとコーナー部は材料が2方向から入ってくるため材料の流れが悪くなり、フランジ部は引けが少ない状態になります。また、下図のように長辺と短辺で構成される場合には、引けの発生も短辺側で少なく、長辺側で大きく引ける現象が出ます。これは、直線部はコーナー部と比較し抵抗が少ないため、材料が流れやすい事が要因です。また、入りすぎてしまうとキャニングと呼ばれる絞り加工の縦壁の面にベコツキが発生します。



角絞りの加工例



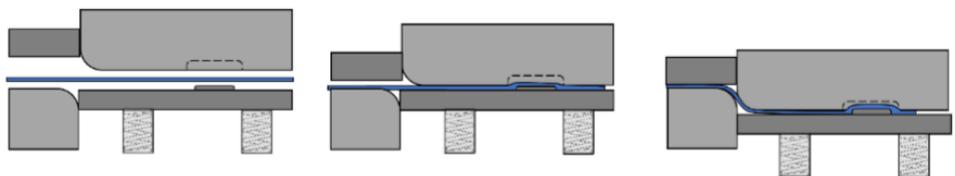
引けの防止例

## 絞り加工時の「引け」を抑制する方法

絞り加工時の材料の「引け」を抑制する方法にフランジ部にビードを設置する例がありますので紹介します。

先にも述べましたが、角形状の絞りの場合には直線部分の材料が入りやすく、キャニング等の現象を発生させてしまいます。これを防止するため、直線部に材料の流れを抑制するビードを設けます。

これによりblankホルダーとダイスの間でワークが掴まれ、プレス加工時の材料の流れを抑制する事ができます。その際の材料の流れ方を下図の「引け防止ビード機能」で説明します。



a、ワークセット

b、ワークグリップ

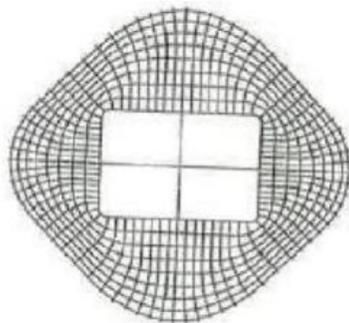
c、ワーク滑込み規制

引けの防止ビード機能（上図中の2点破線断面）

aのワークをセットした状態からプレス機のラムが下降するとbの様にダイスとblankホルダーでワークが掴まれます。この時にワークはblankホルダーに付けられたビードで変形します。そのまま更にプレス機のラムが降下するとcの様にワークがパンチとあたり順に絞られていきます。

この時に、ワークは下降に伴いながら金型内に入っていきます。ビードの取り付け方は、実際にプレス加工を行いながら、高さ、幅、長さを調整し最適な形状を求めする必要があります。また、金型を長期間使用していると、このビードの摩耗により絞り形状が徐々に変化していきます。この変化は微小な事が多いため気が付くと、不良が発生している事も有るため定期的なメンテナンスが必要となります。

均一な絞り深さで長方形に絞る場合の材料ブランク形状の一例を下図に示します。プレス加工時の材料の体積は不変である事を前提とした場合には下図の様なブランク形状となります。



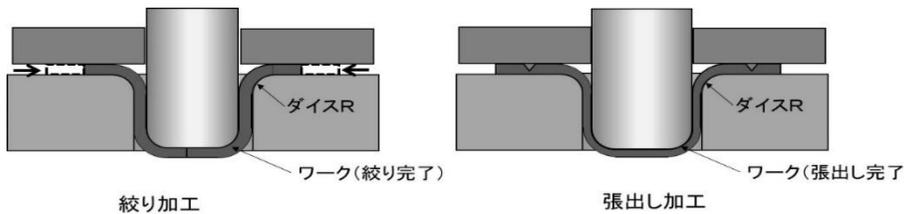
引けの防止のブランク形状  
プレス絞り加工（社）日本金属プレス工業会から引用

絞り加工時の加工油の選定や塗布も、絞り加工時の重要な要素となります。特に、角絞りの場合には、コーナー部と直線部ではコーナー部の方が高い応力が掛かるため割れや減肉が起こりやすいため、加工油を塗油する事や、パンチダイスに表面処理を施す事も必要となります。

下図に絞り加工と張出し加工の略図を示します。

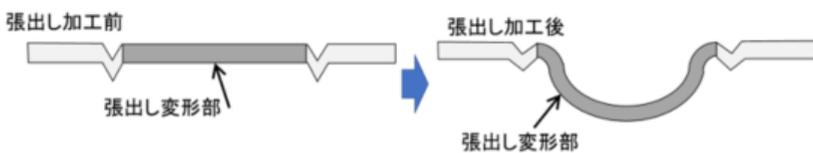
絞り加工は前回までも説明したように、プレス加工時に材料は金型内に流れ込み成形されます、よって、絞り加工時には材料の板厚の減肉が少ない状態で成形されます。

張出し加工は、フランジ部が固定され材料の伸びにより成形されるため、成形部の板厚は薄くなります。張出し加工については、金型の構造や加工条件も重要ですが、特に材料特性に依存する所が大きい加工方法であるといえます。



## 全体に張出し加工

下図に全体を張出し加工した事例を示します、この事例では成形部はドーム形状に成形されており、ドーム部の周囲には材料の流れ込みを防止するリブ形状を設け成形を行っています。広範囲にわたって板を張出す加工で、大曲率半径面等の浅い張出しでは、材料の伸び限界より形状精度が成形限界を左右します。



1) 全体に張出し加工した事例

## エンボス加工

材料の一部を張出す加工で、大きな平面を有する部品などで、エンボス加工を施し全体の剛性を上げる場合に必要な場所に配置する事が有ります。このエンボス加工の形状も、丸形状やビード形状等があり製品設計に応じて配置されます。

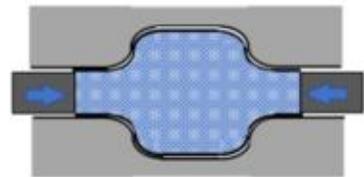
## バルジ加工

バルジ加工は主にパイプ材を使用した張出し加工になります。下図のように両面から加圧する事で、内圧をかけ、ダイス形状にワークを押付ける事で成形を行う工法になります。内圧をかける場合には、加工油を封入し加工する液圧式と弾性のあるゴムなどを使用し成形する方法があります。

油圧によるバルジ成形を「ハイドロフォーミング」と呼び、複雑な形状をした自動車用の吸気・排気マニホールドに使用される事が有ります。



2) エンボス加工



3) バルジ加工

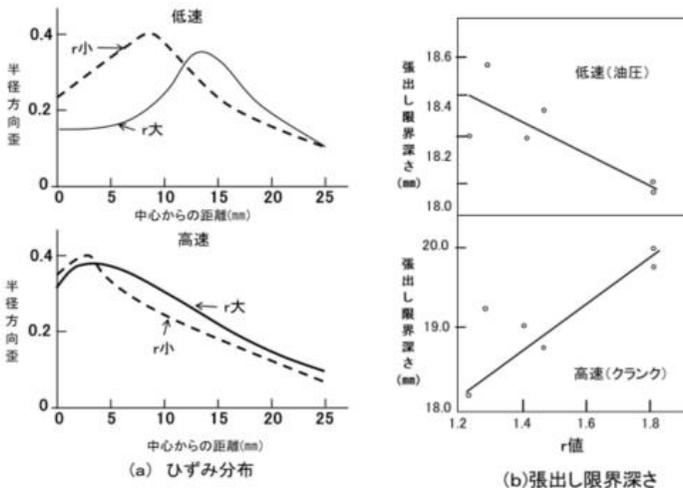
## 張出し加工における材料特性と成形限界

張出し加工における材料の加工性に左右される所が大きい加工方法です。一般的に、材料の特性はエリクセン試験 (JIS Z2247) により評価をすることができますが、材料を引張り試験により求まる材料特性値からも判断することができます。

張出し加工は、被加工材の伸びとひずみ分布の一樣性により限界が決まります。また、先の「プレス加工：深絞り加工の基礎、知っておくべき数値」でも紹介しましたが、全伸び、加工硬化係数  $n$  値は数値が大きいほど限界深さは増加します。この  $n$  値が大きい事は一樣伸びが大きい事を意味します。

材料の異方性を示す  $r$  値 (ランクフォード値) もひずみの一樣性に影響を与える要素となります。

下に示す (a) ひずみ分布は  $r$  値の値が大きい材料と小さい材料で加工速度を変えて成形した場合の加工中心から距離と歪の関係を示したものです。プレス加工速度の違いによりひずみの発生状態が異なる事が解ります。



また、(b)張出し限界深さは、加工速度を低速、高速に変更した時の $r$ 値に対する張出し限界深さを検証したものです。 $r$ 値が大きい材料（絞りやすい材料）では高速で加工した方が張出し成形の限界が高く、 $r$ 値の小さい材料（絞りにくい材料）では、低速で加工したほうが張出し成形の限界が高くなる事が解ります。この様に材料の特性を良く理解した上で、被加工材に合わせた金型設計と加工条件の設定を行う必要があります。

会社名 : 高橋橋金属株式会社  
住所 : 滋賀県長浜市細江町864-4  
電話番号 : 0749-72-2221