

自動車用ホイールディスクの多段プレス成形における内側角部の肉厚減少の防止

Prevention of decrease in wall thickness around corner of inner flat region in multi-stage sheet metal forming of wheel disks

○准 安部 洋平 (豊橋技科大院)

正 森 謙一郎 (豊橋技科大)

海老原 治 (トピー工業)

Yohei ABE, Toyohashi University of Technology

Ken-ichiro MORI, Toyohashi University of Technology

Osamu EBIRAHARA, Topy Industry

Key Words: Plastic Forming, Press Working, FEM, Decrease in wall thickness, Optimal forming condition, Multi-stage sheet metal forming

1. まえがき

自動車用スチールホイールは、タイヤの取付けられるリムと車軸に取付けられるディスクの2つの部品からなる。スチールホイール用ディスクは多段絞りにより成形されるため、ポンチ角部付近で肉厚が一般に減少するが、ポンチ角部付近に車両取付け面があるため、製品強度上この部分は大きい肉厚を必要とする。このように、従来の絞り成形品は最適な肉厚分布になっていないが、自動車の軽量化のために最適な肉厚分布を持つディスクが望まれている。

本研究では、スチールホイールディスクの肉厚分布を最適化するために、多段のプレス成形におけるディスク内側角部の肉厚減少に及ぼす加工条件の影響を調べる。2段成形を設定し、剛塑性有限要素シミュレーションから最適な加工条件に関して検討を行う。

2. モデル成形

自動車用ホイールディスクは、図1に示すような多段加工で成形される⁽¹⁾。中央部が車両取付け面であり、製品強度上角部Aの肉厚が重要である。角部の肉厚は、第1段と第2段の成形において決定され、その後の成形では角部の形状は変化しない。第2段において再絞りされると、第1段のポンチ底部が角部になり、第1段と第2段の角部の位置がずれ、第2段角部の肉厚は、絞り比、工具との摩擦係数、ポンチ角部半径などの影響を受ける。そこで、2段成形に着目し、第1段の成形条件を変化させて2段成形後の肉厚について検討を行った。

図2に示すフランジ部を有する円筒の2段モデル成形を設定して、成形条件の影響を調べる。モデル成形はホイールディスクの実成形の約1/3.5である。1段目では、フランジ部を有する円筒が成形されて、2段目で円筒が再絞り加工されて内側平坦部が成形される。1段目では、工具はポンチ、ダイス、しわ押えからなり、2段目はしわ押えが省略される。しわ押えとダイスの隙間はブランクの初期板厚に固定される。2段成形された後の内側部の形状は製品形状になるため、2段目におけるポンチ形状は固定され、1段目における絞り比 β_1 とポンチ肩半径比 r_{pl}/t_0 が、2段成形後の内側角部の肉厚に及ぼす影響を調べる。実験に用いられたブランクは低炭素鋼板であり、潤滑剤はプレス油である。ブランクの機械的特性と成形条件を表1と2にそれぞれ示す。

3. 肉厚分布の最適化

3-1 計算と実験結果

シミュレーションには、剛塑性有限要素法⁽²⁾が用いられ、軸対称変形として計算が行われた。工具とブランクの間の摩

擦係数は0.15とした。 $r_{pl}/t_0=3.75$, $\beta_1=1.91$ において計算と実験で得られた肉厚分布の比較を図3に示す。絞り加工において、内側角部の肉厚は減少している。計算された肉厚分布は実験結果とはほぼ一致している。

内側角部の肉厚減少を最小にする成形条件が有限要素シミュレーションと実験の両方から求める。最小化においては、ポンチ肩部の最小肉厚が評価される。

3-2 1段目のポンチ肩半径の影響

1段目のポンチ肩半径比が2段成形後の内側角部の最小肉厚に及ぼす影響を $\beta_1=1.91$ において図4に示す。内側角部の肉厚減少はポンチ肩半径に対して最小値を持つことが分る。

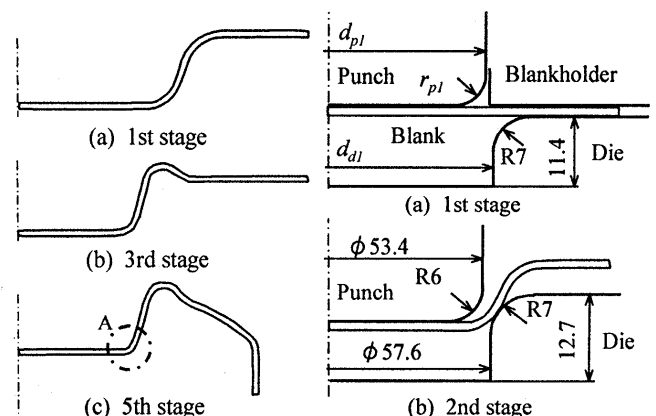


Fig. 1 Multi-stage forming operation for steel wheel disk.

Fig. 2 2-stage model forming process.

Table 1 Mechanical properties of low carbon steel blank.

Yield stress	Tensile stress	Elongation	F-value	n-value	r-value
353 MPa	465 MPa	35.2 %	780 MPa	0.187	1.01

Table 2 Forming conditions for 2-stage model forming process.

Diameter of blank	120 mm
Initial thickness of blank t_0	1.6 mm
Lubricant	Press oil
Ratio of punch corner radius in 1st stage r_{pl}/t_0	1.88, 3.75, 5.63
Drawing ratio in 1st stage β_1	1.78, 1.91, 2.08
Coefficient of friction between tool and blank	0.15

ポンチ肩半径が小さいと1段成形後の内側角部の肉厚減少は変形の集中によって大きくなるが、肉厚が減少する領域は小さくなる。大きなポンチ肩半径では、傾向が反対になる。2段成形後の内側角部は1段成形後では平坦な底部に位置するため、肉厚減少領域が増加することは2段成形後の内側角部の肉厚減少をひきおこす。したがって最適値が存在したのは、最小肉厚ひずみと肉厚減少領域の相互作用によるものである。

3-3 1段目の絞り比の影響

1段目の絞り比が2段成形後の内側角部の最小肉厚に及ぼす影響を $r_{p1}/t_0 = 3.75$ において図5に示す。ここで、 $\beta_1 = 2.25$ は1段で成形したことを示している。内側角部の肉厚減少に対して、最適な絞り比が現れており、その絞り比は計算と実験ではほぼ一致している。これは、1段成形後における内側角部の肉厚減少は絞り比の減少とともに小さくなるが、2段成形における再絞り比が大きくなるために内側角部の肉厚減少は、 $\beta_1 = 1.91$ に対して最も小さくなる。

3-4 実成形への応用

ホイールディスクの実成形における最適な条件を有限要素シミュレーションから求めた。ブランクの直径と肉厚はそれぞれ410 mm, 3.5 mmと実成形で使用されているものである。ポンチ肩半径比を2.0から8.57まで、絞り比を1.78から2.08まで変化させてそれらの影響を見た。

モデル成形と同様に、内側角部の肉厚減少に対して最適成形条件が存在し、最適条件は $r_{p1}/t_0 = 5.71$, $\beta_1 = 2.0$ である。最適条件において有限要素シミュレーションによって計算された変形形状を図6に示す。

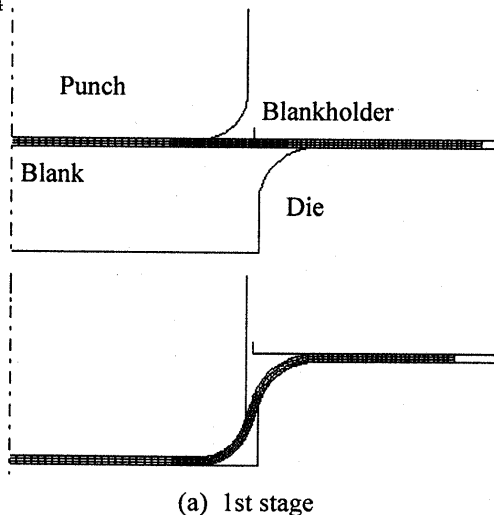
4. あとがき

自動車用ホイールディスクの多段成形において、絞り成形、再絞り成形の2段成形について注目し、内側角部における肉厚減少に及ぼす加工条件の影響を剛塑性有限要素法によりシミュレーションし、次のような結果を得た。

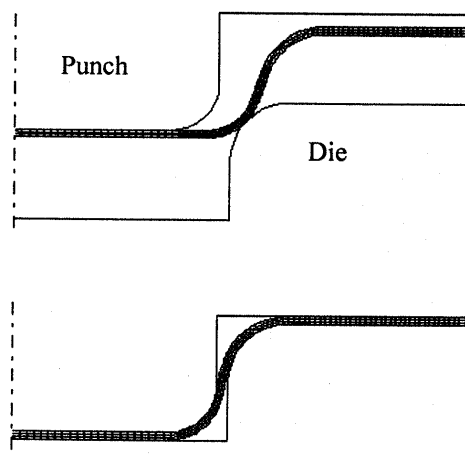
- (1) 第1段のポンチ肩半径と絞り比には内側角部の肉厚減少を最小にする最適値が存在した。
- (2) 実成形を対象に内側角部の肉厚減少を最小にする最適なポンチ肩半径と絞り比を求めた。

文 献

- (1) 町田功・成田正幸・呉浦良太・森下洋行・吉村泰律・板倉克典, HONDA R & D Technical Review, Vol. 6(1994), 146-157.
- (2) 森謙一郎・島進・小坂田宏造, 機論A編, 45-396(1979), 965-974.



(a) 1st stage



(b) 2nd stage

Fig. 6 Deforming shape for optimal conditions calculated by finite element simulation for $r_{p1}/t_0 = 5.71$ and $\beta_1 = 2.0$.

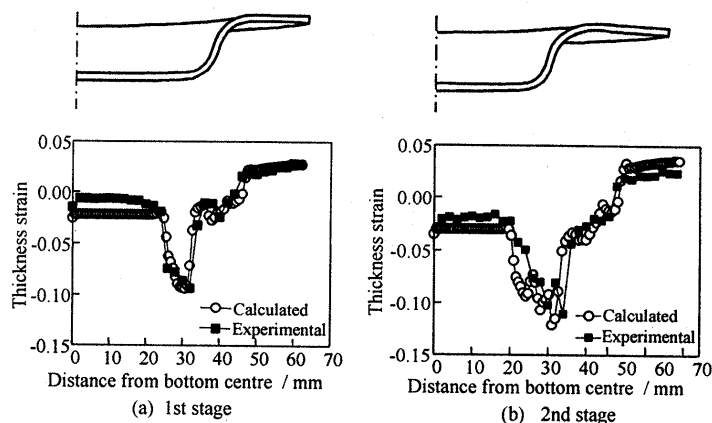


Fig. 3 Comparison between distributions of wall thickness obtained by calculation and experiment for $r_{p1}/t_0 = 3.75$ and $\beta_1 = 1.91$.

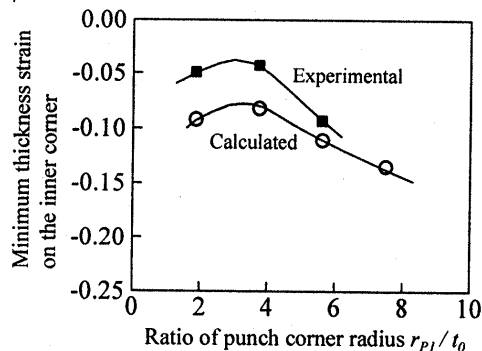


Fig. 4 Effect of punch corner radius in 1st stage on minimum wall thickness in inner corner of formed cups after 2nd stage for $\beta_1 = 1.91$.

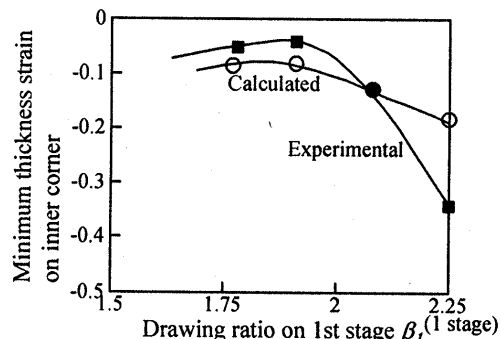


Fig. 5 Effect of drawing ratio in 1st stage on minimum wall thickness in inner corner of formed cups after 2nd stage for $r_{p1}/t_0 = 3.75$.