

〈一般研究課題〉 プレス加工におけるマッチングバリの発生ゼロに挑む

助成研究者 名城大学 吉川 泰晴



プレス加工におけるマッチングバリの発生ゼロに挑む

吉川 泰晴
(名城大学)

Challenging zero matching burrs in press working

Yasuharu Yoshikawa
(Meijo University)

Abstract :

In progressive die stamping of metal sheet products, multiple shearing operations are performed to form the cutting outline. The joint between the sheared parts is called the matching section, where a unique spiked “matching burr” occurs. Various methods have been adopted to address this matching burr, but it has not been possible to prevent its occurrence through shearing operations. In this study, by focusing on the material flow of the workpiece, and driving the punch not only in the thickness direction but also in the surface direction, the suppression and reduction of matching burrs were investigated. A die structure using a linear slider and an inclined cam was devised, designed, and fabricated to enable simultaneous vertical and horizontal driving of the punch, and shearing experiments were conducted on 2 mm thick cold-rolled steel sheet SPCC. However, matching burrs were not suppressed, and a tendency toward increased burrs was observed compared to conventional shear experiments with vertical strokes alone. This result suggests that the precision of the linear slider's drive mechanism may have influenced the outcome, providing important insights for designing new die structures.

1. はじめに

プレス加工では、せん断や曲げ、絞り、圧縮などが行われ、順送プレスやトランスファープレスを用いて複数の行程を組み合わせて製品が成形される。複数工程の中で、ブランクからの製品の切り離しや加工力を抑え、複雑な形状に成形するためにブランクに対して複数回のせん断を行うこと

がある。この際、前工程でせん断した部分に交差するように後工程のせん断を行うと、Fig. 1に示すようにこの交差部(マッチング部)に通常のせん断で発生するより大きな棘状のバリが発生する。このバ리를マッチングバリという。マッチングバリは通常のバリより大きいため、組付精度や作業者のケガの原因になる。また、摩耗や欠損、凝着などの工具寿命の低下にも繋がり、摩耗した工具でのせん断はバリに影響を及ぼす¹⁾。そのためバ리를手作業や研磨などで除去する必要があるが、時間とコストを要するため、せん断加工でマッチングバ리를発生させないことが望ましい。

マッチングバリに関しての研究は多くないものの、交差角が90度程度とすればバリが小さくなることが知られている²⁾。この知見に基づき、マッチング部に0.1~0.2 mm程度の逃がし形状を設け、微視的に交差角を90度とする対策が取られているが、逃し部が残存することが避けられない。また、交差角を90度としても、完全にマッチングバ리를抑制するには至っておらず、マッチングバ리의発生機構を明らかにした上での抑制策が求められている。

著者ら^{3), 4)}はマッチングバ리의抑制に向けたパンチ刃先形状を検討し、シャー角を設けたパンチで実験を行った。その結果、パンチ形状を円弧状にした場合、フラットのパンチと比較してマッチングバ리의高さを大幅に減少させられることが明らかになった。これらの結果を踏まえ、パンチをマッチング部側から2工程目輪郭に沿うように横方向にストロークさせたのち、板厚方向にストロークさせてせん断することで、マッチングバ리를発生させずに加工できると考えた。せん断時のストローク方向に対して横方向の動きをコントロールしたパンチモーションにより、材料流動の制御が可能であれば、マッチングバ리의原因と考えられる自由空間側への材料の流動が抑制され、マッチングバ리를減少させられる可能性がある。そこで本研究では横方向の動きをコントロールしたパンチモーションを可能とする金型を作製し、プレスせん断加工におけるマッチングバリ発生に及ぼすパンチモーションの影響を実験的に調査した。

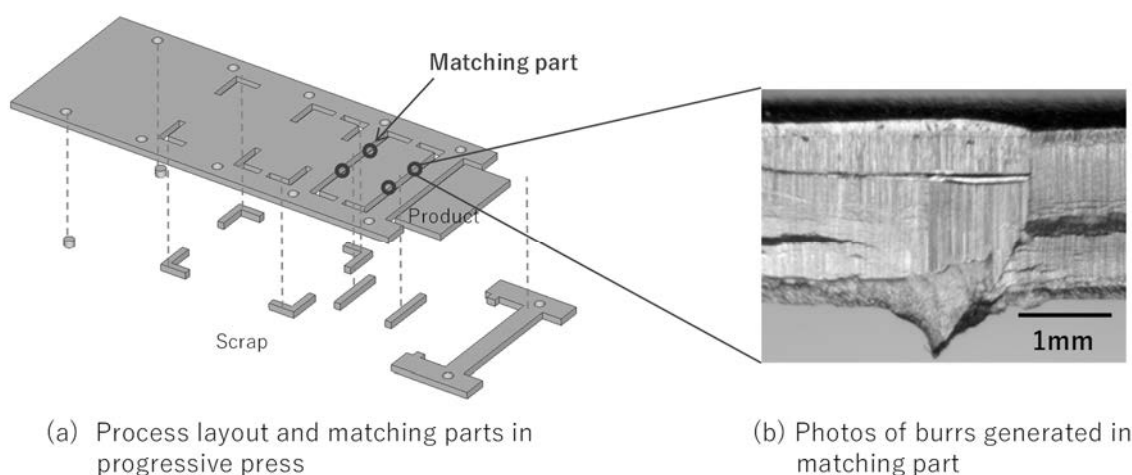


Fig. 1 Image of progressive press process and matching burr.

2. 解析方法および実験方法

2.1 解析条件・方法

解析を行ったモデルの概略図を示す。解析には有限要素解析ソフト Simufact forming 2024を使用し、被加工材のせん断として3次元解析をした。Fig. 2に解析で設定した解析モデルを示す。被

加工材には板厚 2 mm の冷間圧延鋼板 SPCC を想定し、パンチと切り口の交差角を $\theta = 30^\circ$ とした。工具であるパンチおよびダイは剛体とし、パンチ刃先の丸みは 0.05 mm、クリアランスを 0.1 mm (5%t) と設定した。また、摩擦則をクーロンに設定し、摩擦係数 μ を 0.1 とした。被加工材の変形抵抗は $\sigma = 543\epsilon^{0.2}$ であらわされる n 乗硬化則を適用した。この変形抵抗は実験で用いる冷間圧延鋼板 SPCC から試験片を切り出し、その引張試験により得られた値である。

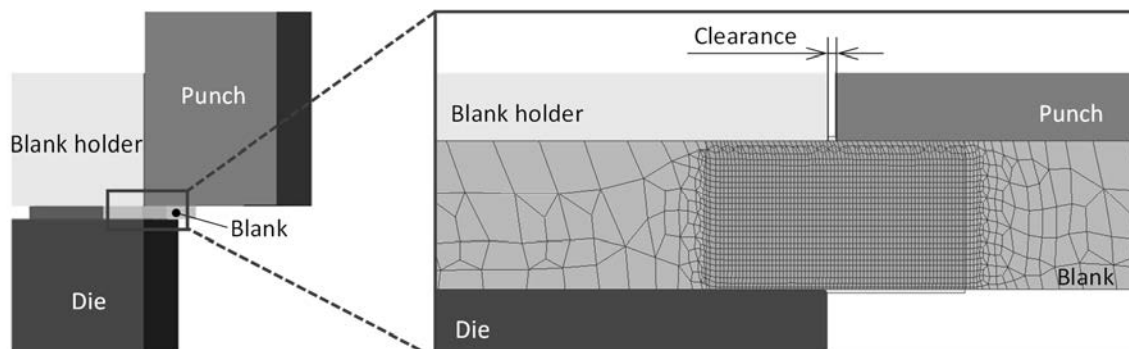


Fig. 2 Simulation model.

Table 1 Conditions of finite elemental analysis.

Blank	Material	SPCC (cold-rolled steel sheet) Flow stress: $\sigma = 543\epsilon^{0.2}$
	Thickness [mm]	2
Clearance [%t]		5
Crossing angle θ [deg.]		30
Shear rate [mm/sec]		5.0
Friction coefficient μ		0.1

2.2 実験条件・方法

実験にはアムスラー型万能試験機を用い、この試験機内に別途設計・製作したサブプレスを設置してせん断実験を行った。本実験では、アムスラー型島津万能試験機UH-1000kNによる縦方向(厚さ方向)と横方向(面方向)の動きをコントロールしたパンチモーションを可能とするためのFig. 3のような金型を設計・製作し実験装置として使用した。この金型はパンチの横方向のスライドを傾

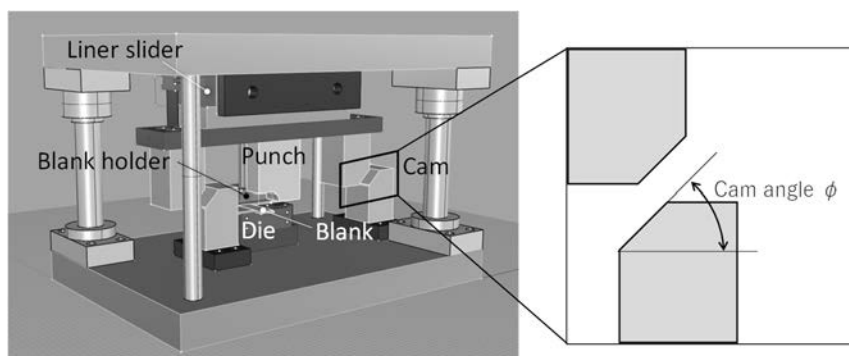


Fig. 3 Schematic illustration of designed sub-press with a punch slide mechanism.

斜カムによって駆動させるもので、パンチをスムーズに動かすためにパンチのバックプレートにはリニアスライダを取り付けている。傾斜カムの角度 ϕ は30、45、60度とし、カムを交換することによって縦ストロークと横ストロークの動きを調整可能なものとした。パンチとダイの材質は高速度工具鋼SKH51であり、パンチは先端形状がR10の円弧を有したもので、ダイは研削仕上げが施されている。

ブランク(試験片)として40 mm×25 mm、板厚2 mmの冷間圧延鋼板SPCCを使用した。第一工程で長辺に平行に10 mmせん断して40 mm×15 mmにしたのち、第一工程のせん断輪郭に対する交差角度 θ を15、30、45、90度としてせん断速度5 mm/sで第二工程のせん断実験を行った。いずれも加工時には塑性加工油(ユニプレステラミ)を塗布した。

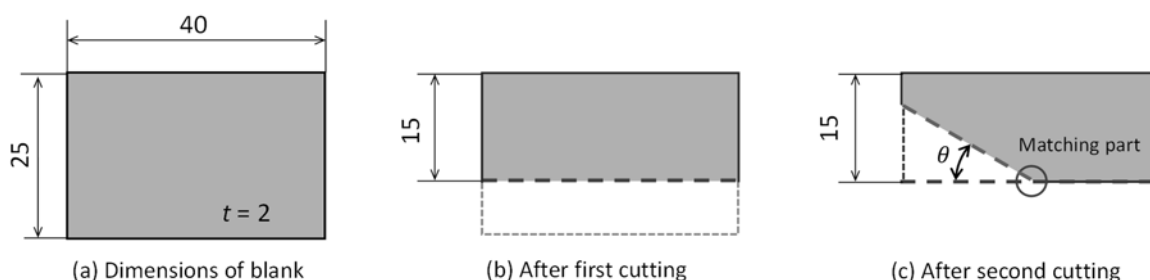


Fig. 4 Dimensions of blank and cutting lines of each process.

せん断後の試験片のマッチングバリについて、Fig. 5に示すようにバリの高さ h 、幅 w 、マッチング部から先端位置までの長さ l を実体顕微鏡、白色干渉計を用いて測定した。

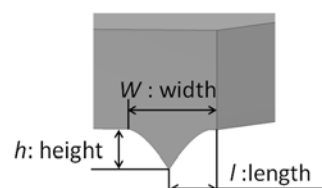


Fig. 5 Measurement dimensions of burr.

3. 結果

3.1 有限要素解析結果

Fig. 6にパンチ先端をフラットにした場合のブランクの変形の様子を示す。せん断部を横から見た画像で、右側がスクラップ側である。ストロークが進むに従いせん断変形が進み、せん断部のひずみは大きくなっている。2 mmストローク時において材料は完全に分断されていないが、バリの発生へとつながる材料が残っている。1 mmストローク時におけるブランクを上面から見た形状を、比較のため途中止め実験の結果と併せてFig. 7に示す。解析結果は実験結果をよく再現しており、材料が一工程目のせん断輪郭方向にブランク材料が約0.26 mm流出していることがわかった。マッチング部において材料が外側に流出し、マッチング部での材料破断が遅れることで

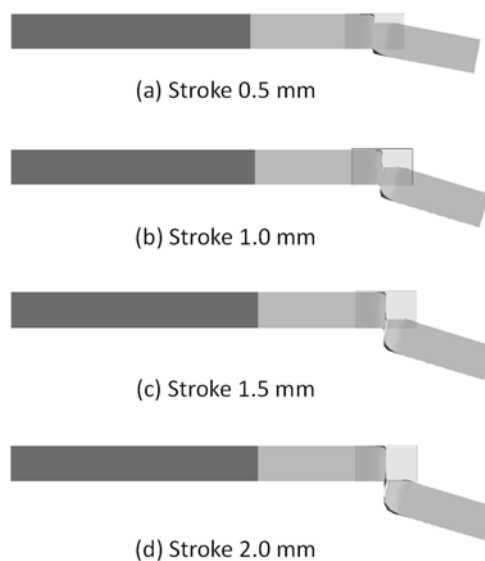


Fig. 6 Side views of blank in simulation.

マッチングバリの発生の原因になっていると思われる。

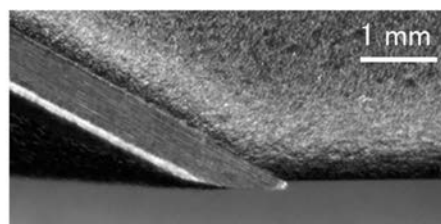
3.2 実験結果

傾斜カムのカム角度 ϕ を30度、45度、60度としてせん断実験を行った試験片の切り口の画像をそれぞれFig. 8～10に示す。いずれも一工程目のせん断輪郭に対する交差角度 θ を15、30、45、90度としたときの様子である。どのカム角度においても交差角度 θ が90度でマッチングバリは発生していないが、交差角度 θ が小さいときは大きなバリが発生していることがわかる。また、このバリの大きさはカム角度に依存しているようは見られない。

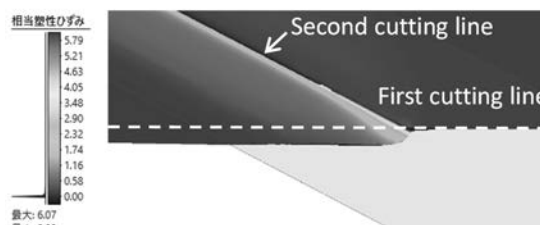
一部のブランクにおいて、バリは二工程目の切り口全体に分布するように発生しているケースがみられた。さらに、切り口におけるだれの発生も顕著にみられ、カム角度や交差角度の依存性は明らかでないものの、マッチング部から遠ざかった位置においてだれが大きくなっているようである。

これらの実験結果から、マッチングバリの高さを測定し、Fig. 11にまとめた。カム角度90度としているデータはカムを使用せず、板厚方向のみへのストロークを意味している。カムを使用することによってマッチングバリの高さが増加していることがわかる。また、いずれのパンチモーションの条件においても一工程目と二工程目の交差角度 θ を90度に近づけることでマッチングバリの高さは小さくなる傾向がみられる。

傾斜カムを採用することでパンチを横方向にスライドさせながらせん断加工するとマッチングバリが増大した。また、だれが顕著に発生していることがみられた。これらの結果から、せん断が進むとパンチに設置したリニアスライダーがスライドするが、このリニアスライダーがその精度に

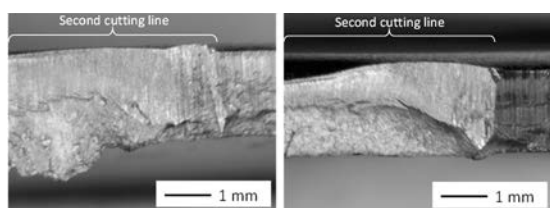


(a) Top view of blank after stopping process midway.



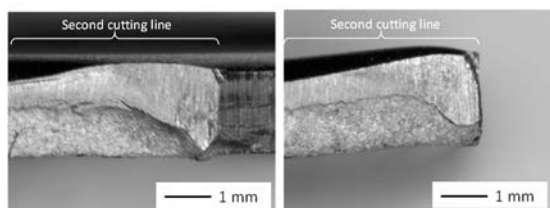
(b) Top view of blank in simulation.

Fig. 7 Top views of blank.



(a) $\theta = 15$ deg.

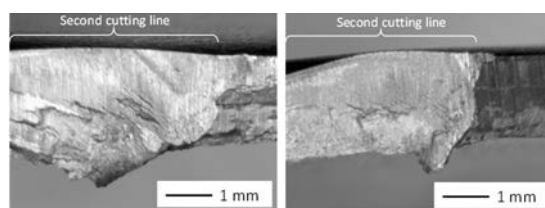
(b) $\theta = 30$ deg.



(c) $\theta = 45$ deg.

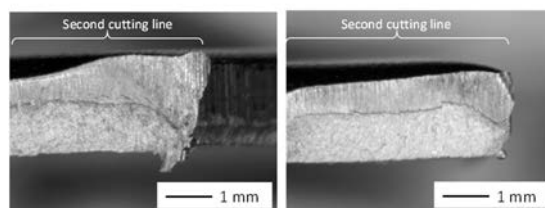
(d) $\theta = 90$ deg.

Fig. 8 Cutting end at each intersection angle at cam angle ϕ of 30 degrees.



(a) $\theta = 15$ deg.

(b) $\theta = 30$ deg.



(c) $\theta = 45$ deg.

(d) $\theta = 90$ deg.

Fig. 9 Cutting end at each intersection angle at cam angle ϕ of 45 degrees.

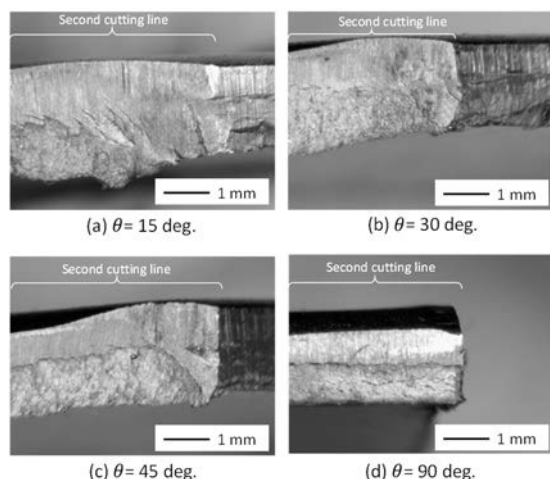


Fig. 10 Cutting end at each intersection angle at cam angle ϕ of 60 degrees.

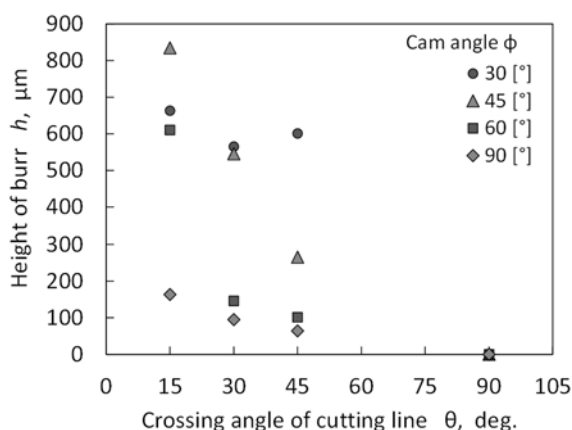


Fig. 11 Cutting end at each intersection angle at cam angle ϕ of 60 degrees.

よってスライド方向とブランク板厚方向に直角な方向、すなわちパンチとダイのクリアランス方向に動き、クリアランスを次第に増加させるように動いている可能性が予想された。実験時にパンチの動きを測定すると、わずかにクリアランスを増大させる方向に動いていることが確認された。リニアスライダを廃止するか、スライダの駆動とともにクリアランスを小さくしていくように取り付け時にわずかな角度を設定することで、マッチングバリの発生を抑制できると考えられる。

4. まとめ

本研究ではマッチングバリの発生に対して、パンチモーションを通常の縦ストロークに加えて横ストロークも同時に駆動することの効果进行调查した。その結果、交差角度 θ が90度ではマッチングバリの発生は確認されなかったものの、小さな交差角度では横ストロークを加えないものよりもバリ高さが増加した。この原因に採用したリニアスライダの精度が影響していると考えられた。今後の対応として、パンチの横ストローク時にクリアランスが増大しないように工夫した金型構造に修正することが必要である。

参考文献

- 1) 前田禎三, 青木勇, 樋口俊郎: 打抜き製品のかえりに及ぼす工具刃先形状の影響, 塑性と加工, vol.18 (1977), 210-215.
- 2) 青木恒夫: セン断加工用金型の寿命と向上策, 第62回塑性加工シンポジウムテキスト, (1979), 52-57.
- 3) 三浦颯大, 梶田和嵯, 馬淵和人, 吉川泰晴: セン断加工におけるマッチングバリに及ぼすパンチ刃先形状の影響, 第74回塑性加工連合講演会講演論文集, (2023), 171-172.
- 4) 梶田和嵯, 馬淵和人, 三浦颯大, 吉川泰晴: セン断加工におけるマッチングバリに及ぼす円弧形状パンチの効果, 2024年度塑性加工春季講演会講演論文集, (2024), 189-190.