

金型ダイへのレーザ加工により かす上がりを防止する技術

(株)新日本テック 和泉康夫*

ものづくり基盤技術である「金型」には、製品を高品質かつ安価に量産するノウハウが集積されている。金型製造技術は工作機械の進歩で日々進化するが、かす上がりなどのものづくり課題自体を解決する技術は各社が独自の工夫で対処しているのが現状である。当社は、超精密金型部品と超精密金型（プレス・モールド）を製造するとともに、ものづくり課題を解決する独自の機能性金型部品（商標取得）を開発し製品化している。本稿では機能性金型部品の中から、金型ダイにレーザ加工を行うことによりプレス加工のかす上がりを防止する技術を紹介する。

かす上がり対策の必要性

5G（第5世代移動通信）や自動車の電動化に使用される高機能電子部品や精密機器には、高い信頼性と微細精密化が求められている。そして、それらの製造に使用する超精密金型には、製品取り数の増加に伴う大型化と、製品の品質ばらつきを最小に抑えるための超精密化、そして長期の安定稼働性能が同時に必要とされる。その上、部品の微細化によりプレス材料が薄肉化する現在、生産性向上を阻害する重大問題としてプレス加工時の「かす上がり」があげられる。

1. かす上がりとは

かす上がりとは、プレス打抜きされた「抜きかす」が金型ダイの中に保持されずに、パンチの上昇と共にダイから浮き上がる現象。プレス打抜きが高速化し、プレス材料が薄肉化するほど、かす上がりの発生頻度は高くなる。かす上がりはプレス品質不良や金型破損を引き起こすため、プレス加工の永遠の課題とされる。かす上がり発生メカニズムを図1で説明する。

プレス金型に材料を供給する(①)と、ストリップが移動して材料をダイに押し付け、ダイの中に残っている抜きかすと、供給された材料に挟まれる空間に空気が閉じ込められる(②)。パンチが打抜きを開始すると、閉じ込められた空気は圧縮され(③)、その圧力で抜きかすはパンチに押し付けられる。パンチが下死点をすぎ上昇に転じると、打抜かれた抜きかすとパンチの間に負圧が発生する。抜きかすは下からの圧力と上面の負圧を受けてダイから浮き上がる(④)。ストリップがダイから離れると、抜きかすはダイの上などに放出され、新たな打抜き加工時に製品への打痕発生などのプレス品質不良や金型破損を引き起こす(⑤)。

かす上がり対策技術の概要

1. 従来のかす上がり対策

プレス金型の抜きかすの落とし穴部分を強力に吸引し、かす上がりとかすづまりを防止する試み

* (いずみ やすお)：代表取締役社長、博士（工学）
〒538-0035 大阪府大阪市鶴見区浜2-2-81
TEL：06-6911-1183

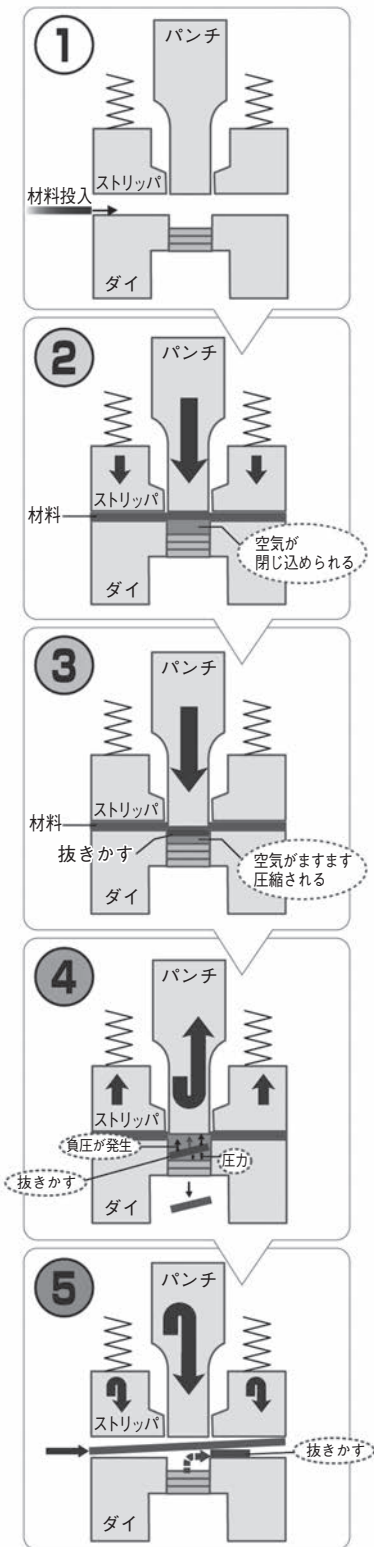


図1 かす上がり発生メカニズム

もなされるが、ダイの中に残っている抜きかすと供給された材料に挟まれる空間に閉じ込められた空気(図1②参照)を除去できないため、かす上がりを効果的に防止することはできない。

現在、一般的に実施されるかす上がり対策を図2に示す。

同図(a)は、パンチに設けたキッカーピンによって、抜きかすを強制的にダイに残す方法を示している。微細形状のパンチには適用できず、キッカーピンがパンチと摺動して摩滅することもある。また、抜きかすの浮力がキッカーピンの押し付け力を上回る場合や、キッカーピンの作用点が適切でない場合には、かす上がりを防止することができない。

(b)はパンチに通気穴を設ける方法。パンチが下死点から上昇に転じる際、抜きかすとパンチとの間に負圧が生じるのを防止して、パンチから抜きかすを剥がしやすくし、かす上がりを防止する方法。この通気穴から圧縮空気を吹き出す方法もあるが、圧縮空気で抜きかすが躍り、かす上がりをおこして誘発する可能性があるため注意が必要。

(c)はダイへのパンチの入りしるを深くする方法。パンチとダイの摩耗が早くなるため、コストの増加につながる。また、抜きかすがダイの中で斜めになり、パンチに付着してかす上がりが発生する場合もある。

(d)はダイの切刃を逆テーパにする方法。抜きかすがダイを通過する過程で圧縮されるので、その反力をダイへの保持力として利用し、かす上がりを防止する方法である。

この他にも、ダイの刃先を鈍らせることにより、打抜く材料の体積を増加させてダイに押し込み、抜きかすがダイに保持される力を増やす方法、ダイの抜きかす通過面に研削や放電などの機械加工により突起を設けて抜きかすの保持力を増やす方法、パンチ先端にシャープ角や凹凸を設けて抜きかすを変形させ、抜きかすが変形後に復元する反発力を利用してパンチからの剥離を促す方法などがある。状況に応じてこれらの対策を複合的に適用することも大切である。

2. かす上がり防止レーザー加工(特許取得)

当加工は、金型ダイにレーザーを用いて凹凸形状を形成する独自加工。開発メンバーは第4回もの

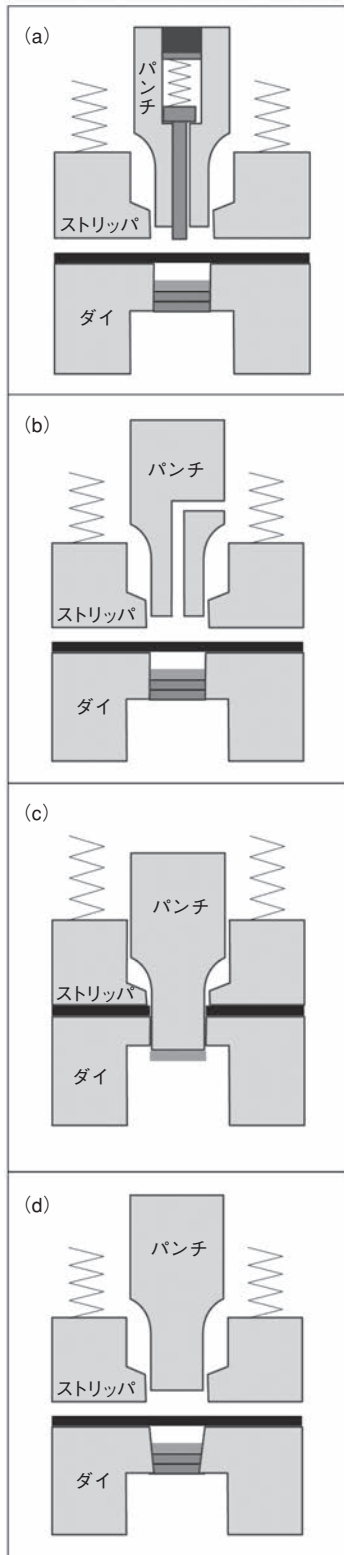
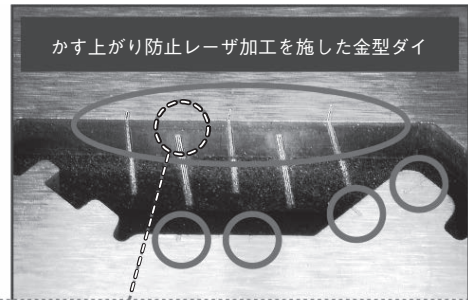


図2 一般的なかす上がり対策



※バリ不可であれば、切刃にレーザーを照射しない場合もある。

図3 かす上がり防止レーザー加工例

づくり日本大賞優秀賞を受賞した。図3に本加工の事例を示す。

レーザーによる凹凸形状をダイの上面から切刃部、そしてダイの抜きかす通過面にかけて連続的に設けている個所があるが、これはダイ切刃の鋭利さを鈍らせて打抜く材料の体積を増やし、抜きかすがダイに保持される力を増やすためである。

製品にバリや打痕が不可の場合は、切刃部やダイ上面にはレーザー加工を行わず、切刃から0.5mm程度離れた抜きかす通過面にのみレーザー加工で凹凸形状を設けるのが一般的である。切刃から下の抜きかす通過面にレーザー加工を施していても、ダイを再研磨して使用するため、いずれは凹凸形状部が切刃部にかかりバリが発生するのはと懸念されることがある。しかし再研磨時には、ダイの抜きかす通過面と当加工の凹凸形状のうち、パンチの入りしる部分が共に摩耗しているため、切刃部に残る凹凸形状部が原因でバリが発生する場合はほぼない。そのため切刃を再研磨して鋭利化すると再使用が可能であり、切刃と凹凸形状の摩耗具合に応じて、切刃から離れた抜きかす通過面に当加工を再処理することもある。

図4は、超合金製の金型ダイに当加工で形成した凹凸形状のSEM写真である。凸形状部は抜きかすを保持し、凹溝部は微細な通気溝として作用する。凹凸形状の高さ寸法は、パンチとダイのクリアランスに応じて設定するが、通常数 μm 程度である。

その凹凸形状が作用するイメージを図5で説明する。プレス金型に材料を供給する①と、ストリップが移動して材料をダイに押し付け、ダイの中に残っている抜きかすと、供給された材料

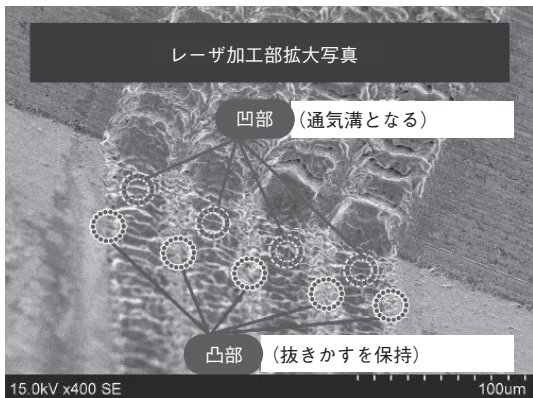


図4 凹凸形状のSEM写真

に挟まれるダイの空間に空気が閉じ込められる(②)。パンチが打抜きを開始すると、閉じ込められた空気は圧縮される(③)が、凹溝部が通気溝として作用し圧縮空気を排除するため、抜きかすをパンチに押し付けて上昇させる圧力の発生は抑制される。凸形状部は抜きかすを強力に保持する。これら凹凸形状部は、パンチの侵入方向に対して相対角度を持って加工されるため、抜きかすはパンチに対して相対運動を行い、パンチから剥がれやすくなる。パンチが下死点から上昇に転じる(④)と、打抜かれた抜きかすとパンチの間に負圧が発生するが、凹溝部が通気溝として作用し負圧の発生を抑制する。これらの相乗作用により、かす上がりを効果的に防止することが可能である。このメカニズムのアニメーションは当社ホームページに掲載しているのをご覧いただきたい。

3. 当加工の効果

当加工の実施例は多いが、特に薄板の打抜きにおいてかす上がりを防止する効果が顕著である。以下に実績の事例を示す。

○厚さ0.05 mmのベリリウム銅薄板を2,000 spmで高速打抜きするプレス金型ダイに当加工を実施したところ、かす上がりのために実施していたメンテナンス工数を大幅に削減でき、80万ストロークごとの再研磨だけで稼働が可能になった。

○厚さ0.1 mmの真鍮板のプレス打抜き工程で、かす上がりによる打痕不良の発生率が90%と高かった。かす上がり対策としてダイの切刃を鈍らせると抜きダレやバリが発生するため、対策が取れなかった。そこで当加工を実施したと

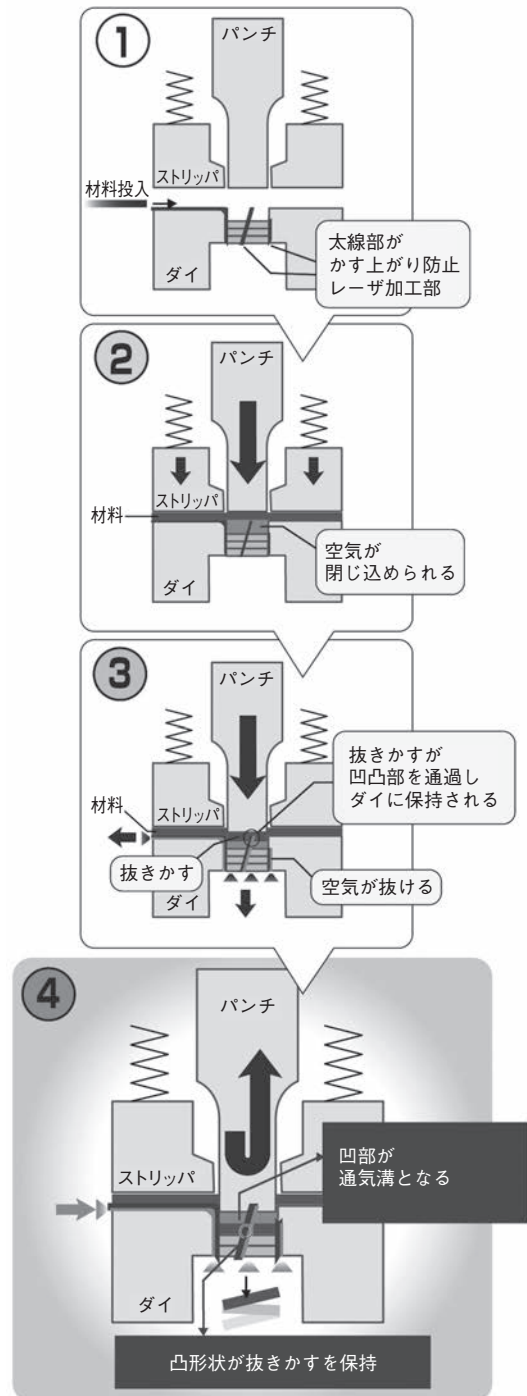


図5 凹凸形状の作用イメージ

ころ、刃先を鈍らせずにかす上がりを防止でき、打痕不良の発生率を約10%に低減できた例がある。

- 当加工でかす上りを防止した結果、プレス回転数を3倍に高め、かす上がりが発生するたびに実施していた金型メンテナンスの工数を大幅に削減することに成功した。
- 従来、かす上がり防止のためにダイを分割して製作し、ダイの切刃や抜きかす通過面に複雑な突起や傾斜をつける加工を標準化してきた。しかし当加工は、ワイヤカット加工による一体形ダイにも加工が可能のため、従来の割型ダイから当加工を施した一体形ダイに置き換えて標準化し、金型構造の簡素化と小型化、コストダウンを可能にした。
- 従来、かす上がり防止対策のためパンチとダイのクリアランスを小さめに設定することが多かった。しかしその結果、打ち抜き時のパンチとダイへの負荷が増すため切刃寿命が短くなったり、ダイの微小コーナーRに亀裂が発生して破損する場合があった。そこで当加工によってかす上りの防止に成功した上に、クリアランスを適性値まで広げることによりパンチやダイの長寿命化も可能になった。
- 製品の抜き断面を適正化するため、ダイプレートにダイ入れ子の位置を微調整して組み込んだのち、かす上がり対策を実施することが多かった。しかし、プレートに組み込んだ微細なダイ切刃に放電被膜装置やダイヤモンドやすりなどによる追加工は難しく、金型を分解してメンテナンスを実施する必要があった。当加工は、ダイプレートに組み込んだダイにも対応が可能のため、そのまま追加工を行いかす上りが防止できた。

金型をメンテナンスできる技術者・技能者が年々減少する中、熟練者が手加工で行っているかす上がり対策や難易度の高い各社独自の機械加工による対策を当加工に置き換えて標準化が可能かを検討される案件も多い。

当加工は、現在使用している金型ダイ単体や、ダイプレートに組み込んだ状態のダイへの追加工、当加工を含む金型部品の新作でも対応が可能なので気軽にお声がけいただきたい。

当社は、当加工でかす上がりトラブルを低減するほかに、PCD（焼結ダイヤモンド）製のダイヤモンド金型部品で金型寿命を大幅に向上する提

案も長年続けている。また、プレス打抜き時に抜きかすがダイの中につまり、パンチやダイが破損する「かすづまり」トラブルの対策として、当社のフッ素コートを経験した金型ダイやダイバックリング、ダイセットに施工して防止する提案も行っている。

これらの相乗効果によって、金型メンテナンス工数の大幅削減やプレス打抜き品質の安定、不良品の削減やトラブル防止による省エネを可能にし、SDGsに配慮したプレス加工に貢献している。

4. かす上がり防止レーザ加工の展望

当かす上がり防止レーザ加工は、薄板の打抜きにおいて顕著な効果を示すが、高硬度材料や厚板のプレス加工では、凹凸形状の摩耗が比較的早期に進展する場合がありますので、改善を進めていく。

☆ ☆

本稿では、金型ダイにあらかじめレーザ加工を実施して凹凸形状を設け、プレス加工のかす上りを防止する技術を紹介した。他にも当社は、前述の「長寿命ダイヤモンド金型部品」、微細形状の精密型抜きが可能な彫刻刃「一体形（いったいがた）トムソンパンチ」、樹脂成形の成形品質向上と糸引きトラブル防止に有効な「遮熱 hat（ハット）」・「冷却スプルーブッシュ」、高硬度材料の延性モード加工が可能な「PCD ダイシングブレード」、撥水・撥油・非粘着の超薄膜フッ素コーティング「SN フッ素コート」・「FC コート」、など独自の機能性金型部品を取り揃えている。これからも顧客企業の金型寿命向上やトラブル対策、品質向上などのものづくり課題の解決や、製品のさらなる差別化に向けて新技術・製品を開発し、超精密金型部品、同金型、機能性金型部品を提供して貢献する所存である。

