

転造タップ加工におけるバリ抑制技術の開発

高見勇大*, 松田豪彦*, 桑原田聡**

Development of Burr Suppression Technology in Threaded Tap Forming

Yuta TAKAMI, Takehiko MATSUDA and Satoru KUWAHARADA

板材にバーリング加工を施し、転造タップ加工をする際に発生するバリの抑制を目的に、真鍮材料を用いて板材へのバーリング加工および転造タップ加工のシミュレーションおよび実試作を行った。バ리를抑制する対応策として、バーリング加工時に成形される円筒の先端部を成形する下受け治具を考案し、シミュレーションにより下受け治具の最適形状を選定した。また、下受け治具を用いた実試作によりバーリング加工時に成形される円筒の先端部の形状評価および転造タップ加工後の外観からバリが抑制されることを確認した。

Keyword : バーリング, 転造タップ加工, バリ抑制

1. 緒言

自動車や電化製品、通信機器で用いられる板状部品には、円筒を成形するバーリング加工後に円筒内面にタッピングという加工でめねじが成形されている。タッピングの一種である転造変形は、回転する工具でめねじ山を塑性加工し、生産性の高さや加工部の強度等に優れるため、めねじ成形には欠かせない技術である^{1)~3)}。しかし、加工時にバリが発生しやすく、バリの除去が不十分であると部品組付け後にバリの脱落による短絡等により製品不良を引き起こすことがある。そのため、転造タップ加工ではバリの発生を抑制することが求められるが、図1に示すような不良の原因となるバリは、円筒の先端部に下向きに発生している。このようなバリは、後工程で行う円筒内面に沿ったバリ取り処理（ブラッシング）では除去が難しい。

そこで本研究では、円筒先端形状が下向きのバリの発生に影響があると考え、先端形状を変更することを検討した。

円筒先端形状を変更するためには、転造加工前に行うバーリング加工後の先端形状を改善する必要がある。シミュレーションおよび実金属材料による加工実験を行って

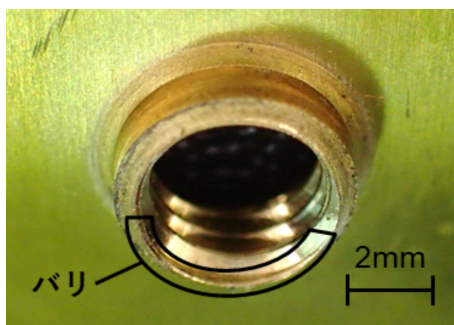


図1 転造タップ加工で発生したバリ

バーリング加工および転造タップ加工の成形性および加工後の形状を確認し、バリの抑制につながる加工技術の開発を行ったので報告する⁴⁾。

2. 金型モデルの検討およびシミュレーション

研究対象とする転造タップ加工は、図2に示すように前工程として板材に円形の打ち抜き加工および円筒形状を成形するバーリング加工を行う。被加工材料には板厚1.2mmのφ2.45mmの下穴を空けた黄銅板材（C2081）を使用した。

実際の円筒先端部の形状を非接触式測定機（alicon社製インフィニートフォーカスG5）で測定した結果を図3に示す。円筒先端形状は内径側に向かって下向きに約30°傾斜するテーパ形状になっていた。この場合、円筒先端まで転造タップ加工の工具が接触するのに対して、テーパ形状になっているためめねじの加工面が下向きに露出しバリになってしまう。

そこで、バーリング加工で成形された円筒先端の形状を制御するため、金型下部に下受け治具を新たに設ける対策を行った。本研究で使用した下受け治具の先端形状を図4に示す。前述のテーパ形状の傾斜が外径側に向かって下向

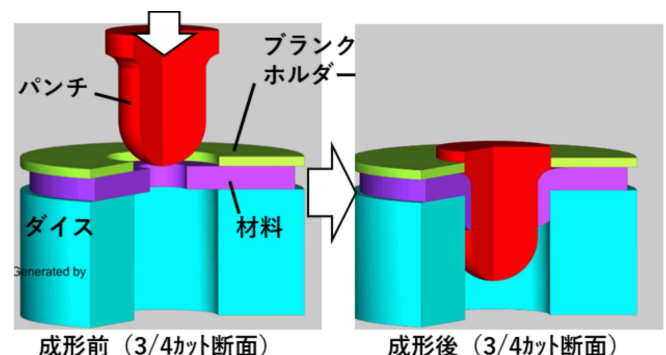


図2 バーリング加工の概要

*生産技術部

**公益財団法人かごしま産業支援センター

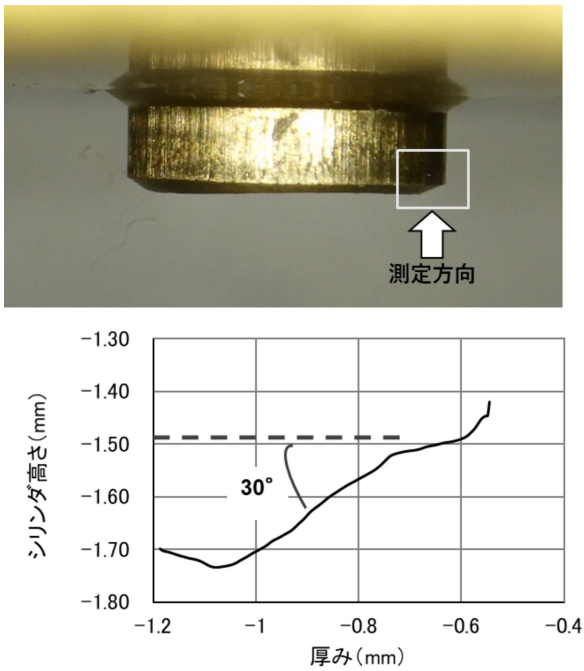


図3 円筒先端形状の非接触測定結果

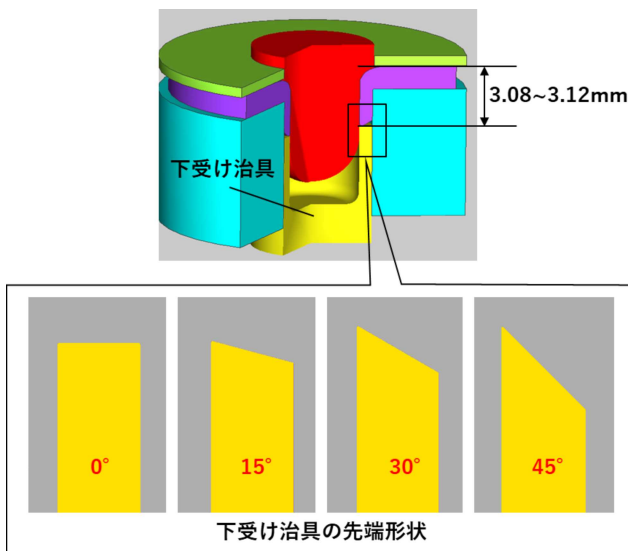


図4 成形後の材料形状

きに傾斜する逆テーパ形状を成形する構造とした。これにより、円筒先端部で下向きに発生するパリの抑制効果を検討した。

逆テーパの角度は、成形後の円筒先端から上面までの寸法が3.08~3.12mmとなる範囲において4種類(0°, 15°, 30°, 45°)を検討し、バーリング加工および転造タップ加工のシミュレーションを実施した。

2. 1 バーリング加工のシミュレーション

2. 1. 1 バーリング加工シミュレーション条件

成形プロセスシミュレーション用ソフトウェア(HEXAGON社製, Simufact Forming 2021.1)を使用した。

シミュレーション条件を表1に示す。2次元シミュレーションを用いて行い、板厚1.2mmの材料(C2081)は剛塑性

表1 シミュレーション条件

パンチ速度	1.0mm/s
材料温度	20℃
摩擦係数	0.594
メッシュサイズ	0.07mm(リファインメントレベル3)

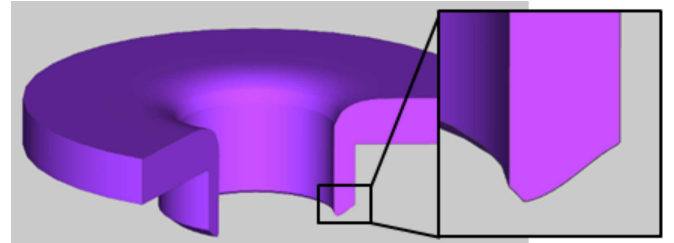


図5 バーリング加工後の材料形状(摩擦係数0.594)

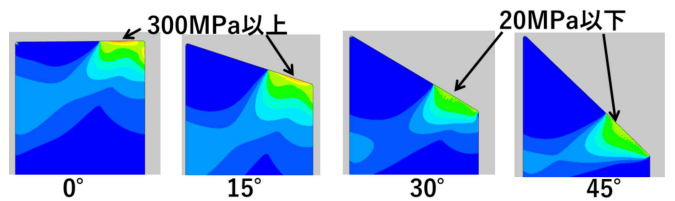


図6 下受け治具先端部の最大主応力

体、ダイスおよびパンチは剛体とした。材料と金型の摩擦係数を設定するためにバーリング加工シミュレーションを行った。その結果、摩擦係数0.594としたときに図5に示すように実際の形状に近い結果が得られた。これにより、下受け治具を用いたバーリング加工シミュレーションも摩擦係数0.594を使用した。

2. 1. 2 バーリング加工のシミュレーション結果

金型が破損する原因となる引張応力を検証するために、下受け治具先端部の角度を変えたときの最大主応力分布の比較したその結果を図6に示す。

円筒部先端と下受け治具との接触は、円筒部の内径側から接触が始まり内径側に引っ張られるように応力が発生するため金型疲労による破損の原因になりえる。逆テーパ角0°と15°において、最大主応力は300MPa以上、30°と45°では20MPa以下と小さくなり、金型の負荷が少なく疲労を抑えられるのは30°と45°であった。

また、下受け治具と材料の接触幅を図7に示すように加工軸と垂直方向に定義し、ダイスと材料との隙間を4種類の下受け治具で比較したグラフを図8に示す。下受け治具のテーパ角度が30°以下では、ダイスと材料との隙間に差がない。しかし、45°では成形時に材料が上側に戻されダイスと材料との間に隙間が生じた。材料との間に隙間が生じること、テーパ形状が下受け治具の方向に伸びることから、公差範囲(3.08 ≤ h ≤ 3.12mm)に収まらなくなる。このことから、金型にかかる最大主応力が低く金型の疲労が抑

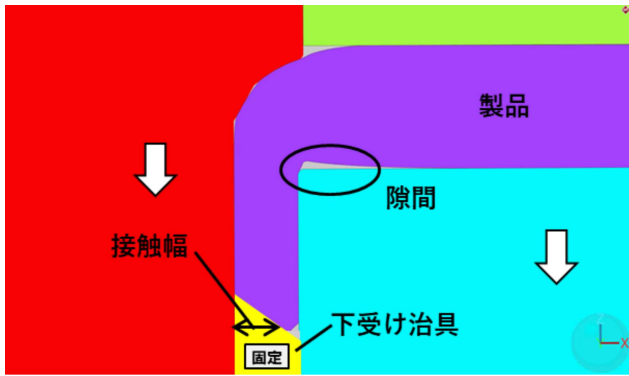


図7 下受け治具45°のシミュレーション結果

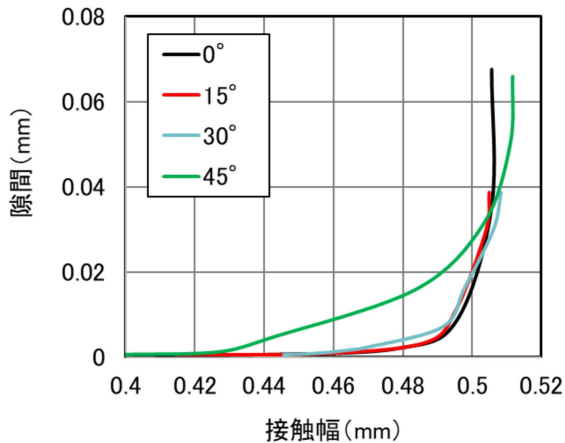


図8 下受け治具とダイス-材料の隙間の関係

えられ、かつ公差範囲 ($3.08 \leq h \leq 3.12\text{mm}$) 内である最適な下受け治具の逆テーパ角度は30°といえる。

2. 2 転造タップ加工のシミュレーション

2. 2. 1 転造タップ加工のシミュレーション条件

転造タップ加工のシミュレーションを行うための条件は、ワーク形状は下受け治具を用いた下受け治具ありとなしの2種類、下受け治具ありは30°の逆テーパ形状とした。ダイスおよびパンチは剛体と仮定した。摩擦係数は0.594、送り速度は235.5mm/s、回転数は900rpm、材料温度は20°Cとし、パンチストロークは10mmとした。シミュレーションには、下受け治具のシミュレーションと同様に商用の成形プロセスシミュレーション用ソフトウェア (SFTC社製, Simufact Forming 2021.1) を使用した。

2. 2. 2 転造タップ加工のシミュレーション結果

下受け治具に30°の逆テーパ形状を成形したうえでの転造タップ加工によるシミュレーション結果を図9に示す。下受け治具なしでは、タップ成形後の円筒先端に下向きの鋭角突起が成形され、これが転造タップ加工によって発生する下向きバリである。一方、下受け治具ありでは、円筒先端に下向きの突起は成形されなかった。

相当塑性ひずみ分布図を図10に示す。転造タップ加工の工具との接触面は、下受け治具ありおよび下受け治具なしのどちらも相当塑性ひずみが大きくなっており加工硬化し

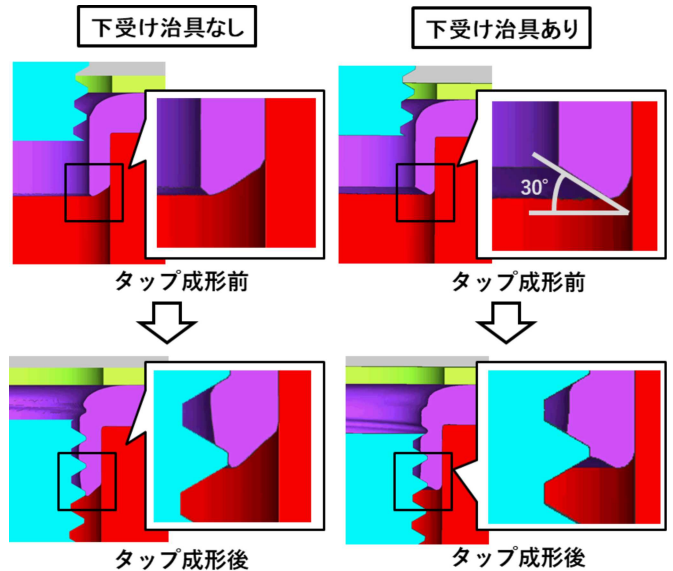


図9 転造タップ加工のシミュレーション結果

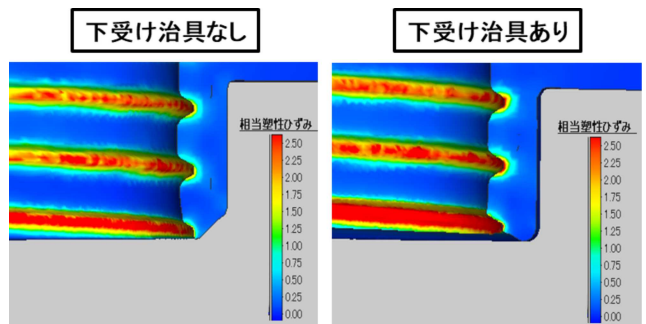


図10 下受け治具先端部の相当塑性ひずみ

ている。先端の鋭角突起部は下受け治具ありではひずみは小さいが下受け治具なしでは、ひずみが大きくなっており加工硬化している。このため、鋭角突起部は脆く割れやすくなり、部品の組み付けのときにバリが脱落する原因になりえる。

3. バーリング加工および転造タップ加工の検証試験

3. 1 バーリング加工の検証試験

バーリング加工のシミュレーションにより得られた結果の妥当性を検証するために実加工試験を行った。

3. 1. 1 バーリング加工の試験条件

バーリング加工および下受け治具を用いた先端部の成形をするための円筒成形金型モデルと材料を図11、実試験機を図12、下受け治具の配置を図13に示す。下受け治具は30°の逆テーパを用いた。下受け治具を配置した場合、バーリング加工のパンチによる加圧と同時にblankホルダー、ダイスおよび材料が下降し、円筒成形された材料の先端部が下受け治具により逆テーパ形状に成形される。試験装置は、オートグラフ (島津製作所製AGX-300kNV) を使用し、加工速度は1mm/sとした。材料は、事前にφ2.45mmの下穴を空けた板厚1.2mmの板材 (C2801) を使用した。

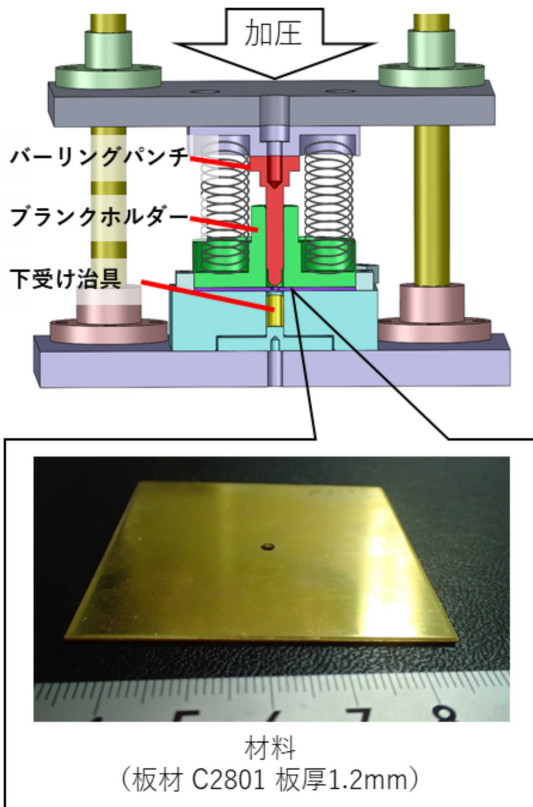


図11 円筒成形金型のモデルおよび材料形状



図12 円筒成形金型の実試験機

3. 1. 2 パーリング加工後の外観評価

パーリング加工後の成形品を図14に示す。下受け治具なしでは、外周に向かって上側に傾斜するテーパ形状になっており、下受け治具ありでは逆テーパ形状となり、下受け治具ありおよび下受け治具なしともに、円筒先端部はシミュレーション結果と同様の形状が得られた。

3. 2 転造タップ加工の検証試験

転造タップ加工のシミュレーションにより得られた結果の妥当性を検証するために実加工試験を行った。

3. 2. 1 転造タップ加工の試験条件

パーリング加工で円筒形状に成形した材料に、転造タップ加工する実験を行った。図15に転造タップ加工の実験概

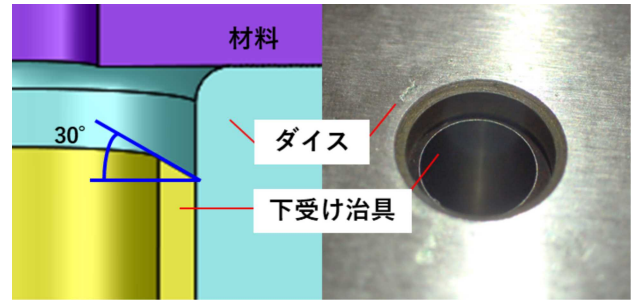


図13 下受け治具の配置

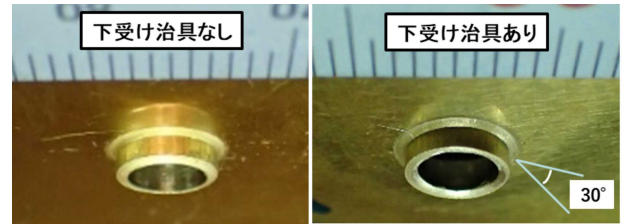


図14 パーリング加工後の成形品

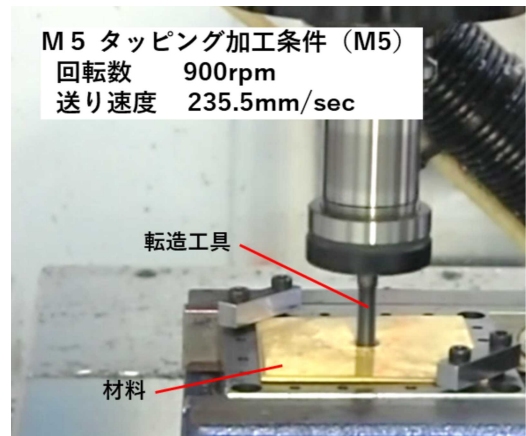


図15 転造タップ加工実験の概要

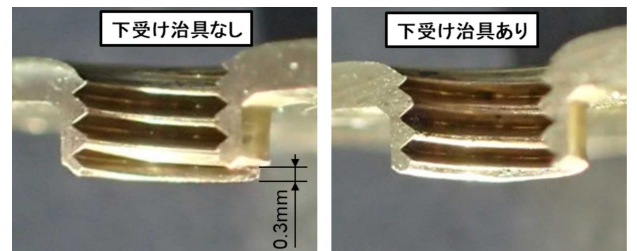


図16 転造タップ加工後の成形品（半分断面）

要を示す。加工には小型マシニングセンタ（システムクリエイト社製PICO）にセットしたM5の転造工具を用いた。加工条件は、回転数900rpm、送り速度235.5mm/sとした。

3. 2. 2 転造タップ加工後の外観評価

転造タップ加工後の成形品の半分断面を図16に示す。下受け治具ありでは、円筒形状の先端に下向きのバリの発生はみられなかった。一方、下受け治具なしでは下向きに高さ0.3mmのバリが発生した。これにより、逆テーパ形状の下受け治具を用いることで、バリの発生を抑制できることが確認できた。

4. 結 言

本研究では、転造タップ加工前に円筒部先端に逆テーパ形状を設けることでバリの発生を抑制できる下受け治具を考案し、以下のことがわかった。

- (1) シミュレーションによって下受け治具で成形する円筒部先端の逆テーパ形状の角度は 30° が最適であると確認した。
- (2) 下受け治具を用いた実加工試験をするため、円筒成形金型を作製しバーリング加工を行い、小型マシニングセンタによって、転造タップ加工を行った。
- (3) 円筒部の先端に逆テーパ形状を成形することでバリの発生を抑制できることがわかった。

参 考 文 献

- 1) 大矢根守哉：塑性加工学，237（1998）
- 2) 北岡山治：素形材，136-140（2016）
- 3) 日本金属学会：金属データブック，181-182（2008）
- 4) 後藤學：有限要素法のノウハウ，25-72（1993）

