

# 応力低減機構付与による圧造工具の革新的長寿命化

機械技術部

牟禮雄二

(株)ユニオン精密 ○東 俊浩, 尾崎俊一郎, 杉山一雄, 小中浩志

鹿児島大学

中西賢二

## 1. はじめに

精密機器の締結に用いる小ねじ (M1.0 ~ M2.6) の冷間圧造では, 近年, 緩み防止やいたずら防止に伴う頭部形状の複雑化により工具寿命と生産性の低下が顕在化している。圧造では, 疲労破壊と摩擦が工具寿命の支配的要因となるが, 工具寿命の向上策として, 工具表面への硬質皮膜被覆法など, 摩擦特性の向上に注目が寄せられてきた。一方, 疲労破壊に対しては, 専ら工具の剛性向上に主眼が置かれてきた。筆者らは, 疲労破壊対策として, 衝撃を吸収する機構を検討し, 応力低減構造を有する圧造工具を提案<sup>1)</sup>した。同工具は, 内部に空間を設けた構造であり, 受圧部の微小な弾性変形を許容するバネ効果により, 受圧部が受ける衝撃エネルギーを弾性ひずみエネルギーとして吸収する機能を持つ。

本研究では, 十字穴付き M2 なべ頭ねじの圧造工具を対象とし, FEM 解析により応力低減構造が工具の寿命伸長に果たす役割を明らかにした。

## 2. 応力低減構造工具のFEM解析

### 2. 1 解析対象

M2 なべ頭ねじの圧造プロセスと圧造工具をそれぞれ Fig.1(a), (b)に示す。圧造プロセスでは, 直径 1.67mm, 高さ 4.5mm の冷間圧造用炭素鋼 SWCH16A 素材を予備成形後, ねじ頭部を主成形する。図(b)は, 主成形における中実構造の従来工具であり, 工具先端の十字傾斜部に疲労破壊による亀裂が認められる。

### 2. 2 解析モデルと解析条件

解析モデルと工具形状をそれぞれ Fig.2(a), (b)に示す。対称性を考慮して 1/4 モデルとし, 工具を弾性体, 素材を剛塑性体, ダイスを剛体として定義した。工具は, SKH59 を仮定してヤング率 228GPa, ポアソン比 0.28 とした。解析には DEFORM-3D を使用し, パンチ速度 60mm/s, クーロン摩擦係数 0.1 とした。また, 予備成形における加工硬化の影響を考慮し, 図 (b) の

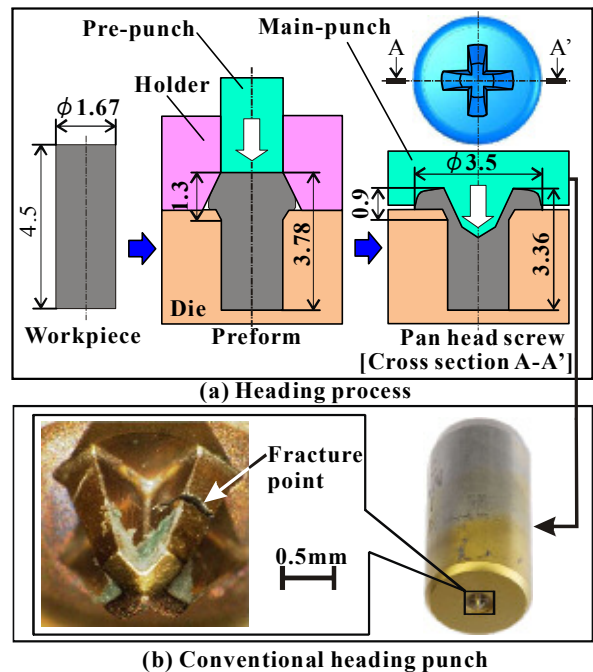


Fig.1 Heading process and heading punch.

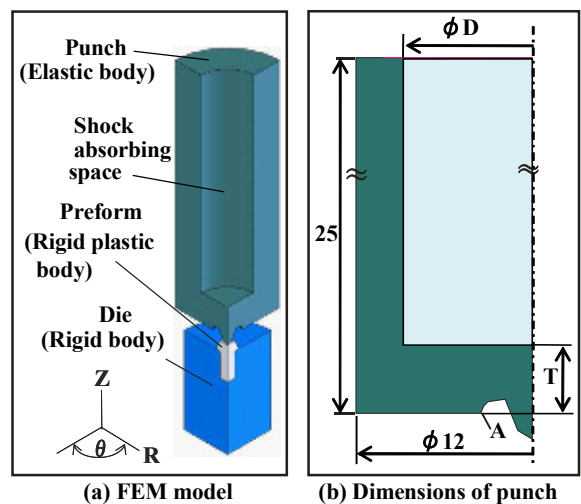


Fig.2 Schematic illustration of FEM model (a) and dimensions of heading punch (b).

A 部とダイスとの距離が 0.1mm となったところで解析を終了させた後、除荷についても計算した。空間形状は、D=1,2,4,6,8,10mm の 6 条件、T=1,2,3,4,6,8,10mm の 7 条件および空間無しの全 43 条件とした。

### 3. 解析結果および考察

応力低減構造工具の空間底部中央における加圧終了時の最大主応力に及ぼす底厚 T の影響を Fig.3 に示す。対象は図の C 点である。C 点の最大主応力は引張応力であり、底厚 T の減少に伴い増加し、6GPa 以上となる場合もある。従って、加圧時に底抜けが推察される。

加圧および除荷時の工具破壊点の最大主応力を基準とした応力振幅に及ぼす底厚 T の影響を Fig.4 に示す。ほとんどの条件で従来工具の応力振幅 1475MPa より低減していることがわかる。T1 において、応力振幅 800MPa 以下となる条件があるが、いずれも Fig.3 の C 点における最大主応力が 1000MPa 以上となり、加圧時に底抜けが推察されるため除外すべきである。これは、本研究で使用した高速度鋼の疲れ強さが、繰り返し回数  $10^4$  で約 1000MPa であることを根拠とした除外条件である。応力振幅は、応力低減構造工具の空間寸法が D6, T4 の条件で最小となることがわかる。

### 4. 実機による工具寿命の検証

内径 D=6mm、底厚 T=4mm の内部空間を有する応力低減構造工具を試作し、実機により工具寿命を検証した。工具写真を Fig.5 に示す。従来工具の平均寿命 8000 ショットに対し、応力低減構造工具では平均 29400 ショットであり、約 3.7 倍の工具寿命伸長を達成した。

### 5. おわりに

FEM 解析により応力低減構造を有する圧造工具の空間形状を最適化した。M2 なべ頭ねじの場合、内部空間の最適値は内径 6mm、底厚 4mm となった。実機で工具寿命を検証した結果、約 3.7 倍の工具寿命伸長を達成した。なお、本研究は、(独) 科学技術振興機構 JST イノベーション サテライト宮崎の平成 20 ~ 21 年度地域イノベーション創出総合支援事業(地域ニーズ即応型)に採択されて実施したことを付記し、その支援に謝意を表す。

### 参考文献

1) 特許第 4428581 号: ”鍛造工具の設計方法及び鍛造工具”

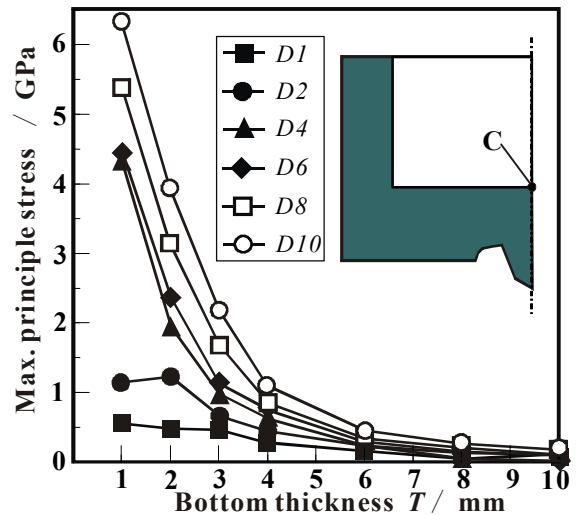


Fig.3 Effect of bottom thickness on maximum principle stress at the point C in heading.

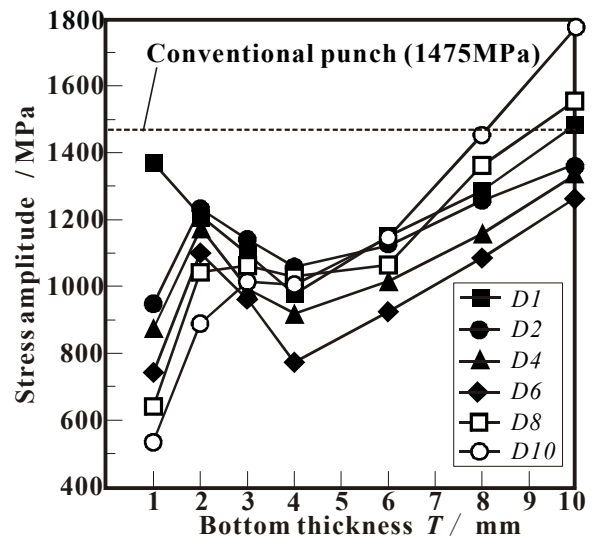


Fig.4 Effect of bottom thickness on stress amplitude at fracture point.

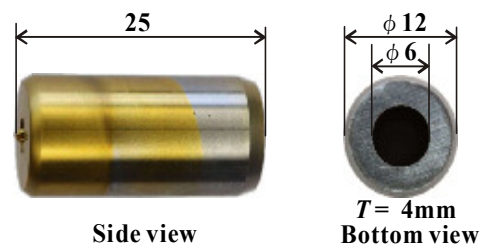


Fig.5 Punch used in tool life testing.