

応力低減構造を有する長寿命工具の開発

生産技術部 ○牟禮 雄二

1. はじめに

精密機器に用いられる十字穴付き小ねじ（～M2.6）の頭部を成形する圧造は、締結部品の金属加工技術として発展してきた。圧造工程は図1（a）に示すとおり、冷間圧造用炭素鋼（以下、SWCH16A）を素材とし、予備成形で頭部を膨らませ、主成形で頭部を潰して十字穴を成形する工程である。

従来工具（図1（b））は中実構造であり、近年、緩み防止やいたずら防止に伴う頭部形状の複雑化やステンレス鋼など素材の高強度化を要因として、圧造中の繰返し応力による金属疲労で亀裂が発生するなど工具寿命と生産性の低下が顕在化している。そこで筆者は、圧造工具を中空構造にすることで

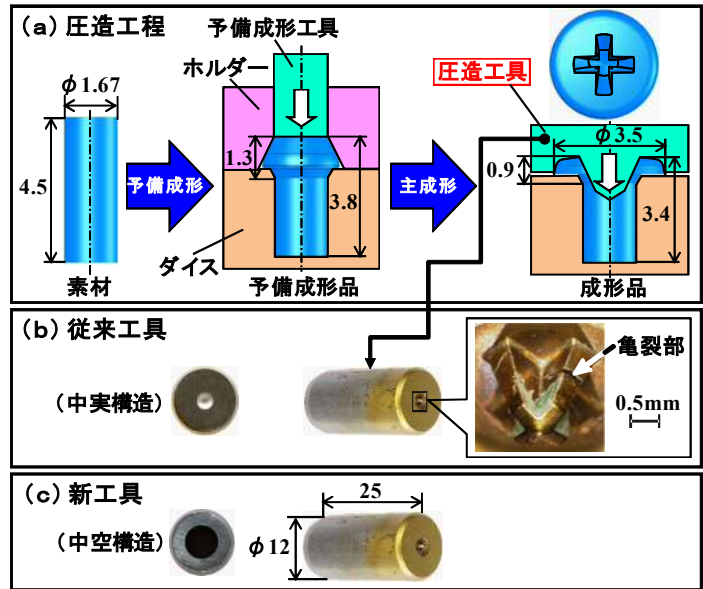


図1 ねじ圧造工程と新旧の圧造工具

で敢えて工具剛性を低下させ、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し、圧造工具の広範囲に応力を分散させることができる応力低減構造工具（図1（c））を開発した。

本研究では、呼び径2mmの十字穴付きなべ頭ねじ用の圧造工具を対象とし、FEM解析により応力低減構造を最適化した結果と応力低減構造を一般的な溝成形用鍛造工具へ適用した結果を報告する。

2. FEM解析による応力低減構造工具の最適化

2.1 解析モデルと解析条件

解析には金属成形用ソフト（DEFORM-3D）を用いた。解析モデルと座標系を図2に示す。解析モデルは、対称性を考慮して1/8モデルとし、工具を弾性体、予備成形品を剛塑性体、ダイスと加圧プレートを剛体として定義した。圧造工具はSKH59を仮定してヤング率228GPa、ポアソン比0.28とした。加圧の解析は、工具上端に設置した加圧プレートをZ軸のマイナス方向に加圧速度60mm/sで強制変位させ、拡大図のA部とダイスとの距離が0.1mm

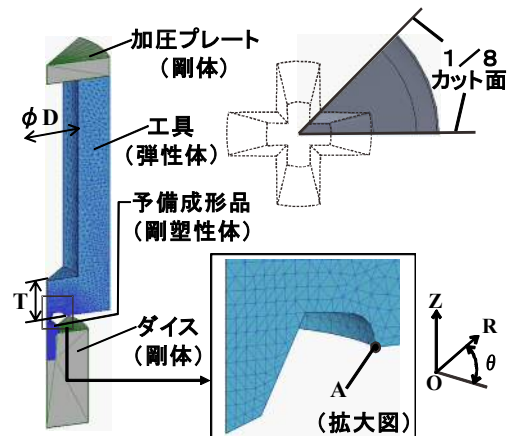


図2 解析モデル

になったところで終了させた。除荷の解析は、加圧終了時の計算結果を初期値とし、加圧プレートと工具を分離しない条件で加圧プレートを加圧時とは逆方向に加圧速度60mm/sで強制変位させた。工具と材料間は、摩擦係数 $\mu = 0.1$ を仮定した。空間寸法は内径D=1, 2, 4, 6, 8, 10mmの6条件、底厚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。

2. 2 解析結果と考察

工具破壊点の応力振幅に及ぼす空間内径と底厚の影響を図3に示す。空間内径3~4mm, 底厚6~7mmの領域で従来工具と同等の応力振幅値を示すが, それ以外の領域では応力振幅が低下する。なお, 破線内は, 加圧時の円筒底抜けが予想されるため除外対象とした。図より応力低減構造工具の最適値は, 内径6mm, 底厚4mmである。

従来工具と最適化した応力低減構造工具の除荷における工具先端の最大主応力分布を図4に示す。従来工具と比較して応力低減構造工具の最大主応力レベルは低下し, 応力の伝播範囲が縮小していることがわかる。

FEM解析結果に基づいて応力低減構造工具を試作し, SWCH16Aコイル材を素材として実機により工具寿命を検証した。その結果, 従来工具の平均寿命2万4千個に対し, 応力低減構造工具では平均寿命9万個であり, 約3.7倍の工具寿命伸長を達成した。

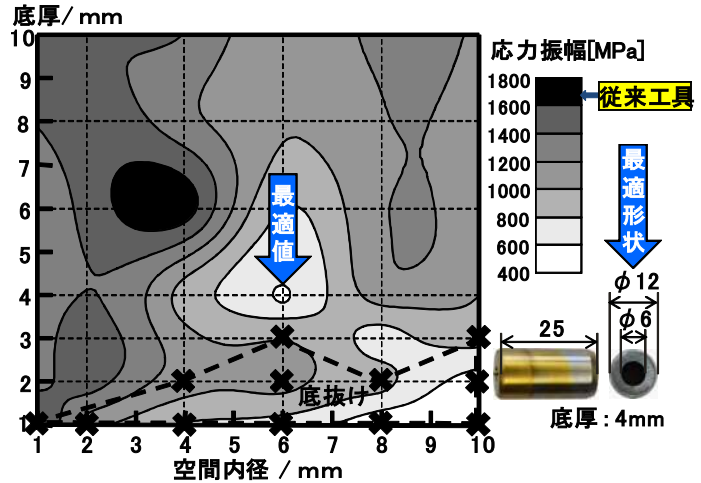


図3 応力振幅に及ぼす空間内径と底厚の影響

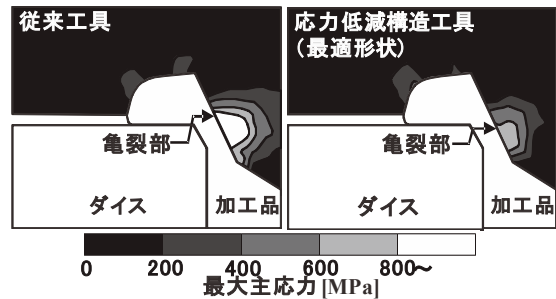


図4 除荷時の最大主応力分布

3. 応力低減構造の一般的な鍛造工具への適用

応力低減構造を加工品の一部に底付きの溝など凹部を成形する溝成形鍛造(図5)に適用した。すなわち, 加工品の形状を崩さないように鍛造工具を挿入する閉空間を有するホルダーで押さえ付けて溝成形鍛造する場合, 閉空間の出口付近における円周方向の引張応力が原因でクラックが発生する。この課題に対し, 筆者は, ホルダーに作用する円周方向の引張応力を低減する溝成形用鍛造工具を考案した。すなわち, 押圧における溝成形用鍛造工具の加圧軸方向の微小な弾性変形(収縮)を積極的に促進し, 同時に加圧軸と直交する方向の微小な弾性変形(膨張)を抑制させる最適な窪みを鍛造工具自身に形成することで, 図に示すとおり応力を低減することができた。

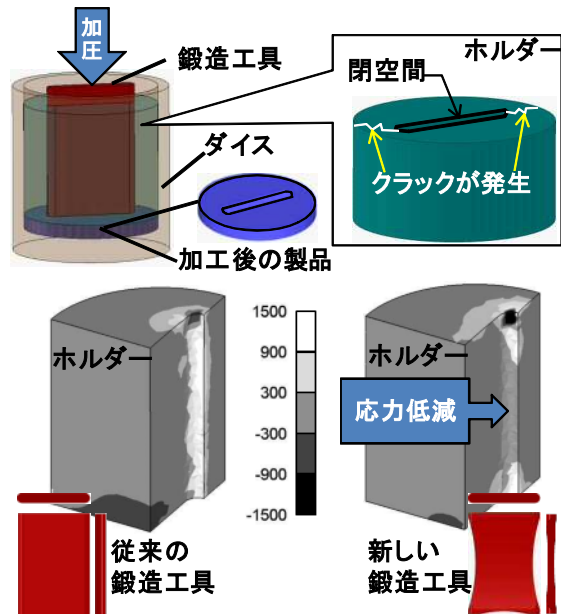


図5 溝成形用鍛造工具

4. おわりに

FEM解析により応力低減構造を有する圧造工具形状を最適化した。M2なべ頭ねじの場合, 最適値は内径6mm, 底厚4mmとなった。実機により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。また, 応力低減構造を一般的な鍛造工具へ適用し, 応力低減効果を確認することができた。

なお, ねじ圧造工具の開発については(株)ユニオン精密殿にご協力を頂いた。ここに謝意を表す。