

3D データを活用した折損しにくいねじ切り工具の開発

Development of hardly broken screw-cutting tool by using 3D model data

電子・機械技術部 機械・加工科 坂内駿平 渡邊孝康 小野裕道
電子・情報科 柿崎正貴

3DCAD と構造解析シミュレーションを用いて、折損しにくい八条ねじ加工工具の形状を検討した。また、得られた形状の工具見本と八条ねじのカットモデルを3Dプリンタで造形し、工具の寸法管理と加工時の干渉のチェックを容易にした。更に、工具見本を基に試作したねじ切り工具の寸法を測定した結果、ねじ溝の加工に支障がないことが確認できた。

Key words: 旋盤、ねじ、工具、構造解析、3D プリンタ、寸法測定

1. 緒言

ねじ形状の加工方法のひとつに、旋盤を使用した加工がある。旋盤によるねじ切り加工では、工具を固定してワークを回転させて旋削加工を行う。応募企業で製造している八条ねじはリードが大きいため、図1に示すように工具を細くする必要がある。そのため、ねじ切り加工中に折損することがある。また、工具を手研磨で自作しているため、寸法管理が困難である。

そこで、現在の工具形状を見直し、ねじと干渉しない範囲で工具断面積を大きくすることで、加工中に折損しにくいねじ切り工具の開発に取り組んだ。また、設計した工具と八条ねじのカットモデルを3Dプリンタで造形し、手研磨で工具を成形する際の見本と干渉チェックに使用することで、工具の寸法管理を容易にできるか検証した。更に、試作品の寸法を測定して干渉の有無を確認し、ねじ溝の加工に支障がないか評価した。



図1 旧形状工具

2. 工具の開発

2. 1. 工具の3DCADデータの作成

応募企業から提供された八条ねじの3DCADデータ(図2)と図面を基に、3DCAD(CATIA)を用いて工具の3Dモデルを作成した(図3)。八条ねじの溝は台形であったため、工具先端形状も台形とした。また、八条ねじのリード角に合わせて工具先端を傾斜させた形状とした。今回開発する工具は、おねじとめねじ両方の加工に用いられる。

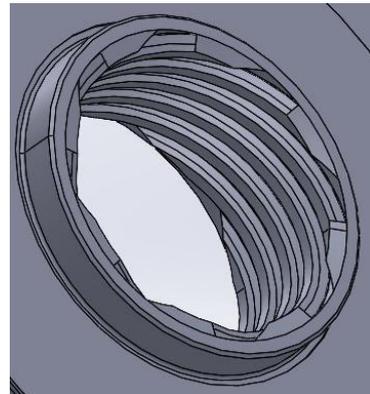


図2 八条ねじ(めねじ)のCADデータ

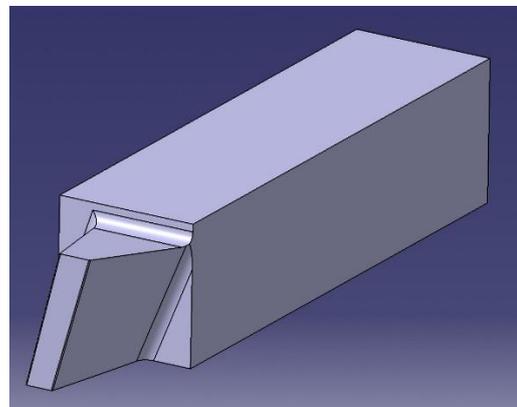


図3 作成した工具のCADデータ

2. 2. 工具の断面積の比較

工具の根元部分の断面積を比較するため、旧形状工具を非接触三次元デジタイザ（ATOS Compact Scan 5M）でスキャンし、3DCAD データ化した。旧形状工具は $41.03[\text{mm}^2]$ であるのに対し、新形状工具は $78.41[\text{mm}^2]$ で約2倍大きく、折損しにくい形状とした。（図4）。

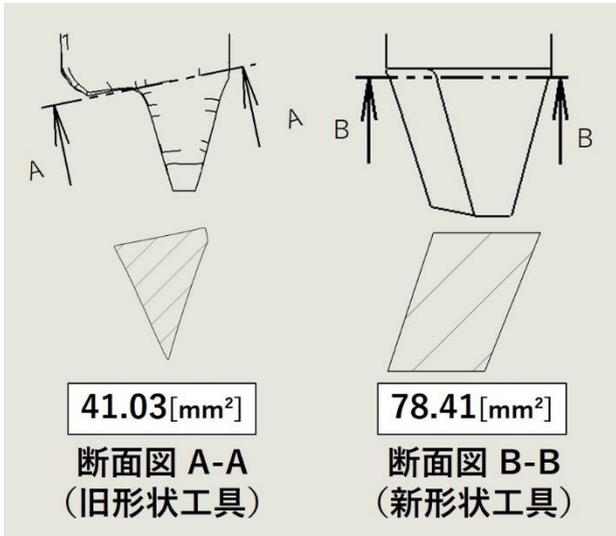


図4 工具断面積の比較

2. 3. 構造解析シミュレーション

構造解析シミュレーションを行い、相当応力を比較した。シミュレーションには ANSYS を使用した。解析の境界条件は図5に示すように、工具の上面と底面を固定し、工具先端に切削抵抗を想定した $500[\text{N}]$ を付加した。切削抵抗の分力は XZ 方向の合力がねじのリード角と一致するよう設定し、X 方向（送り分力） $148.43[\text{N}]$ 、Y 方向（背分力） $66.82[\text{N}]$ 、Z 方向（主分力） $-472.76[\text{N}]$ とした。工具のヤング率は $210[\text{GPa}]$ 、ポアソン比は 0.3 、密度は $7850[\text{kg}/\text{m}^3]$ とした。旧形状工具の解析結果を図6に、新形状工具の解析結果を図7に示す。旧形状工具、新形状工具共に先端部分に最大応力が生じているが、根元部分近傍で相当応力を比較すると、旧形状工具は $90.712[\text{MPa}]$ であるのに対し、新形状工具は $12.658[\text{MPa}]$ で7分の1程度に低減していることを確認した。

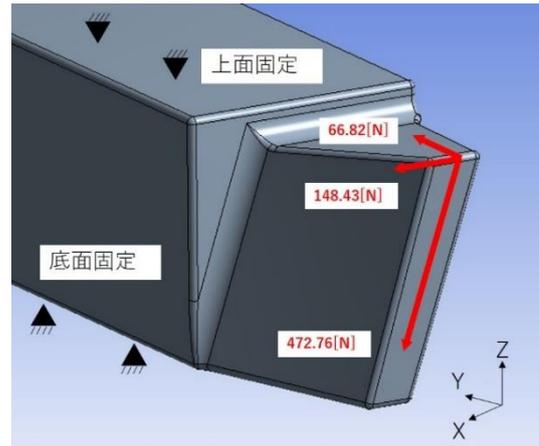


図5 構造解析の境界条件

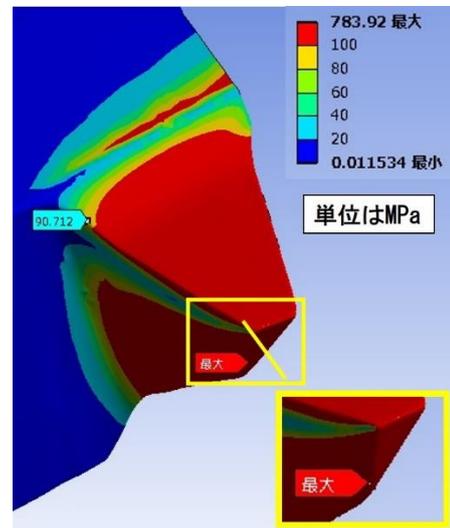


図6 旧形状工具の相当応力解析結果

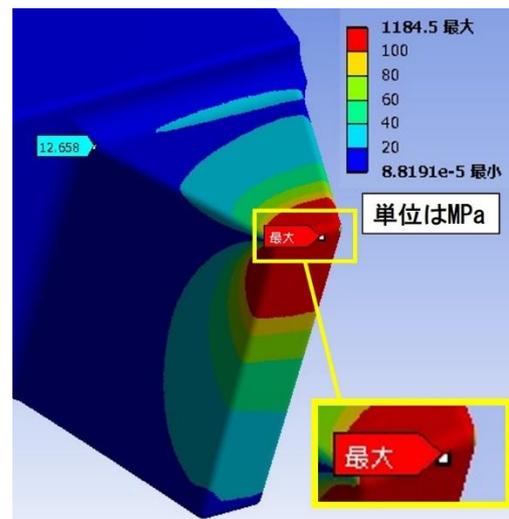


図7 新形状工具の相当応力解析結果

2. 4. 3Dプリンタによる見本の作製

作成した工具の3DCADデータを用いて、3Dプリンタで見本を造形した。3DプリンタはANYCUBIC PHOTON D2を使用した。また、八条ねじのカットモデルを3Dプリンタで造形し、工具との干渉チェックに活用した。造形した工具と八条ねじを図8に示す。

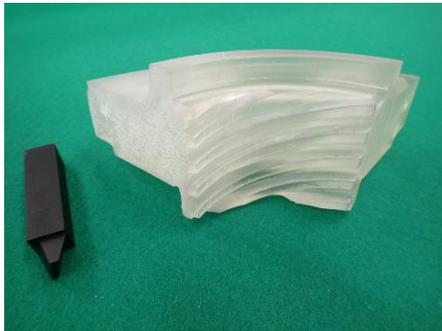


図8 工具と八条ねじの造形品

研磨でもねじ加工に支障のない工具形状を成形できることが分かった。

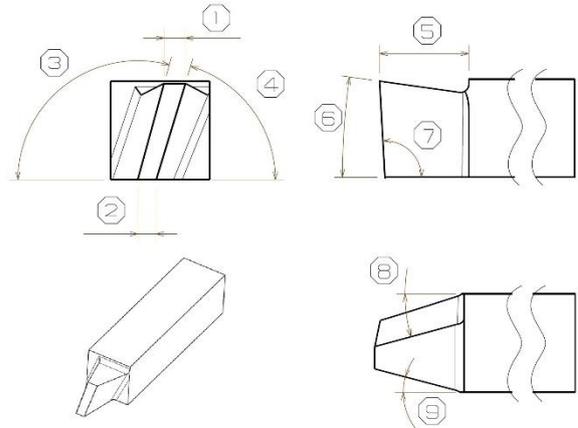


図10 寸法測定箇所

2. 5. 工具の手研磨試作

作成した工具の3DCADデータと3Dプリンタで造形した工具と八条ねじのカットモデルを応募企業に提供し、手研磨で試作品を成形した。試作した工具を図9に示す。この際、造形した工具と寸法を比較することで、寸法確認が容易であった。



図9 手研磨試作品

表1 寸法測定結果

測定箇所	設計値	実測値
1	2.56[mm]	2.6829[mm]
2	2.2[mm]	1.8771[mm]
3	105.21[°]	107.0602[°]
4	73.17[°]	69.4478[°]
5	10.84[mm]	12.2584[mm]
6	8[°]	8.2537[°]
7	93.16[°]	100.9532[°]
8	15[°]	16.3098[°]
9	15[°]	11.2710[°]

2. 6. 寸法測定

手研磨で成形した試作品をCNC三次元座標測定機(ミットヨ CRYSTA-Apexs776)で測定した。測定箇所を図10、測定結果を表1に示す。実際のねじ切り加工でワークと接触する部分の寸法は測定箇所①、③、⑨であり、これらの測定値はねじ溝の形状には影響しない範囲であった。また、工具を非接触三次元デジタルサイザでスキャンして3DCADデータ化し、設計3DCADデータと重ね合わせて差異をカラーマップ化した。3Dデータの重ね合わせはGeomagic DesignXを使用した。カラーマップを図11に示す。図11より、試作品は狙いの形状に対して最大1.3[mm]程度の差異があるが、ワークと接触しない部分であり、ねじ溝の形状には影響しない。この結果から、3Dプリンタで造形した工具見本と八条ねじのカットモデルを使用することで、手

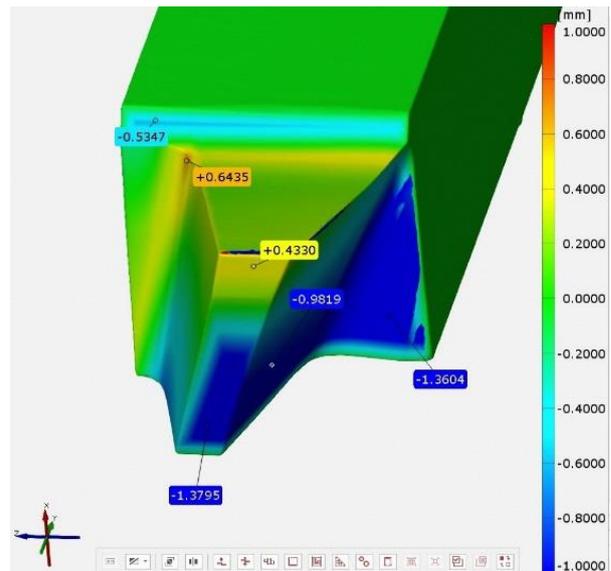


図11 寸法差異のカラーマップ

3. 結言

- ・八条ねじの溝形状に合わせた工具を新たに設計し、旧形状工具に比べて根元の断面積を約2倍大きくできた。これにより、工具根元に生じる相当応力を約7分の1に低減できた。

- ・新形状工具及び八条ねじのカットモデルを3Dプリンタで造形し、工具成形及び干渉チェックに用いることで、工具の寸法確認を容易にすることができた。

- ・試作した工具の寸法を測定したところ、最大1.3[mm]程度の差異があるものの、ねじ溝の形状には影響しない範囲であった。

応募企業では、本研究で試作した工具を用いて実際に八条ねじを旋削し、八条ねじの出来栄と工具寿命を確認する予定である。