

北海道大学工学部 ○佐藤康生 橋原弘之 五十嵐悟 斎藤勝政

要 旨

本研究は、不動点機構を有する5軸仕上げ加工工具に、加工力調節機能をもたせることを最終目的としている。その第一段階として、本報では、リンク機構部を平面7節リンクでモデル化し、その平面リンクについて、各対偶軸にかかる力、各リンクにかかる応力、リンクに生じる歪を求め、どのリンクの歪検出を行えば工具先端にかかる力を求められるかを報告する。

1・緒論

近年、自由曲面加工の高能率化、自動化を実現するために、4軸以上の多軸制御NC工作機械の開発が望まれている。その中で本研究室では、不動点機構を有する5軸仕上げ加工工具が開発されている。

本研究では、この工具による定圧磨き加工が可能となるように、工具に力検出センサを取り付け、加工力調節機能をもたせること、それにより高精度の加工を実現すること、を最終目的としている。

本報ではその第一段階として、工具のリンク機構部を平面7節リンクでモデル化し、その2次元的な力学解析を行なった。

のリンク機構を45°回転させて描いてあり、砥石の先端は点Hに対応しており、駆動トルクは点Aより与えられる。

いま、リンクAB、ADの交点を $[x_a, y_a] = [0, 0]$ とし、リンク長を

$AB=DC=HG \quad AD=BC \quad CG=EF \quad CE=GF$ と設定すると、リンクは平行四辺形を形成するので、リンクFGH先端部(点H)の座標 $[x_h, y_h]$ は、 θ_a によらず

$[x_h, y_h] = [AD+CG, 0]$ と一定値となる。以上がこの不動点機構の原理である。

4・実際のリンク機構部と平面7節リンクの対応

2軸ヘッドのリンク機構部は、図1にある平面7節リンク機構が奥行き方向にもう一つあり、2組の平面7節リンクでエアースピンドルをはさむ形に構成されている。

そこで、本報では、“リンクを含む平面に垂直な方向の力に対して装置の剛性は十分である”、また、“2組のリンクには同じ力が働く”、と考え、図2にある平面7節リンクをモデルとし、リンクを含む平面内の力についての力学解析を行なった。

実際のリンク機構に任意方向の力がかかる場合も、力はリンクを含む平面上と、それに垂直な平面上の成分に分解でき、垂直な平面上の成分による影響は無視できるとすると、本報の力学解析の結果を用いることができると考えられる。

2・2軸ヘッド

本研究室所有の5軸仕上げ加工工具は、3軸制御のNC工作機械に垂直軸回りの回転と、水平軸回りの回転機能を備えた2軸ヘッドを付加することによって構成されている。その機構を図1に示す。

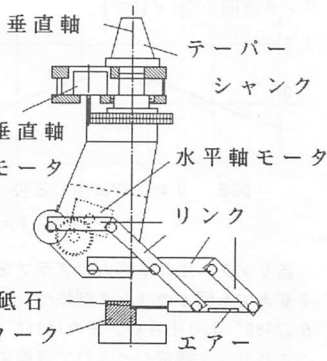


図1 2軸ヘッド スピンドル

3・不動点機構の原理

図1の2軸ヘッドのリンク機構部を、図2の平面7節リンクで表わし、不動点機構の原理を示す。

ただし、図2は、見やすいように図1

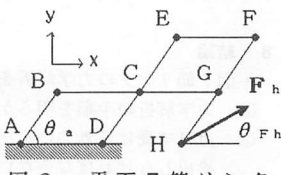


図2 平面7節リンク

5・歪検出を必要とするリンク

リンクFGHにかかる力は、点F、G、Hの3点から伝達される力だけであり、リンク機構が釣合っているため、点Hで受ける外力は、点F、Gでの力が既知であればリンクFGHの力の釣合から求められる。

また、リンクEF、CGの歪を検出すれば、その値から、力学解析の逆計算によって、リンクEF、CGにかかる応力が計算でき、その応力から点F、Gにかかる力を計

算することができる。

したがって、リンクEF、CGの歪を検出すれば点Hで受ける外力が求められる。

6・解析手順

力学解析は以下の手順で行なった。

- ①：リンクを剛体とみなした静力学解析
 - ・点Hで受ける外力 F_h 、リンクの姿勢 θ_a を決定する。
 - ・各リンクについて、力の釣合とモーメントの釣合から各対偶にかかる力を求める。
- ②：リンクを弾性体とみなした応力解析
 - ・リンクを梁とみなし、各対偶から伝達される力をリンクに平行な方向と垂直な方向に分解し（図3）

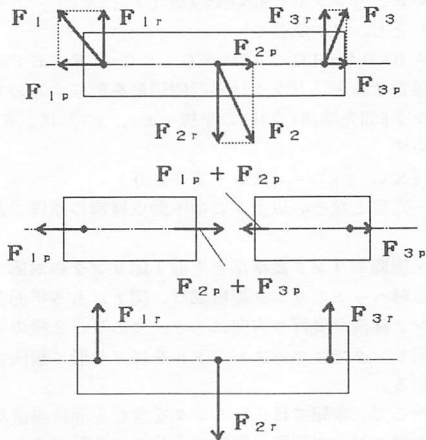


図3 リンクにかかる力の分解

それぞれによって生じる圧縮（引張）応力、曲げ応力を求める。

圧縮（引張）応力は

$\sigma_1 = F/A$ F :力の大きさ A :リンクの断面積
で求められ、断面積 A は $(10 \times 10) \text{mm}^2$ としてある。

また、曲げ応力は、梁の曲げと同様に

$\sigma_2 = M \cdot y / I_z$ M :曲げモーメント
 y :中立軸(図3鎖線)からの高さ
 I_z :断面二次モーメント

で求められる。ただし、断面を $10\text{mm} \times 10\text{mm}$ の正方形と設定しているので、 $I_z = 10^4/12$ である。

リンクには、これらの合応力 $\sigma = \sigma_1 + \sigma_2$ が働く。

③：応力によって各リンクに生じる歪を求める。

リンクに平行な方向の歪 ε (縦歪) は

$\varepsilon = \sigma / E$ σ :合応力 E :縦弾性係数
で求められる。ただし、 E は鋼の縦弾性係数
 2.1×10^4 (kg/mm²) を使用している。

④：それぞれの値をグラフにまとめる。

7・解析結果と考察

力学解析の結果の1例として、 θ_a の角度変化に対応したリンクEFに生じる応力を図4に、 θ_{Fh} の角度変化に対応したリンクEFに生じるリンク方向の歪を図5に示す。ただし、応力は、引張応力を正とする。

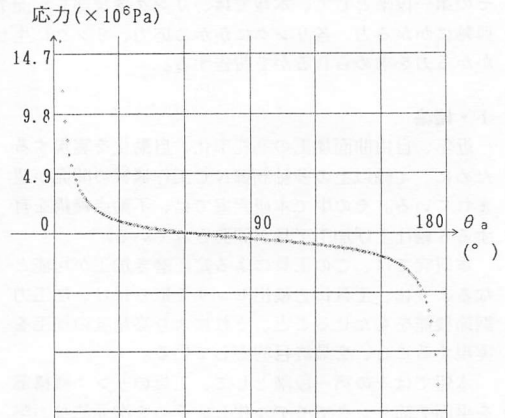


図4 リンクEFに生じる応力
($|F_h| = 10\text{kg}$, $\theta_{Fh} = 60^\circ$ とする)

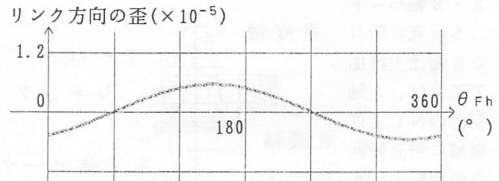


図5 リンクEFに生じる歪
($|F_h| = 10\text{kg}$, $\theta_a = 60^\circ$ とする)

各リンクに生じる応力のグラフをみると、 F_h の条件を変えても図4のリンクEFについてのグラフのように、 θ_a が 30° より小さい、または 150° より大きい場合、つまりリンク機構がつぶれて直線に近い状態になった場合に、応力は非常に大きな値を示していた。このような状態では、各リンクにかなりの負担がかかることがわかる。

8・結論

平面7節リンクの力学解析を行い以下の結論を得た。

- ① 力学解析の手順を明らかにした。
- ② 点Hで受ける外力の検出を行なうために、歪を検出しなければならないリンクを明らかにした。
- ③ 本工具の適正可動範囲は $30^\circ < \theta_a < 150^\circ$ である。