

---

ウォームギヤは、ウォームとウォームホイールから構成されており、小さな容量で大きい減速比、セルフロック機能が得られるという特徴を有しているため、位置決め装置や動力伝達装置で多方面に使用されている。しかし、それらの歯面どうしの接触は、歯すじ方向の大きなすべり接触が主であるため、接触条件がほかの歯車より厳しく効率が格段に低くなる。そのすべり接触は摩擦熱の発生原因となるため、ウォームホイールの材料に、焼付きが発生しにくい銅合金が用いられるが、材料の表面硬度が低いため歯面磨耗の進行が早く位置決め精度不具合が起こることが知られている。そのため、伝達能力を決める歯当たりや位置決め精度を決める回転伝達誤差を考慮した歯面設計や製作精度への配慮が重要となる。しかし、歯車加工メーカーで歯面の作り込みが、作業者の経験と勘に基づいて製作しているため非効率的な作業を行っている実態がある。

本論文では、この課題を解決し、円筒ウォームギヤの高精度製作法を実現することを目的として、ウォームギヤの歯面創成理論に基づいて、歯面形状を幾何学的な数学モデルとして定式化し、歯当たり解析 TCA を開発した。ウォームの有効歯面全域を細かくグリッドに区切り、歯面座標点を算出した。次に、ウォームの各回転角において歯面が接触するようにそれに対応するウォームホイールの回転角を求めた。その両歯面のかみ合いの隙間を計算し、歯当たりと回転伝達誤差を解析した。これにより、製作前に歯当たりと回転伝達誤差を把握できるようになった。

次いで、歯面磨耗によりバックラッシュが運転後に変化しても調整可能な複リードウォームギヤを対象とし、従来設備および歯車測定機のデータリンクを活用した加工法を提案した。歯面修整を施した複リードウォームギヤのウォームとウォームホイールの加工に必要な歯車専用のホブ盤とウォーム研削盤の機械段取りを TCA より算出し、加工を行った。そして、ウォームギヤをかみ合わせ、歯当たりと回転伝達誤差を測定し、解析結果と比較した。その結果、TCA 結果と一致し、本法の有効性を確かめることができた。さらに、多条諸元のウォームギヤを対象として、従来のウォームホイールのホブ切りの断続切削加工による歯面多角形誤差の課題を解決するために、5 軸マシニングセンタによるウォームホイールの加工法を提案した。TCA を用いると、マシニングセンタの NC データの作成も容易になり、歯車諸元に適した新たな加工法の選択が可能となる。そこで、ウォームホイール歯面の 3D-CAD モデルを作成し、5 軸マシニングセンタを用いてエンドミル工具でウォームホイールの加工を行った。そして、加工した歯面をホブ盤で加工したそれと比較した結果、ホブ盤の加工で生じるような多角形誤差もなく、加工精度が向上することも確認した。

本研究の成果により、円筒ウォームギヤの歯面設計の見通しが格段に良くなるとともに、製作法に関して新たな発展の可能性を示す 1 つの指針を与えることができた。