スカイビング工法による歯車部品製作の革新

横形マシニングセンター e500H-GS

ジェイテクト

横形マシニングセンター　e500H―GS

歯車加工の工程 1台に集約

歯車加工技術の中で、小型化への対応、加工時間の短縮などのメリットを持つスカイビング加工技術が飛躍的進歩を遂げている。ジェイテクトは横形マシニングセンター（MC）に独自開発技術を駆使したスカイビング加工機能を搭載し、歯車加工工程の汎用機化を実現。従来、複数の専用機を用いていた旋削から歯切り、穴あけまでの工程をMC1台で加工するという新たなブレークスルーを生み出し、大幅な工程集約と設備コスト削減を可能にした。自社で自動車部品事業を持ち、製造現場の技術革新の波をいち早くとらえ、反映している同社の機械づくりの強みを発揮。新たな歯車の加工技術、要素技術の開発を推進している。

世界に先駆けスカイビング加工実用化

―スカイビング加工が話題になって来ています。工法の特徴、メリットは何だとお考えですか。

「スカイビング加工は加工物（ワーク）に対して工具を傾け、高速で同期回転させて歯車加工する工法。傾けた工具とワークが回転運動することで切削力が発生し、加工します。従来は難しかった形状の加工ができるようになったり、加工時間が短縮できるなどのメリットがあります。例えば、加工時間は従来に比べて最大5分の1に短縮しました」

「1960年代に欧州で原理が提唱されましたが、当時は工具、制御などの技術レベルが低く、実用化が難しかったようです」

―歯車加工に対するニーズには、どういったものがありますか。

「自動車、建機、航空機等は軽量化・燃費向上・低コスト化のニーズがあります。これらのニーズに対応するために、部品の小型化、軽量化が必要になっています。その実現のためには内歯と外歯を持つ歯車の複合化や小型化が求められています。これらの課題をスカイビング加工ができる当社の『e―500H―GS』と生産技術が解決します。当社は工作機械メーカーであり、自動車部品を製造するメーカー（工作機械のユーザー）でもあります。当社の自動車部品事業がトップシェアを持つトルセンディファレンシャル（トルセン）を見ても、1台をサンギア、ピニオンギヤ、インターナルギアの三つのユニットで構成しています。当社のスカイビング技術を応用して、ギアの複合化、小型化を図ることにより、トルセンディファレンシャルの小型化、軽量化に貢献しています」

―他社に先駆けて、スカイビング加工の実用化に成功しています。技術のハードルは相当に高かったと思います。

「『工具』『制御』『高速回転テーブル』の三つの技術の融合がスカイビング加工のカギといえます。工具は、工具軌跡をシミュレーションし、最適な工具形状を算出しての歯形設計が重要なポイントになります。また、工具とワークを毎分数千回転の高速で同期回転させるための緻密な制御技術も欠かせません。そして、高剛性で、精度よく高速回転するテーブルが求められます」

―スカイビング工法を確立するまでの取り組みを教えて下さい。

「2005年にベルギーの生産工場でスカイビング工法の開発に着手し、06年に一部の製品で量産を開始しました。そこで実績を積みながら、11年に工程集約を狙いとして、マシニングセンターを使ったスカイビング加工技術の開発に着手しました。こうした取り組みの末、13年にスカイビング加工機能を搭載した横型MC『e500H―GS』が完成しました」

―制御技術も独自開発していますね。

「制御技術ではスカイビング加工に適した高速、高精度な工具とワークの同期制御を可能にするCNC制御を実現しました。加えて、ギヤ諸元データ、工具データ、切削条件を入力するだけで加工プログラムを自動で作成する簡単プログラミング機能も持っています」

―母体となるMCは高速・高剛性テーブルが特徴ですね。

「MCに搭載している回転テーブルはスカイビング加工を忠実に実行する高速・高剛性仕様で構成しました。毎分3000回転の高速回転でもワークに与える振動の影響を抑えているほか、ビルトインモーターによる小型化も図っており、十分な加工領域を確保しました」

―トルセンを例にとっても、製造現場との連携など、設備メーカーでありながらユーザーの視点で機種開発を行っているところは、他の工作機械メーカーと大きく異なります。

「当社は自動車部品の事業部を持っており、自社内に工作機械ユーザーである製造現場があることで、現場の声を機械づくりに反映しやすい環境にあります」

「切削の際に突き出たバリを効率良く取る技術といった加工品質を追求したところなどは、製造現場が持つモノづくりのこだわりを具現化しました。工法開発に着手してから完成までの8年間、製造現場の中からの視点で工法を突き詰め、機械を使う側に立って機械づくりに取り組んできました」

トルセンディファレンシャルギア
製造で複合化、小型化を実現

企業のリソースを集約し完成したMC

―マシニングセンターを使ったスカイビング加工のメリットは。

「最大の特徴は、複数の工具を持って工具交換しながら加工できるので、歯車の加工工程を集約できることです。例えば、従来、旋削からホビング、シェーパ、面取り、穴あけまで五つの工程があった場合、各工程で専用機を用いて加工しています。これに対してe500H―GSは旋削からスカイビング（歯切り）、穴あけまでをマシニングセンター1台に置き換えが可能です。その結果、複数の専用機が不要となり、製造現場の省スペース化、設備投資の削減を実現します」

「次に加工の高精度化があります。高精度加工へのアプローチでは、複数の工程を一度のワーク取り付けで加工するワンチャック加工により、ワーク着脱時に生じる誤差を大幅に低減でき、加工精度の安定化につなげています。三つ目は生産性の向上があります。マシニングセンターを用いて工程集約することにより、当社製品を加工したところ、従来と比べて設備コスト、加工コストはそれぞれ3分の1になりました。ユーザーのコスト負担軽減への貢献度は高いですね」

―これらのメリットを最大限に引き出すため、貴社はMCに独自開発技術を巧みに融合していますね。

「その一つとして、工具を自社開発していることは他社にない特徴であり、大きなアドバンテージとなっています。ワークの大きさや MCの能力など加工条件にマッチした最適な工具の設計、製作が可能です。また、量産加工を行う場合、工具を再研磨して繰り返し使用するケースが多いですが、当社は再研磨しても精度を維持することを目指した工具設計、製作にも取り組んでいます」

歯車加工に革新をもたらすスカイビング加工

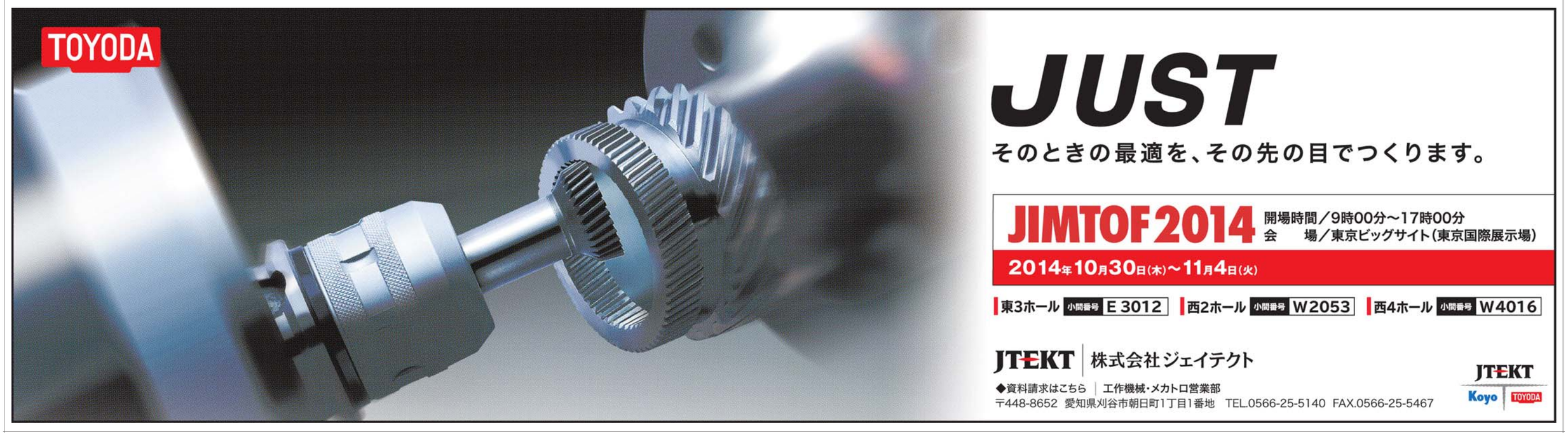
顧客目線でさらなる進化目指す

―今後、スカイビング加工をどう進化させていきますか。

「建設機械、トラック、ロボットなどに使われる大型歯車への対応がターゲットの一つになります。歯車の歯と歯の間の大きさを表す値をモジュールといいますが、現在はモジュール3・5までのサイズの加工が可能です。将来はモジュール8・0までの大型歯車をスカイビング加工で対応したいですね」

「モジュールが大きくなると、加工時の振動も大きくなります。振動をいかに抑えるかが課題です。この課題に対しては、工具面からのアプローチで解決策を探っていきます。さまざまなシミュレーションを重ねており、大型歯切り加工でも切削抵抗の少ない工具の開発に取りかかっています。また、工具と併せてマシン開発も進める必要があると考えています」

―貴社のe500H―GSによって、汎用機でスカイビング加工を行うという新しいモノづくりの概念が生まれました。

「当社も含めて、これまでの工作機械メーカーは〝こんな加工ができないか〟といったユーザーの要望を追いかける形で、技術やマシンの開発に取り組んできました。これからは一歩進んで、当社から技術提案を投げかけ、製品開発の段階からユーザーと一緒に取り組む機会を増やしたいと思っています。e500H―GSでいえば、歯車を複合化、小型化するという技術があって、トルセンディファレンシャルの小型・軽量化につながったと自負しています。これは当社が技術力を発揮して、イノベーションによる革新的な製品開発モデルを創出した成功例として、大きな自信になりました。今後も技術開発のスピードを緩めることなく、革新的な製品開発、市場創出に向けて挑戦していきたいですね」

工作機械技術部
加工・工法技術室
切削グループ主任
大谷 尚氏に聞く