

製造ラインにおける超精密ターニング

アメリカの業界情報誌“Machine Shop Guide”から抜粋和訳

Frederick Mason

MACHINE SHOP GUIDE WEB ARCHIVE JANUARY-FEBRUARY 2002

製造ラインのターニング工程において、より精密さを求める要求があり、“ハードターニング”は、研削工程を確実に代替しつつある。しかし、「高精度」や「超精密」がターニング工程においてどう定義されるかは簡単ではない。Kummer 社の報告書 “製造ラインのターニングにおける超精密”は、その理由をこう説明する。

「新しいターニング装置を探す顧客は、まず“精密”の意味と向き合うでしょう。ミクロンやサブミクロンの分解能、高い繰り返し精度や表面粗さなどの言葉は、工作機械の印刷物では御馴染みです。しかし果たして、それら文献や広告、トレードショーの散策によって、“標準的な精度”と、“超精密”を容易に区別できるでしょうか？“高精度”“抜群に高精度”“超”“ナノ”“サブミクロン”、さらにまだ発明されない形容詞による、精密さへの関連付けなど、いわば誇張のジャングルの中、エンドユーザーには混乱させられるに十分な理由があります。

一つ明らかなことは、これらの精密さを表す用語を、供給者が使用することを許容したり、制限したりする、認定されたランキングシステムがないことです。それぞれの装置上の表示は、唯一その製造者の責任のもとにあるのです。

従って、何よりも重要なことは、たとえ工作機械が機構・制御双方において、潜在的に高精度な装備を持ちえたとしても、「精密さ」の本質的な概念、つまり真の挑戦課題は、それらのシステムが持つ潜在的な精度を、測定可能な機械加工された部品の品質に転換することです。これは、機械の頑健さと、温度への反応の中立性、および多数の影響要因、クランプ、工程シーケンス、送りや速度、素材変形、工具磨耗の克服によってのみ達成されます。

この記事は、いくつかの工作機械メーカーから、精密ターニング分野向けとして発表されているものを調査し、説明するものである。

■Spinner

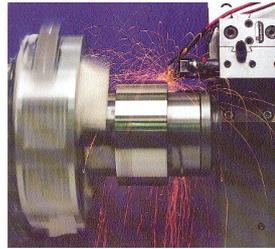
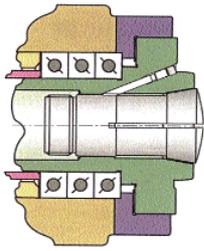
ドイツ・ミュンヘン郊外のスピナー社は、高精度工作機械とくにサブミクロンの加工を行う CNC 旋盤製造で知られている。数千台以上のこれら工作機械が世界中に供給されており、殆どが光学、医療、自動車部品、精密機械業界へ、研削盤の代替として使用されている。同社の超精密旋盤は、内径・外径の加工を $0.2-0.3\mu\text{m}$ の真円度と $0.4\mu\text{m}$ の繰り返し精度で安定的に達成する。昨年は Bosch 社の Charleston へ、ディーゼルインジェクターのハウジングと高圧ポンプの部品加工のために複数を納入した。それらは熱処理後の状態であり、面粗さを含め加工要求品質はきわめて高い。Bosch 社 Jeff Hemphill 氏は、ハードターニングのために、世界中で数百台のスピナーが稼働中と語る。また、スピナーでの加工ワークの要求面粗さは $0.8\mu\text{m}$ で、平均的なワークの要求より高く、それを 24 時間稼働させていると語る。

■Hardinge Super Precision Lathes

Hardinge 社からの、高精度ターニングの最新世代は、サイズが増す順番で、Quest6/42 超精密、Quest8/51SP、Quest10/65 SP となる。SP シリーズは、Ra.0.2 の表面精度、形状加工精度 $5\mu\text{m}$ 、真円度 $0.3-0.6\mu\text{m}$ の要求に理想的に適合する。比較して、標準の Quest タイプは、Ra0.3、加工精度 $15\mu\text{m}$ 、真円度 $1\mu\text{m}$ である。SP 超精密モデルの精度は、1250RPM で 3 本の 114mm 長の真鍮パーツ上の 2 つの径をダイヤモンドターニングして確認される。また、ハイデンハインのリニアスケールによる、 $0.1\mu\text{m}$ のプログラム分解能で工具補正が可能であり、さらに卓越した減衰効果を持つハーディングの Harcrete ポリマー構造のマシンベースが装備される。ハーディング社は、マシンのスピンドルの振動は、Harcrete ベースのものは、鋳物の $1/3$ 程度で、表面粗さは、37%良好であると、ターニング製品マネージャーの Brian Ferguson 氏は説明する。

また、顧客は、(SP 超精密モデルを)スピンドルの精度と、ガラススケールの繰り返し精度による、高い繰り返し精度と SPC 工程能力の維持管理のために購入すると語る。

一つのハーディング式スピンドルの設計上の利点は「コレットの保持方式」と Ferguson は語る。コレットは、直接スピンドルに搭載されるため、ワークピースはスピンドルベアリングに近くなる。つまり、コレットアダプターが必要な機械よりも、振れが少なくなる。ハーディング社は、機械メーカーである一方、ワークホールディング製品のメーカーでもある。幅広いレンジのコレット、三爪チャック、マンドレル等、内径・外径、第一・第二工程用、幅広い展開を行う。



【スピンドル内のコレットシート:アダプターを使用せず、スピンドルからのオーバーハングが最少となる】

■Kummer

この記事の始めにおいて言及された Kummer 社は、精密ターニングマシンの方向性についてこう語る。

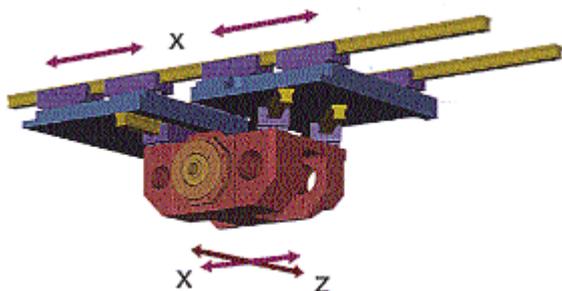
「超精密ターニングのための要件を満たすマシンについて、注意深く見守らなければならない全てのステップを、徹底的にリスト化することは不可能である一方、いくつかの十分な情報やヒントを与えてくれる（精密加工のための）マシン特性というものがあります。コンパクトな設計、頑健さ、熱的安定性、軸構成、軸駆動技術（リニアモータ VS ボールネジ）、回転軸受（油圧静圧 VS ボールベアリング）、回転軸駆動（ダイレクトドライブ VS ベルトドライブ）と測定のフィードバックなどです。」

「各工作機械メーカーが、精密という目標に至るために、それぞれが持つ特徴に焦点を合わせるように、この条件の列挙は、完璧なものではありません。たとえば、製造現場での量産加工か研究開発かといった目的に適合されなければならない時は、マシンのデザインもまた異なってきます。Kummer 社によって開発された製品は、少量多品種加工用途はもちろん、「精密加工が求められる大量生産」にまで対応可能なものです。

小型ワークの高精度ターニングのために、生産性とスピンドルスピードを得ることは、Kummer の高生産性、高精度機種（スピンドル回転数 12,000rp を装備）にとって最優先の課題でした。最新のフロントローディングチャッカーマシン K250 は、リニアモータを装備し、より高い加速度と速度によって非生産時間を 50%短縮することが可能です。」

Kummer 社はさらに続ける。「自動車のフォーミュラ 1 レースで勝利することは、最高や最速のマシンを製造しなければならないということだけではありません。これは多くのファンには自明のことです。つまり、ドライバーの選出やサポートチームとインフラ管理、またレース環境を分析し正しく反応することは、一回のレースで勝利するのみならず、年間を通じてのチャンピオン獲得ならなおさら重要なことです。我々は、（ある意味）超精密ターニングは、最高のターニング装置を選定することで完了するとは信じていません。つまり、工程は応用例に従うことを考慮する必要があります。つまり、Kummer 社は、マシンのみを提供するだけではなく、チャッキング装置を始めとする周辺技術の組み合わせることで実現します。」

Kummer のリニアモータ搭載フロントチャッカーマシン K250 は、卓越した位置決め精度と繰り返し精度、高加速度と高速性能を持つ。軽量のダイレクトドライブスピンドルは吊り下げ式のヘッドストックに収まり、それはコンクリートを鉄製フレームで構成された 7 トンの重量の本体にマウントされる。稼動部は、全重量の 2.5% を占めるのみである。二つのリニアスライドは、一つの平面に配置され、ヘッドストックは熱管理されたクーラントが熱的安定のために循環しており、チャック圧力はワークひずみを最小化するため 5 段階に調整が可能である。



■ハードターニング

Kummer 社はさらに続ける。「超精密ターニングはハードターニングが可能、つまり研削工程を代替します。これは、主に燃料インジェクション部品や高圧油圧部品加工における応用例です。この新しいアプローチは、従来の研削と比較して、とても大きな報酬をもたらす新しいプロジェクトにたびたび応用されます。ハードターニングは、加工可能性を広げます。しかし、顧客はパートナーシップであるメーカーと厳重に NDA（守秘義務契約）を結んでいますので、今度は、話題にしにくくなるのですが。」

図のサンプルは、HRC60-62 の硬度で、100MnCrW4 素材の精密ネジブッシュのレプリカである。要求は、全体の公差が $5\mu\text{m}$ 、真円度は $1\mu\text{m}$ である。素材の硬度を考慮しても、この応用例は、超精密ターニングにとって全く問題のないものであり、端面、外径、内径、ネジ研削) に置き換わるものである。参考までに、研削に特徴的な研削目を出したい場合には、研削スピンドルの搭載も可能である。非常に小さい公差への応用や SPC 要求に対しては、インプロセスやポストプロセスへ統合される。

