

ヨーロッパにおける未来指向型工作機械の研究・開発の動向

Recent Research and Development on Future-Oriented Machine Tools in Europe

谷 泰 弘*

Yasuhiro TANI

この報告は、ヨーロッパにおける未来指向型工作機械の研究開発の動向調査に関するものである。昭和61年1月から2月にかけてイギリス、西ドイツ、スイスの大学および工作機械メーカーを訪問し、コンクリートベース、グライディングセンタ、工作機械のモデュラ構造化・加工システムの自動化等について調査を行った。この報告は、そのうち工作機械メーカーでの研究・開発の状況をまとめたものである。

1. はじめに

この報告は、社団法人日本工作機械工業会の御援助により行った、海外における未来指向型工作機械の動向調査に関するものである。現在、日本機械学会の企画運営部会の所属で、東京工業大学の伊東誼教授の主査のもとに、「工作機械の構造設計技術に関する調査研究分科会」が活動を行っており、過去の代表的な工作機械構造の設計資料の整備や工作機械の熱変形に関する研究資料の整備等と共に、未来指向型工作機械の動向についての調査を進めている。また、同じく日本機械学会の研究協力部会の所属で、本研究所の佐藤壽芳教授の主査のもとに、「極限加工システム研究分科会」が活動を行っており、極限加工技術、超高精度加工技術および工作機械要素技術に関して研究調査を進めている。幸い、両分科会に委員として出席させていただき、次世代の新しい工作機械の構造について、調査および研究の必要性を強く感じていたところ、日本工作機械工業会の国際交流事業の一環として、ヨーロッパ、特にイギリス、西ドイツおよびスイスにおける未来指向型工作機械の動向について調査する機会を与えていただいた。この報告は、昭和61年1月25日から昭和61年2月16日までの間約3週間にわたって、イギリス、西ドイツおよびスイスの関係研究開発機関を訪問し、その技術水準や研究開発の動向について見聞したことのうち、特にヨーロッパの工作機械メーカーでの研究開発の動向をまとめたものである。

2. 訪問した関係機関における全体的な研究開発の動向

本章では訪問した機関に共通した全体的な研究開発の動向について、コンクリートベース、グライディング

センタ、工作機械のモデュラ構造化・加工システムの自動化の3つのテーマ別に説明する。

2.1 コンクリートベースについて

工作機械の要素材料としてのコンクリートは、日本においても使用され始めているが、ヨーロッパにおけるコンクリートの工作機械への適用に関する研究は、約15、6年前より進められている^{1),2)}。今回訪問した機関の中でも、大学ではクランフィールド工科大学、ブラウンシュバイク工科大学、アーヘン工科大学、スイス連邦工科大学が研究を行っており、その成果の一部はすでに発表されている³⁾⁻⁵⁾。また、工作機械メーカーでも、クランフィールド工科大学から技術導入を受けて超精密旋盤のベースとして使用し始めているブライアン・サイモン社、研削盤への適用についてブラウンシュバイク工科大学と共同研究を行いすでに数百台の実績を持っているエルブ社、スイス連邦工科大学にその特性の研究を委託し旋盤やマシニングセンタのベースのコンクリート化を進めているジョージ・フィッシャー社がある。また、このほかにも日程の都合で今回は訪問できなかった、クランフィールド工科大学と共同研究を行った研削盤メーカーのシュエダ社等もコンクリートベースを採用している。

では、コンクリートを工作機械の要素材料として適用することにより、どういう特徴が現れるのだろうか。この点について、コンクリートを採用している工作機械メーカーと議論したところでは、コンクリートで工作機械のベースを製造すれば、同一外形、同一重量の鋳鉄のベースに比較して、(1)価格の点で安く製造することができる、(2)減衰能に優れている、(3)固有振動数の値が上昇する、(4)熱に対するととき定数が多い、(5)離れた2点の温度の差が小さい、といった特性が得られる。この(2)から(5)の特性により、生産性(加工能率)を大

*東京大学生産技術研究所 第2部

きく向上させることはできないものの、(1)工具寿命が延びる、(2)寸法精度・形状精度の高い加工が実現できる、などの特徴が現れる。ただ、このときコンクリートは一体構造でない、接合部においてその特徴を半減させてしまうことになる。

開発から15年経過したヨーロッパにおいては、コンクリートベースは完成されたものなのであろうか。現在使用されているコンクリートとしては、エポキシ・レジ、アクリル・レジ、セメント等があり、またその中に補強材として注入されているものも多岐にわたっている。したがって、どのコンクリートが工作機械に最も適しているのか、それがどのタイプの工作機械に有効であるのか、また工作機械のどの部分までコンクリートに置き換えるのがよいのか、解決すべき問題はまだまだ非常に多く残されている。現在コンクリートを採用しているヨーロッパの各工作機械メーカーは、意欲を持ってこれからの問題に立ち向かおうとしている。

2.2 グラインディングセンタについて

ヨーロッパ、アメリカにおける航空機産業界および自動車産業界の要請に応じて、ヨーロッパの研削盤メーカーはグラインディングセンタを製作・販売している。グラインディングセンタは、研削盤の多機能化、自動化を果たしたもので、ローダやロボット等により加工位置にセットされた加工物は、マシニングセンタと同様に可能な限りの面の加工を行う。グラインディングセンタを製造している会社は、現在の日本ではまだほとんどない⁶⁾のが実情であるが、ヨーロッパでは4、5年以上前より開発が行われており、今回訪問した研削盤メーカーである、西ドイツのハニ・ブROOM社とエルブ社はその代表的な会社である。

では、こうした会社はグラインディングセンタを製作するにあたって、研削盤にどのような機能を付加しているのだろうか。これらの研削盤は、当然自動砥石チェンジャや加工物の自動ローディング・アンローディング装置を有しているわけである。しかし、このほかにまず第一にハニ・ブROOM社の機械に見られるようにオーバスペックとも思われるような高剛性、高パワーの機械を製作していること、第二にクリープフィード研削と連続ドレッシングを導入することにより生産能率を高めるとともに寸法精度の管理を容易にしたこと、そして第三に加工物の形状、寸法にあわせて非常に柔軟な機械構造がとれるようになっており、このため研削盤はモデュラ構造となっているうえに、非常に種類の多いテーブル、クランユニット、チャック、プロファイル・ドレッシング装置、インデックス装置、バラシング装置等のアクセサリが用意されていることである。

こうしたモデュラ構造を実現するために、こうした会社では組み上げられたシステムおよび工作機械の性能や

剛性等を評価しうる、大型計算機により支援された非常に強力な設計・開発グループを持っており、さらに必要となる概念の組み立てや機械要素の性能の評価、新しい機械要素の開発等に対して、大学やその外郭団体の協力を仰いでいる。

2.3 工作機械のモデュラ構造化・加工システムの自動化について

工作機械のモデュラ構造化については、前節にて研削盤メーカーの場合に対して説明を行ったが、研削盤以外の工作機械を製造している、今回訪問したバツラー社やジョージ・フィッシャー社においても同様の傾向がある。このように、FMSやFMCに対するヨーロッパ各工作機械メーカーの取り組みが行われるにあたって、工作機械のモデュラ構造化が同時に進められている。加工システムのフレキシブル化と工作機械のモデュラ構造化という、この二つの概念は必ずしも一致するものではないが、加工システムのフレキシブル化を行うに際して、そのシステムに適したテーブル寸法やヘッドの移動距離、スピンドルの能力、形態等を選択しようという考えから、これらの動きが同時進行しているものと思われる。汎用工作機以外は日本においても工作機械メーカーはほとんど一品生産に近い現状であると聞いているが、このヨーロッパの工作機械のモデュラ構造化の傾向は、その工作機械の一品生産を加工システムにあわせてイージーオーダー化しようとするものであろう。

加工システムの自動化についても、この工作機械のモデュラ構造化を拡大したような概念のもとに進められている。たとえば、シュツツツガルト大学のIPAで行われているように、パレットやトランスポータ等もモデュラ構造化するとともに、システムの構成や許容スペース、加工物の形状との関係で最適なローダやトランスポータを選択し、これを工作機械に接続することが試みられている。

3. 訪問した工作機械メーカーでの研究・開発の動向

本章では訪問した各工作機械メーカーごとに、そこで行われている個々の研究・開発の動向について詳述する。

3.1 ブライアン・サイモン社

ブライアン・サイモン社(Bryant Symons & Co. Ltd.)は、1901年に設立されたロンドンのはずれにある超精密旋盤の専門メーカーで、現在技術者60名の小さな会社である。ブライアン・サイモン社の現在の主な製品は、光学レンズ研削盤、印刷機械、高精度ねじ旋盤、送りねじ、ダイヤモンド円筒旋盤、ダイヤモンド正面旋盤、ピストン旋盤、その他超精密工作機械の設計および製造である。ダイヤモンド旋盤は年間約24台の生産である。

ダイヤモンド円筒旋盤、ダイヤモンド正面旋盤のベッドには鋳鉄あるいは人造グラナイト(グラニタンS-100)

が使用されており、ヘッドストックには動圧ジャーナル軸受あるいは空気軸受が採用されている。メインテーブルの駆動にはねじあるいは空気シリンダが用いられている。ダイヤモンド正面旋盤のメインスライドのガイドには、プリズム型の90°逆V-平型案内面が採用されており、切込み方向に対する剛性を高めている。ダイヤモンド正面旋盤の真空チャックの面板にはテフロンが使用されている。これらのことにより、アルミニウムで0.01 μmRa 以下の粗さと0.1 μm 以下の真円度、あるいは75 mmの直径に対して0.1 μm 以下の平面度が得られている。

前回のシカゴショーで発表された図1の縦型2軸正面旋盤525/2は、鋳鉄のベースのうえに空気軸受のスピンドルが2軸っており、8インチまでの加工物を回転数3000から6000 rpm、送り速度75 mm/minから1500 mm/minで切削する装置である。中央の工具タレットは動圧軸受で支持されており、DCモータとねじにより送りかけられる。スピンドルの回転は水冷されたACモータで行われる。切削中は一方のノズルから加工点に油（あるいは無機アルコール）のミストが供給され、切り屑はもう一方のノズルへ強力に吸い込まれるようになっている。この装置で、アルミニウムに対して0.01 μmRa 以下の粗さと200 mmの直径に対して0.63 μm 以下の平面度が得られている。また、この装置はロボットと組み合わせて使用され、ローディング・アンローディングの自動化を果たしている。

3.2 カーネーアンドトレッカーマウィン社

KTM社 (Kearney & Trecker Marwin Ltd.) は、イングランド南東部のブライトンに位置する、マシニングセンタを中心としたFMSを市場に提供している工作機械メーカーである。アメリカ合衆国のK&T社の工作機械に対する概念は、ダブルフラットガイド等に残されて

いるが、現在ではK&T社とのつながりはほとんどなくなっている。逆に、システム制御を行うソフトウェアのサービスの拡充のために、西ドイツのシーメンス社と共同の開発を行ったり、マシニングセンタのシリーズを強化するために、三菱重工業の横軸マシニングセンタ2種と縦軸マシニングセンタ3種の製造を行っており、自社の横軸マシニングセンタ3種を加えて合計8種のマシニングセンタを市場に提供している。このほかに、KTM社はシステム化されたヘッドチェンジャータイプのCNC多軸ボール盤（1コラムと2コラムのタイプがある）、CNCプロファイラ、各種トランスファマシ、ワイヤ案内方式のロボットレーラ等を生産しており、自社の工作機械を含めたFMSを提供している。

KTM社の中心となる製品である横軸マシニングセンタFM100は、主軸のまわりに7本の高圧ノズルがあり容易に切り屑処理が行え、ポストプロセス工具破損検知システムを備えていることを等の特徴としており、パレットローダやトランスポータとの組み合わせにより、場合に応じてさまざまなサイズのシステムを構成できるようになっている。

製造されているFMSのうちの興味深いシステムに、図2のようなKTM社PC3016プロファイルセンタを用いたものがある。このシステムは、翼のパネル、翼げた、胴体の部品等航空機の構造部品を加工するためのものである。この工作機械は、原材料の90%にも及ぶ大量の切り屑の処理のために横軸になっており、しかもその生産効率を高めるために上下にスピンドルを2つ持っている。まずロード/アンロードのステーションでパレットがロードされると、テーブルが垂直に立ち上がり、トランスポータにより所定の工作機械の位置まで運ばれ、レールで加工位置まで移動し、1つの部品が2軸で、あるいは2つの部品が同時に加工される。

3.3 バツラー社

バツラー社 (Butler Newall Machine Tool Co. Ltd.) の横軸マシニングセンタElgamillを製造している本社工場は、ヨークシャー南西部の工業都市ハリファックスに位置している。このバツラー社が製造しているマシニングセンタElgamillのうち、特に大型のもの（コラムの高さが3 mから6 m）はテーブル固定・コラム移動の形態をとっており、中型および小型のものは逆にコラム固定・テーブル移動型を採用している。これにともないコラムあるいはテーブルの駆動方式は、大型ではDCモータの回転をウォーム、ピニオン、ラックと伝達する方式か油圧シリンダが採用されており、中・小型ではDCモータとボールねじの組み合わせが用いられている。大型では負荷が大きいために、ピニオンを2個使用して力を伝達する機構を使用しており、これによりバックラッシュをなくしている。また、スティックスリップを防ぐため

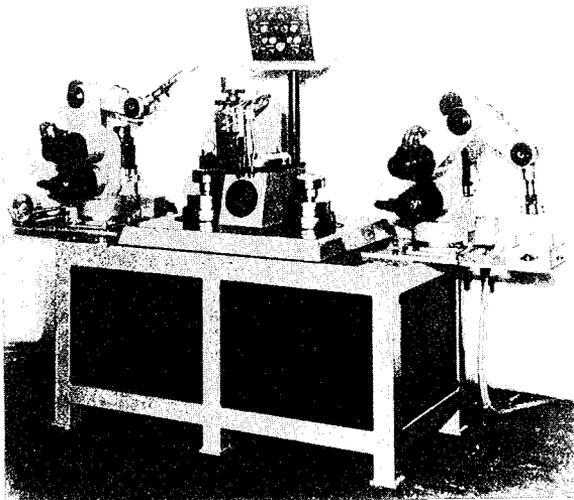


図1 プライアン・サイモン社の縦型2軸正面旋盤

A Load/Unload Station
Once a pallet is loaded, the table swings to the vertical position to transfer pallets to the transporter.

B Transporter
This unit carries machined components from the machine to the load/unload station and vice versa. One transporter can service several machines.

C Pallet
A loaded pallet in position in front of the spindle ready to be machined.

D Machine column
This carries a twin spindle headstock and two tool magazines - one either side of the column. This means two components can be produced simultaneously.

E Control platform
From this position the operator can monitor the machining and oversee the control system.

F Swarf conveyor
With the horizontal spindles, all swarf falls to the bottom of the machine and is carried away by the conveyor.

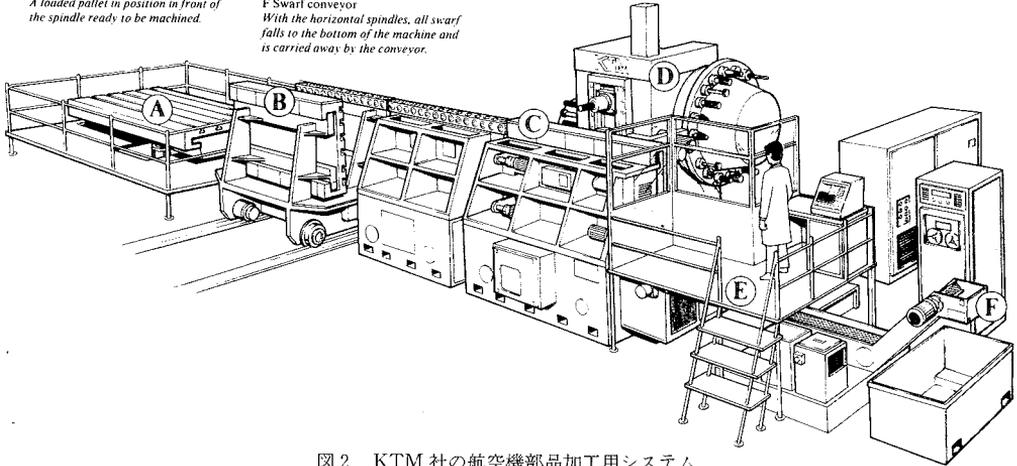


図2 KTM社の航空機部品加工用システム

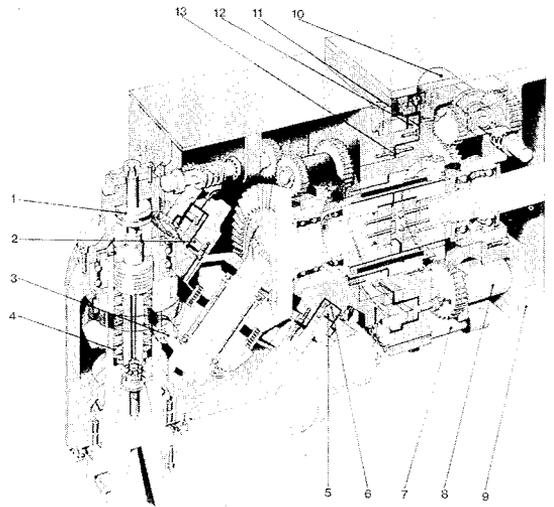
に2本の平面ガイドを4個のローラ軸受で受けており、特に大型のタイプではこの2本の平面ガイドのほかにその中央にさらにもう1本のガイドを設け、これをコラムの両サイドで油圧ローラにより把持しており、真直度の改善を図っている。

ヘッドの鉛直方向の移動は、DCモータとボールねじの組み合わせにより2本の平面でガイドされて行われている。またこのときのバランスは油圧シリンダによりとられており、そのシリンダのストロークは動滑車を用いてヘッドの移動距離の半分ですむようになっている。ラムは対角の2角のV面で支持されており、曲げに対して強い構造になっている。ヘッドには手動のユニバーサルヘッドのほか、図3の5ポジションの自動インデックスヘッド、2軸ヘッド、高速ヘッド等多種類のもが用意されている。

3.4 ハウニ・ブローム社

ハウニ・ブローム社(Hauni-Blome Schleifmaschinen)は西ドイツ、ハンブルクのはずれに位置しており、タバコ産業のためのプラントや機械、銀行安全装置等を製造しているハウニ・ベルク・ケルバ社の1部門である。現在ハウニ・ベルク社には3300余名の従業員がいるが、そのうち約420名がハウニ・ブロームに属している。ハウニ・ブローム社は各種成形研削盤および平面研削盤を製作している。

ハウニ・ブローム社の主製品の平面研削盤 Planomat および成形研削盤 Profimat は、アーヘン工科大学の協力により図4のようにモデュラ構造を採用している。この成形研削にはクリープフィード研削の概念のみでなく、CD(連続ドレッシング)研削の概念も取り入れられ



KEY TO DRAWING

- | | |
|---|--|
| 1. HYDRAULIC CYLINDER FOR TOOL UNCLAMPING | 8. HYDRAULIC MOTOR FOR DIAGONAL JOINT |
| 2. FACE COUPLING | 9. RAM |
| 3. SPINDLE ORIENTATION PLUNGER | 10. HYDRAULIC MOTOR FOR VERTICAL JOINT |
| 4. DISC SPRINGS FOR TOOL CLAMPING | 11. FIXED FACE CAM |
| 5. REVOLVING FACE CAM | 12. REVOLVING FACE CAM |
| 6. FIXED FACE CAM | 13. FACE COUPLING |
| 7. AIR BLAST | |

図3 バツラー社の自動インデックスヘッド

ている。連続ドレッシング研削は、最初イギリスのプリストル大学で提案された⁷⁾ものであり、研削中にダイヤモンドプロファイルローラで同時にドレッシングを行うものである。このことにより、2~3倍の砥石使用量で6~10倍の速いテーブル送りが実現でき、加工能率の向上に役立つのみでなく、加工コストの低減にも効果がある⁸⁾。また、常に鋭い切れ刃が供給されるため、長い加工物や従来は困難であった加工物の経済的なクリープ

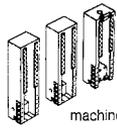
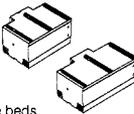
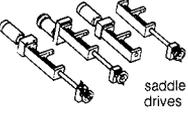
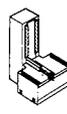
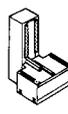
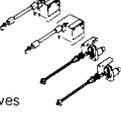
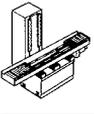
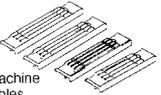
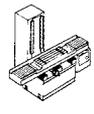
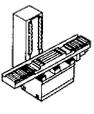
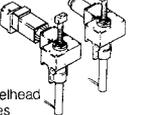
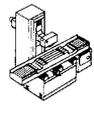
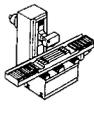
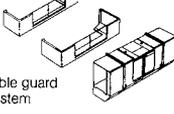
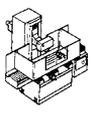
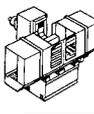
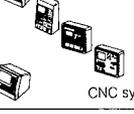
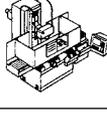
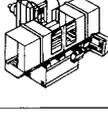
	PLANOMAT	PROFIMAT
 <p>machine column</p>		
 <p>machine beds</p>		
 <p>saddle drives</p>		
 <p>saddles</p>		
 <p>table drives</p>		
 <p>machine tables</p>		
 <p>wheelheads</p>		
 <p>wheelhead drives</p>		
 <p>table guard system</p>		
 <p>CNC systems</p>		

図4 ハウニ・ブROOM社の研削盤のモデュラ構造

フィード研削が可能となる。これらの研削盤は自動砥石チェンジャ、自動加工物チェンジャ、各種の加工物のトランスファ装置と組み合わせて加工工程の自動化が図れるようになっている。

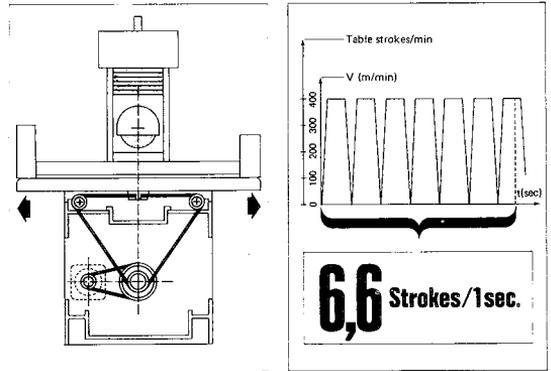


図5 エルプ社の短ストローク研削盤

ハウニ・ブROOM社は、このほかに高剛性研削盤、ダブルヘッド研削盤、特殊円筒研削盤などを製造している。生産型研削盤 ISS800DK やグラインディングセンタ GC1200DK は大変興味深い機械で、ISS800DK は両サイドの2つのヘッドで内面円筒アンギュラプランジカット研削を行うものであり、GC1200DK は上下の2つのヘッドで1回のクランプで多数の研削工程を行うことができる。このため、GC1200DK は自動砥石チェンジャ、自動ローディング・アンローディング装置、連続ドレッシング装置が標準装備されている。訪問したときには、自動洗浄装置および自動計測装置を含む、ロールスロイス社向けのグラインディングセンタが組み立てられていた。

3.5 エルプ社

エルプ社 (Elb-schliff) は、西ドイツ、フランクフルトの南東約 20 km のパウベンハウゼンに位置している、1950年に設立された会社である。エルプ社は、1952年に送りはそれぞれ独立して行うとの設計思想のもとに1号機の平面研削盤を製造して以来、1958年にクリープフィード研削方法を採用し、1978年に図5のような短ストローク研削盤を製造するなど、研削の分野において革命的な活動を行っている。エルプ社は標準タイプからNC研削盤まで、平面あるいは成形研削盤の種々のタイプのものを製造している。研削長さは0.3mから12mまで、研削幅は0.35mから3mまでで、DCモータと歯付ベルトを用いて1分間に400ストロークを可能にした短ストローク研削盤、1軸に2〜3の砥石を持つ研削盤、2〜3のヘッドを有する研削盤、門型タイプの研削盤など非常に広範囲のものが製作されている。最近ではCD研削法⁹⁾やコンクリートベース⁴⁾について、ブラウンシュバイク工科大学と共同研究を行っているが、これらを採用した研削盤がすでに数百台市場にでており、その性能については高い評価を受けている。

このエルプ社の通常の研削盤の主テーブルの送りには、ウォームとラックの組み合わせか油圧シリンダが使用されており、案内面にはレジノイド樹脂によるコー

ティングが施され、不十分な潤滑状態や大荷重下でもスティックスリップが生じないように配慮されている。クリープフィード研削における冷却のために、加工物のためのクーラント(6 bar)のほかに、15~20 barの圧力で、0.1 mの砥石幅に対して100 l/minの供給量の砥石クリーニングのための別のノズルを持っており、このことにより約30%砥石の寿命を延ばしている。前述のようにエルブ社は最近レジンコンクリートを研削盤のベッドに使用しているが、たとえば切込み2.5 mmのCDクリープフィード研削において鋳鉄のベッドでは最高0.8 m/minの送りがこのベッドを使用することにより1.5 m/minまで可能になっている。

エルブ社は色々な形態のCam Masterというグライディングセンタを製作・販売しているが、訪問したときには、3研削盤からなるロールスロイス社とプラットアンドホイットニ社向けのシステムが製作されていた。エルブ社においてもスピンドル、テーブル等をモデュラ的に組み合わせて種々の形態の専用研削盤を製作している。たとえば、研削ステーションを3つ有するタイプの旋盤ベッドのためのシステムや、タービンブレードの外周と内周を同時に研削する2軸のユニバーサルヘッドを有するガントリータイプのロータリ研削盤、同期した横軸のロータリテーブルに固定された2個の加工物を同時に研削するシステム等がある。

3.6 マーグ社

マーグ社(Maag Gear-Wheel Co. Ltd.)は、スイス、チューリッヒ市内に本社工場を持っている。マーグ社といえば、その歯切れ盤や歯車研削盤で日本でも大変有名であり、現在このほかに歯車計測装置や歯車減速機、歯車ポンプ等を製造している。このチューリッヒの本社工場では、大型の歯切り盤、歯車研削盤と歯車計測装置、歯車減速機のハウジング等を約1300名で製作している。

マーグ社の歯切り盤は、よく知られているようにラックタイプの工具で切削を行うことにより、正確で経済的な加工が可能であることを特徴としている。10 mmから5 mまでの直径の歯切りにおけるラムの駆動は機械的なクランクの動きで行われており、10 mmから12 mまでの直径の歯車の高パワーの歯切りではDCモータで行われている。このマーグ社が最近MHC(Maag Hard Cutting)という概念を提唱した¹⁰⁾。このMHCプロセスにおいても、歯車の創成機構はわからないが、多結晶CBN工具を用いることにより、ロックウエル硬さ65(ピッカース硬さ830)までの硬化した歯車の切削が可能となる。この加工に用いる工作機械は、前述の高パワーの歯切り盤で、DINで5のグレードの仕上げが得られる。このように、広範囲の創成が研削工程の必要がなく行うことができる。また、これ以上の仕上げが必要な場合でもその研削量は非常に少なくすむことになる。

16 mmから4750 mmまでの直径の歯車を加工するマーグ社の歯車研削盤は、よく知られているようにローリングするブロックに巻きつけられた鋼の2本のテープのほどけるときの挙動をトラバースな往復運動に利用しており、2つの皿型の砥石で加工する独特の方法を採用している。この機構は垂直軸のものでも、水平軸のものでも同様である。歯車のプロファイルを計測する装置の数値データを、2つの砥石ヘッドの動きにフィードバックして、高精度な歯車を製作する方法が最近提案された¹¹⁾。これにしたがい、図6のような歯車研削盤と歯車計測装置を組み合わせた新しいシステムが提案されている。

3.7 ジョージ・フィッシャー社

GF社(George Fischer Ltd.)の本社工場は、スイス、チューリッヒの北約40 kmのシャファーゼンにある。GF社は、工作機械のほかに化学プラントやプラスチック、ゴム、食品を製造する装置、倉庫、木工機械、自動車用部品等の機械部品等を製造している。1802年に設立された非常に大きな会社で、工作機械は最も小さな部門で約500名の組織である。GF社の本社工場内にある工作機械部門は、研究開発部門と旋盤の製造工場のみである。

今回訪問した本社工場で製造されているGF社の旋盤は、鉄のファイバで強化されたセメントコンクリートをベッドに採用していることで、有名である。GF社のコンクリートベッドに対するアプローチは大変早く、1975年のパリでのEMOショーにすでに10台以上の旋盤を出展している。同じグループのロイトリンゲンのブルクハートアンドウェバー社で製造されているマシニングセンタのベッドおよびコラムについても、現在コンクリートを使用し始めている。前述のように、コンクリートベッドを使用すれば、減衰能がよくなり工具寿命がよくなり延びるだけでなく、時間が経過してベッドの温度が上昇しても、ヘッドストックとテイルストックのように離れた2点の温度差が少ないため、加工物の寸法精度の劣化が抑えられる。このことは、寸法精度や円筒度の向上や、作業を中断したときの寸法精度の変化の抑制につながっている。

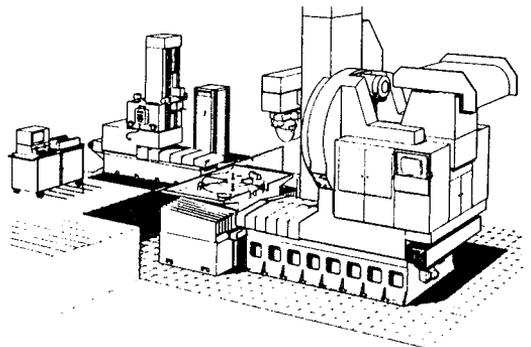


図6 マーグ社の歯車加工・計測システム

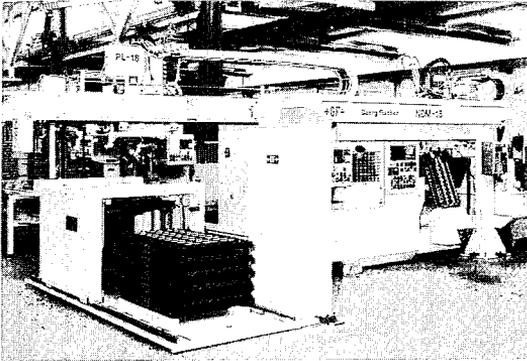


図7 GF社の加工システム

最近 GF 社では、旋盤にガントリータイプの 2 台のロボット（加工物とチャック用のロボットと工具用のロボット）、7 段までの平面ユーロパレット（800 mm×1200 mm）、80 の新しい工具と 40 の使用した工具が収納できるドラムタイプの工具マガジン、トップジョーを交換するタイプのチャックチェンジャーなどを組み合わせて、図 7 のような加工システム NDM-16 を構成している。このロボットのグリップヘッドはモデュラ形式になっており、所要の自由度のヘッドに容易に交換できるようになっている。また、主軸のベアリングに貼られた歪ゲージにより送り分力とスラスト分力を計測し、工具の摩耗や破損をオンラインでモニターするシステムが付加されている。訪問したときには GM 社向けのシステムが製造されていた。

4. お わ り に

今回のヨーロッパの大学あるいは工作機械メーカーへの一連の訪問では、大学あるいはその外郭団体と工作機械メーカーとの密接な連携により、ヨーロッパの工作機械関連の研究開発が活性化していることを知り、非常に得るところが多かった。今回訪問した工作機械メーカーがたまたまそうであったのかもしれないが、日本では考えられないような高剛性で高出力の機械を製作していた。特にハウニ・ブROOM社で製作されている平面および成形研削盤では、75 kW という大型の主軸モータを搭載している。これは航空機産業や自動車産業の要請もあるが、エネルギーやスペースの安価さや豊富さ等の点で日本と異なっていることにもよるのかもしれない。今後セラミックス等の加工を考えたとき、こうした高剛性・高出力の工作機械の必要性があるのかもしれない。

最後に今回のこの調査にあたって、適切な御指導・御助言をいただいた、日本工作機械工業会技術部大高義徳

部長および八賀聡一氏、東京大学生産技術研究所佐藤壽芳教授、東京工業大学工学部伊東誼教授、慶応義塾大学理工学部稲崎一郎教授、訪問先でお世話になった関係各位および訪問先のアレンジをお願いした関係各位に深謝する。なお、この報告は、社団法人日本工作機械工業会の海外研究開発動向調査報告書 60-2-II の一部を修正のうえとりまとめたものである。（1986年4月28日受理）

参 考 文 献

- 1) 高性能機への応用が進むポリマーコンクリート構造、機械と工具、30-3 (1986) 6-7.
- 2) 長坂邦宏：新素材で精度の壁を破る工作機械摩耗、発熱、振動問題を解決へ、日経メカニカル、5-20 (1985) 58-69.
- 3) G.H.Morgan, P.A.McKeown, H.J.Renker: Materials for Machine Tool Structure, Proceeding of the 20th International Conference of Machine Tool Design and Research, Vol. 2 (1979) 429-434.
- 4) J.Meyer: Vergleichende dynamische Untersuchungen zwischen einem Polymerbeton- und einem Gussbett für eine Flachsleifmaschine, Schleifen, Jahrbuch Honen, Läppen und Polieren (53. Ausgabe), Vulkan-Verlag (1985) 367-376.
- 5) M.Weck and R.Hartel: Design, Manufacture and Testing of Precision Machines with Essential Polymer Concrete Components, Precision Engineering, 7, 3 (1985-7) 165-170.
- 6) 磯崎芳彦・下村武世：研削工程のFMSを実現するグライディングセンタの可能性、応用機械工学、308(1985-10) 107-113.
- 7) T.R.A.Pearce, T.D.Howes, T.V.Stuart: The Application of Continuous Dressing in Greep Feed Grinding, Proceeding of the 20th International Conference of Machine Tool Design and Research, Vol. 2 (1979) 383-390.
- 8) U.Uhlig, W.Redeker and R.Bleich: Profile Grinding with Continuous Dressing, Werkstatttechnik, 72, 6 (1982) 313-317.
- 9) E.Saljé: Abrichten während des Schleifens-Grundlagen, Leistungssteigerungen, Wirtschaftlichkeit, Jahrbuch Honen, Läppen und Polieren (53. Ausgabe), Vulkan-Verlag (1985) 1-30.
- 10) R.P.Schwaighofer, A.Kaelin: Hardcutting-A Competitive Process in High Quality Gear Production, Technical Paper of Fall Technical Meeting of American Gear Manufacturers Association, (1985-10).
- 11) P.K.Fort: Integrated Manufacturing System for Topological Gear Grinding and Measuring, Technical Paper of Fall Technical Meeting of American Gear Manufacturers Association, (1985-10).