

円筒研削盤用寸法不良防止システム

Dimensional Defect Prevention System

沢木典一 N. SAWAKI 米津寿宏 T. YONEZU 杉浦浩昭 H. SUGIURA

An Auto-sizer is a contact-type diameter measurement device used in the direct sizing grinding cycle, a special feature of the cylindrical grinding process. Because this is a contact-type measuring device, when foreign materials such as abrasive grains or machining chips in the grinding fluid are trapped between the contact measuring terminal and workpiece, they cause diameter dimensional defects. This newly developed system can detect foreign material interference by monitoring the dimensional data by CNC during the grinding process in real time by means of the Auto-sizer and then remove the foreign material by forward/backward movement of the Auto-sizer head to prevent diameter dimension defects.

Key Words: cylindrical grinder, direct sizing grinding cycle, foreign material interference detection, diameter dimension defective

1. はじめに

インプロセス定寸研削サイクルは研削中の工作物寸法を定寸測定装置でモニタし、切込み速度・主軸回転速度を制御しながら所定の寸法精度に仕上げる研削盤に特有の加工サイクルである。定寸測定装置は接触式の測定装置であり、インプロセスで使用する場合、切粉や砥粒などの異物を含む研削液にさらされる環境で使用するため、研削中に研削液内の異物が接触子と工作物の間にかみこみ、寸法不良となることがある。この対策として従来、定寸アンブに付属の異物かみこみ検知機能を使い、アンブからの指令で異物を除去するシステムを構成してきた。しかし、近年は定寸アンブの機能を CNC システムに組み込んだ CNC 内蔵定寸アンブが主流になってきている。このため、JTEKT の CNC 装置である GC50 の定寸信号処理システムに異物かみこみ検知精度および操作性を向上した寸法不良防止システムを開発した。

2. 開発のねらい

GC50 は高速・高性能 CPU の採用とメモリの大容量化により、基本機能である位置/速度制御以外に利用できる十分な処理能力を有する。そこでサーボモータの稼働状況やサイクルタイムをサイクル毎に記憶させる見える化（診断）機能などのアプリケーションの充実を図る

ことにより、本製品の差別化のアイテムとなっている。

定寸アンブ機能の CNC への内蔵化もこうしたアプリケーションの 1 つであるが、この異物かみこみ検知機能による寸法不良防止システムの追加は、他社 CNC 装置または他社製 CNC 搭載の研削盤との差別化をより強化するものである。

[効果目標]

実際の定寸装置の異物かみこみ頻度は使用環境によって異なるが、5～50% 程度とかなり高い頻度で発生している。しかし、そのほとんどは 0.1 秒以下の瞬間的なかみこみであるため、多くの場合は正常な寸法に仕上がる。最終的に寸法不良になるのは、以下のような場合である。

- ①加工完了まで異物がかみこんだままになってしまった場合
- ②異物が外れた時点で正常な加工に必要な取り代がすでに残っていない場合
- ③異物が外れた時点ですでに目標よりも寸法が小さかった場合
- ④マルチホイール研削盤において、テーパ補正動作中の瞬間的な異物かみこみによりテーパ信号 TA1, TA2 がオンした場合

このようなパターンで実際に寸法不良になるのは、加工工作物数の 0.2～0.8% 程度である。異物かみこみによる寸法不良を完全防止できるのが理想であるが、実際

は工作物の振れなどの外乱により、ねらい通りに制御できない場合も考えられるため、本システムでは上記の4パターンに該当する異物かみこみによる寸法不良件数の90%削減を目標とした。

3. 寸法研削サイクル

寸法不良防止システムは寸法研削サイクルを行う研削盤において有効に働くシステムである。システムの構成を図1に、寸法研削サイクルを図2にて説明する。

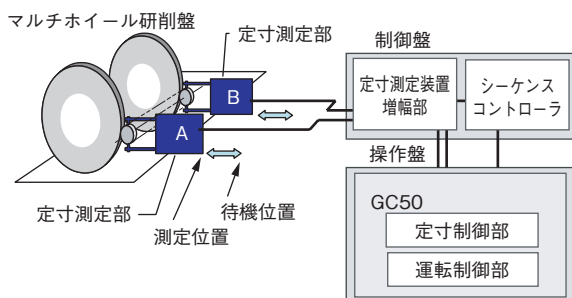


図1 システム構成
System structure

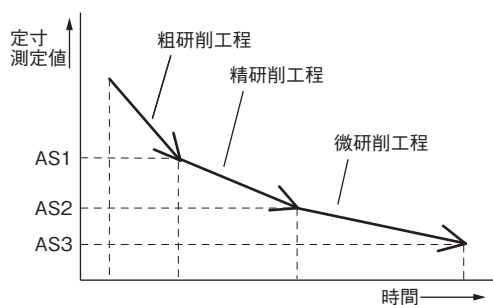


図2 寸法研削サイクル線図
Direct sizing grinding cycle

3.1 システム構成

寸法研削サイクルは寸法測定装置、シーケンスコントローラ、GC50の3つにより制御される。寸法測定装置は寸法測定部と増幅部とで構成される。寸法測定部には上下方向に2本の接触子を備えており、工作物の外周部に接触させることによって工作物の外形寸法を計測することができる。また、寸法測定部はシリンダにより「待機位置」と「測定位置」との間を移動できるような構造となっている。シリンダの制御はシーケンスコントローラにより行われる。計測結果はアナログ信号として寸法測定部より増幅部へ送信され、所定のレベルに増幅された後、GC50へ送信される。GC50は寸法測定値より研削

削条件を制御する。

図1はマルチホイール研削盤の例を示しており寸法研削部A、Bの2つを装備しているが、その他の研削盤では1つのものもある。

3.2 寸法研削サイクル

寸法研削サイクルとは、寸法測定値があらかじめ設定した寸法設定点(図2ではAS1～AS3)以下になった場合に、研削速度などの研削条件を変化させていく方法である。その研削工程は、粗研削工程、精研削工程、微研削工程と呼ばれ、仕上げ径に近づくに従い、研削速度を遅くするなどの研削条件を変更し研削精度を確保している。

図2では寸法測定値が寸法設定点AS1になるまで粗研削条件で研削し、AS1に到達後、研削条件を精研削条件に変更している。同様に寸法測定値が寸法設定点AS2、AS3に到達する都度、研削条件を変更していく。

4. 寸法異物かみこみによる寸法不良

寸法不良の発生事例をマルチホイール研削盤の実例を用いて説明する。図3にマルチホイール研削盤を示す。

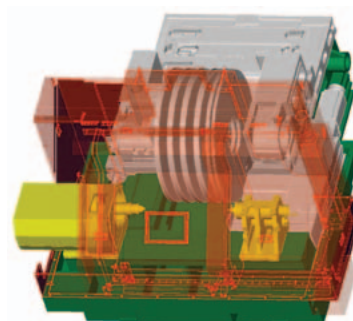


図3 マルチホイール研削盤
Multi-wheel grinding machine

マルチホイール研削盤は図4に示すように砥石を工作物に対してあらかじめテーパを持たせた状態から研削を開始し、テーパ補正軸によるテーパ補正サイクルを行いながら左右の外径寸法を同一にするよう加工する。このサイクルでは、寸法制御部は寸法測定値算出処理にて寸法測定部Aと寸法測定部Bの径差(寸法測定部A - 寸法測定部Bで算出されるテーパ量)を示すテーパ測定値を算出する。また寸法信号処理にてテーパ測定値とあらかじめ設定されたTA1、TA2で表されるテーパ量を比較し、テーパ測定値が到達した場合、同じくTA1、TA2と称されるテーパ信号をオンさせる。

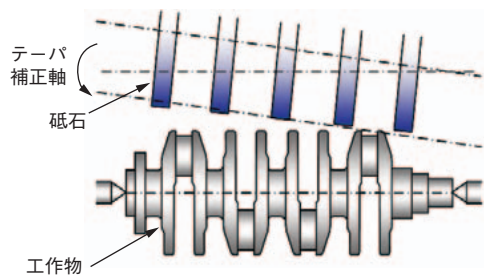


図4 マルチホイール研削盤の研削状態

Grinding condition of multi-wheel grinding machine

次にマルチホイール研削盤の正常時の加工サイクルを説明する。マルチホイール研削盤の正常時のサイクル線図を図5に示す。砥石台早送り前進後、第1粗研削工程、続いて第2粗研削工程を行う。第2粗研削工程から左右の寸測定部を測定位置へと前進させ、寸測定を開始する。

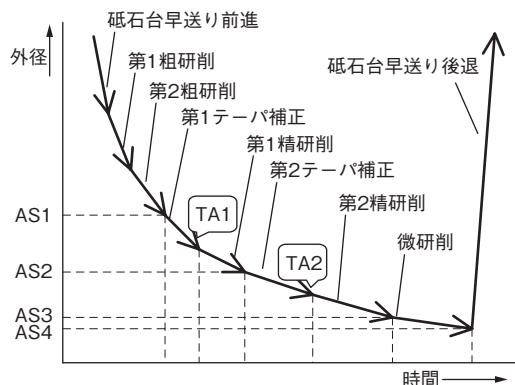


図5 マルチホイール研削盤のサイクル線図

Grinding cycle of multi-wheel grinding machine

各研削工程への移行の条件を以下に示す。

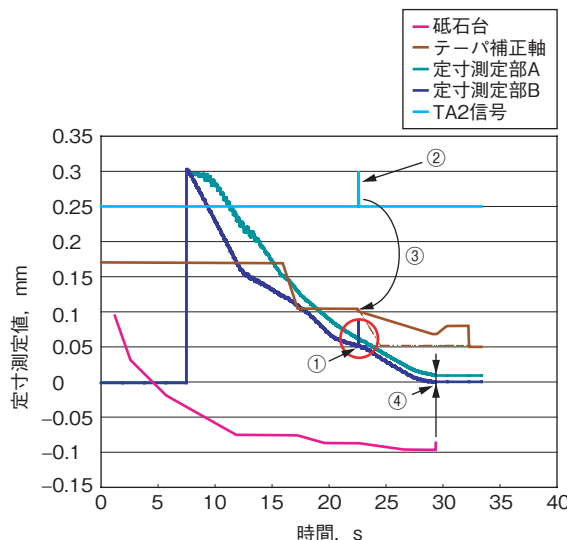
- (1)第2粗研削工程から第1テーパ補正工程への移行は右側の寸測定部Bの寸測定信号 AS1 または左側の寸測定部Aの寸測定信号 AS1 のどちらかがオンした場合とする。
- (2)第1テーパ補正工程から第1精研削工程への移行はTA1のテーパ信号がオンした場合とする。
- (3)第1精研削工程から第2テーパ補正工程への移行は右側の寸測定部Bの寸測定信号 AS2 または左側の寸測定部Aの寸測定信号 AS2 のどちらかがオンした場合とする。
- (4)第2テーパ補正工程から第2精研削工程への移行はTA2のテーパ信号がオンした場合とする。
- (5)第2精研削工程から微研削工程への移行は右側の寸測定部Bの寸測定信号 AS3 または左側の寸測定部Aの寸測定信号 AS3 のどちらかがオンした場合とする。

る。

- (6)微研削工程の完了は右側の寸測定部Bの寸測定信号 AS4 または左側の寸測定部Aの寸測定信号 AS4 のどちらかがオンした場合とする。

微研削工程が完了すると、砥石台を早送り後退させ、加工完了となる。

第2テーパ補正工程の途中で右側の寸測定部Bの接触子と工作物との間に異物が瞬間的にかみこむと図6の①に示すように寸測定部Bの寸測定値が寸測定部Aの寸測定値より一時的に大きくなり、テーパ測定値が一時的にマイナスの値に変化する。寸制御部はTA2のテーパ量に到達したと判断し、②に示すようにテーパ信号TA2をオンさせる。運転制御部は③に示すようにTA2信号のオンを検知し、寸測定部A、Bの寸測定値が一致しない状態で第2テーパ補正工程を停止させ、第2精研工程へ移行させる。これにより加工が完了した時点で④に示すような左右の径差を生じた寸法不良品が発生する。



- ①異物のかみこみ
- ②異物かみこみによりテーパ信号TA2がオンする。
- ③異物かみこみによる誤信号で第2テーパ補正が中断される。
- ④第2テーパ補正の中断により左右の径差が生じた状態で加工完了となる。

図6 異物かみこみ時の寸測定信号状態

Auto-sizer signal condition when a foreign material is trapped

5. 寸法不良防止システム

寸法不良防止システムの処理の流れについて説明する。マルチホイール研削盤では図7のとおり寸研削サイクル時、寸測定部A、Bを「測定位置」へ前進させ、寸測定を行いながら、砥石台を前進させて研削する。

定寸研削サイクル開始後、運転制御部からの指令で寸法不良防止システムを開始させると、定寸制御部は定寸測定値算出処理と定寸信号処理に加え、異物による定寸測定値の不連続な変化の監視(異物かみこみチェック処理)を開始する。

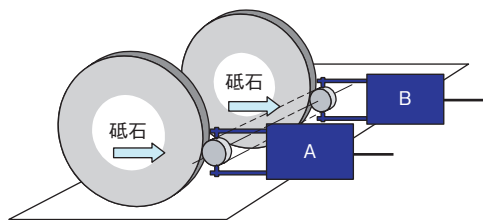


図7 通常の定寸研削状態
Normal direct sizing grinding condition

図8に示すような異物のかみこみが発生し、定寸測定値の不連続な変化を検知すると、定寸制御部は定寸信号処理を停止させ、定寸信号を保持させる。また、テーパ補正中ではテーパ信号も保持させる。これにより第4章で説明した現象を防ぐことができる。図8に示すように瞬間的な異物のかみこみによる場合は定寸測定値の増加後、研削量以上の定寸測定値の減少が直ちに発生する。定寸制御部はその変化を異物が外れたと判断し、定寸信号処理、異物かみこみチェック処理を再開させ、図7に示す通常の研削状態に戻り、残りの加工サイクルを実施する。

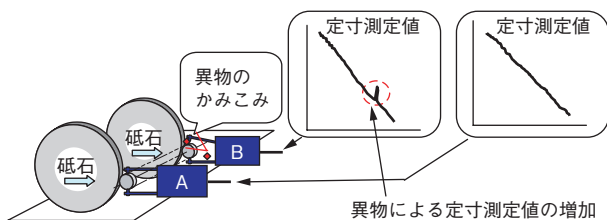


図8 瞬間的な異物砥石かみこみ時の定寸測定値の状態
Auto-sizer measurement value when a foreign material instantaneously is trapped

図9に示すようにあらかじめ設定された時間tを経過しても異物がかみこんだ状態が続いた場合は図10に示す異物除去サイクルを実施する。

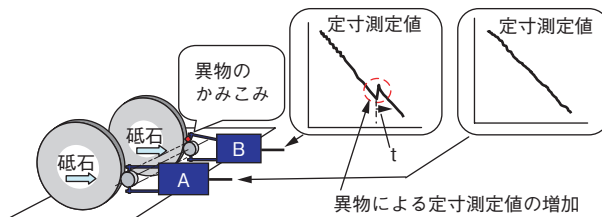


図9 長期的な異物かみこみ時の定寸測定値の状態
Auto-sizer measurement value when a foreign material is trapped for a long time

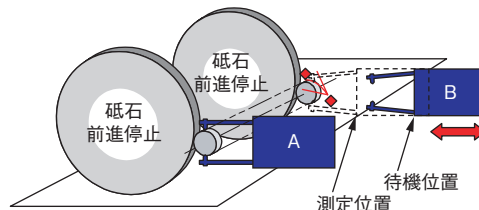


図10 異物除去サイクル
Removal cycle of a foreign material

異物除去サイクルはまず、砥石の前進を停止させ、研削加工を停止させる。次に、定寸測定部を「測定位置」→「待機位置」→「測定位置」へと移動させる。これにより接触子が工作物から一旦かい離し、異物を取り除くことができる。そして、定寸測定部が「測定位置」に移動し、測定を開始した後、砥石の前進を再開させる。異物除去サイクルの実施後は残りの加工サイクルを実施する。

6. 寸法不良防止システムによる改善効果

マルチホイール研削盤に寸法不良防止システムを組み込み、システム組み込み前後の異物かみこみによる寸法不良頻度を調べた。テスト条件を表1に示す。テスト期間10日間のサンプル数と総異物かみこみ回数、総不良数を表2に示す。サンプル数と総不良数から総不良率を求めたものが図11、総異物かみこみ回数と総不良数から総異物かみこみ回数に対する不良率を求めたものが図12である。図11と図12より寸法不良防止システムを追加することにより、異物かみこみによる寸法不良は約1/10に減少したことが分かる。特にテーパ補正中の瞬間的な異物かみこみによるテーパ不良は10本から0本に減少し100%阻止できた。

表1 テスト条件
Test conditions

項目	内容
テスト機	GM63 II
テスト期間	2007/03/27 ~ 2007/04/05
定寸コンタクト	R0.5 ダイヤ 接触子圧 100 ~ 150g

表2 全サンプルに対する異物かみこみおよび寸法不良発生回数

Number of foreign material interference and dimensional defective occurrences to the total number of samples

	防止システム	
	無効	有効
サンプル数	1 750	1 250
総異物かみこみ回数	96	103
ターバ補正外瞬間異物かみこみ	69	74
ターバ補正外長時間異物かみこみ	4	10
ターバ補正中瞬間異物かみこみ	21	16
ターバ補正中長時間異物かみこみ	2	3
総不良数 (左右差 5 μ m 以上)	12	1
ターバ補正外長時間異物かみこみ不良	2	0
ターバ補正中瞬間異物かみこみ不良	10	0
ターバ補正中長時間異物かみこみ不良	0	1

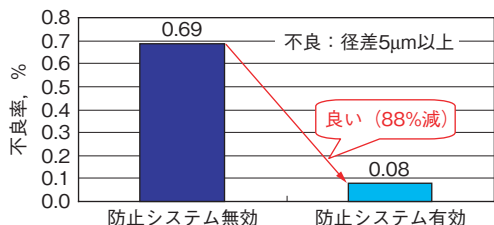


図11 総サンプルに対する不良率 (左右差5 μ m以上)
Ratio of defects to the total number of samples (lateral difference 5 μ m over)

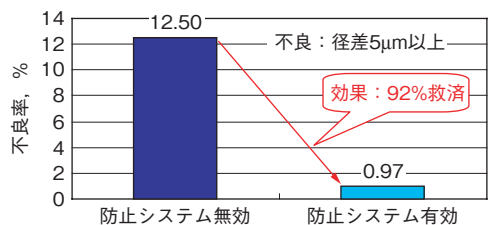


図12 総異物かみこみサンプルに対する不良率
Ratio of defects to the total number of foreign material interference samples

7. おわりに

従来から寸法不良の原因の1つとして異物のかみこみの影響が考えられていたが、GC50 の見える化機能により異物のかみこみ状態が見える化され、異物かみこみ検知方法の精度が向上し、大きな効果を得ることができた。今後は機械の加工・劣化状態などの見える化機能を充実させ、オンリーワン研削盤に向けて GC50 を進化させていきたい。

筆者



沢木典一*
N. SAWAKI



米津寿宏**
T. YONEZU



杉浦浩昭**
H. SUGIURA

* 工作機械・メカトロ事業本部
 グライディングマシン技術部

** 工作機械・メカトロ事業本部 商品開発部