世界知的所有権機関
国際事務局

PCT

特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(51) 国際特許分類6 **B23Q 11/10, B24B 55/02, B23Q 15/02**	**A1**	(11) 国際公開番号	**WO99/33609**
		(43) 国際公開日	1999年7月8日(08.07.99)

(21) 国際出願番号 PCT/JP98/05796

(22) 国際出願日 1998年12月22日(22.12.98)

(30) 優先権データ
特願平9/366019 1997年12月24日(24.12.97) JP

(71) 出願人（米国を除くすべての指定国について）
トヨタ自動車株式会社
(TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA)[JP/JP]
〒471-8561 愛知県豊田市トヨタ町1番地 Aichi, (JP)
(72) 発明者；および
(75) 発明者／出願人（米国についてのみ）
向井良平(MUKAI, Ryohei)[JP/JP]
勝田 守(KATSUTA, Mamoru)[JP/JP]
吉見隆行(YOSHIMI, Takayuki)[JP/JP]
西 幸二(NISHI, Koji)[JP/JP]
小野直人(ONO, Naoto)[JP/JP]
水谷吉宏(MIZUTANI, Yoshihiro)[JP/JP]
〒448-0032 愛知県刈谷市朝日町1丁目1番地
豊田工機株式会社内 Aichi, (JP)
小林靖典(KOBAYASHI, Yasunori)[JP/JP]
熊沢 匡(KUMAZAWA, Tadashi)[JP/JP]
佐藤正秋(SATO, Masaaki)[JP/JP]
久保裕司(KUBO, Yuji)[JP/JP]
〒471-8561 愛知県豊田市トヨタ町1番地
トヨタ自動車株式会社内 Aichi, (JP)
(74) 代理人
弁理士 神戸典和, 外(KANDO, Norikazu et al.)
〒450-0002 愛知県名古屋市中村区名駅三丁目14番16号
東洋ビル 創和国際特許事務所 Aichi, (JP)

(81) 指定国 US, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

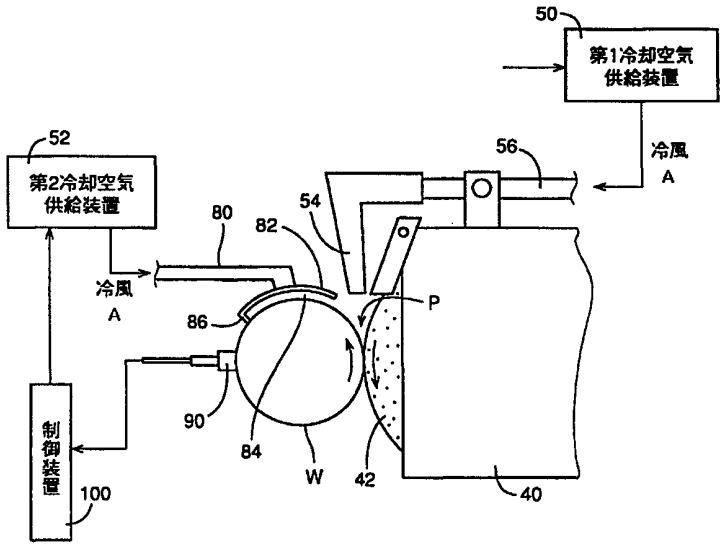
添付公開書類
国際調査報告書
請求の範囲の補正の期限前の公開；補正書受領の際には再公開される。

(54)Title: DEVICE AND METHOD FOR COOL AIR COOLING TYPE MACHINING

(54)発明の名称 冷風冷却型機械加工装置および冷風冷却機械加工方法

(57) Abstract

A machining device using a cool air cooling which can reduce effects by heat on a work and a machining tool and improve a machining precision. Specifically, a method of grinding a work (W) with a cooling air supplied to the work (W), a grindstone (42), a portion to be ground (P) of the work and a portion other than the portion (P) of the work, wherein the surface temperature of the work (W) is detected by a temperature detector (90): when the surface temperature reaches an upper threshold value, a second cooling air supply device (52) is controlled to gradually increase the flow rate of air supplied from a work cooling pipe (80); when the surface temperature reaches a lower threshold value, an air flow rate is gradually decreased; thereby making it possible to maintain the surface temperature of the work (W) at temperatures between the upper and lower threshold temperatures, restrict temperature rises of the work (W) surface and the machining tool and improve the machining precision of the work.



A... COOL AIR
50... FIRST COOLING AIR SUPPLY DEVICE
52... SECOND COOLING AIR SUPPLY DEVICE
100... CONTROL UNIT

(57)要約

本発明の目的は、冷風冷却を用いた機械加工装置において、工作物や加工具への熱による影響を小さくし、加工精度を向上させることである。

工作物Ｗと砥石４２との研削箇所Ｐと工作物の研削箇所Ｐ以外の部分とに冷却空気を供給しつつ、工作物Ｗに研削を施す場合において、工作物Ｗの表面温度が温度検出装置９０によって検出される。そして、表面温度が上しきい値に達すると、第２冷却空気供給装置５２が制御され、工作物冷却用管８０から供給される空気の流量が逐次増加させられる。表面温度が下しきい値に達すると、流量が逐次減少させられる。このように、第２冷却空気供給装置５２から供給される空気の流量を制御すれば、工作物Ｗの表面温度を上しきい値と下しきい値との間に維持することができる。工作物Ｗの表面温度の上昇を抑制するとともに加工具の温度上昇を抑制することができ、工作物の加工精度を向上させることができる。

PCTに基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載されたPCT加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE アラブ首長国連邦
AL アルバニア
AM アルメニア
AT オーストリア
AU オーストラリア
AZ アゼルバイジャン
BA ボズニア・ヘルツェゴビナ
BB バルバドス
BE ベルギー
BF ブルギナ・ファソ
BG ブルガリア
BJ ベナン
BR ブラジル
BY ベラルーシ
CA カナダ
CF 中央アフリカ
CG コンゴー
CH スイス
CI コートジボアール
CM カメルーン
CN 中国
CU キューバ
CY キプロス
CZ チェッコ
DE ドイツ
DK デンマーク
EE エストニア
ES スペイン
FI フィンランド
FR フランス
GA ガボン
GB 英国
GD グレナダ
GE グルジア
GH ガーナ
GM ガンビア
GN ギニア
GW ギニア・ビサオ
GR ギリシャ
HR クロアチア
HU ハンガリー
ID インドネシア
IE アイルランド
IL イスラエル
IN インド
IS アイスランド
IT イタリア
JP 日本
KE ケニア
KG キルギスタン
KP 北朝鮮
KR 韓国
KZ カザフスタン
LC セントルシア
LI リヒテンシュタイン
LK スリ・ランカ
LR リベリア
LS レソト
LT リトアニア
LU ルクセンブルグ
LV ラトヴィア
MC モナコ
MD モルドヴァ
MG マダガスカル
MK マケドニア旧ユーゴスラヴィア共和国
ML マリ
MN モンゴル
MR モーリタニア
MW マラウイ
MX メキシコ
NE ニジェール
NL オランダ
NO ノールウェー
NZ ニュー・ジーランド
PL ポーランド
PT ポルトガル
RO ルーマニア
RU ロシア
SD スーダン
SE スウェーデン
SG シンガポール
SI スロヴェニア
SK スロヴァキア
SL シエラ・レオネ
SN セネガル
SZ スワジランド
TD チャード
TG トーゴー
TJ タジキスタン
TM トルクメニスタン
TR トルコ
TT トリニダッド・トバゴ
UA ウクライナ
UG ウガンダ
US 米国
UZ ウズベキスタン
VN ヴィェトナム
YU ユーゴースラビア
ZA 南アフリカ共和国
ZW ジンバブエ

明　細　書

冷風冷却型機械加工装置および冷風冷却機械加工方法

技術分野

本発明は、冷風冷却を用いた機械加工装置および機械加工方法に関するものである。

背景技術

従来より、研削，切削等の機械加工においては、研削・切削油あるいはクーラント（以下、クーラント等と略称する）を用いて冷却することによって研削・切削焼け等を防止したり、切屑の除去を行ったりしている。また、最近、作業環境の改善のため、クーラント等の代わりに、冷風（低温気体の流れ）を用いて冷却する冷風冷却が考えられている。冷風冷却の場合、クーラント等を用いて冷却する従来の機械加工に比べ、クーラント等が飛び散ることがなく、切屑のリサイクルも容易に行うことができる等の多くの利点がある。しかし、冷風冷却に使用される気体はクーラント等の液体に比べて熱容量が小さいため、加工によって生じる熱の除去が不十分となって、工作物，加工具等が熱の影響を受け易い。例えば、工作物の熱膨張による寸法精度低下，加工具の加工性能低下等が発生し易いのである。

一方、特開昭５６－９１６６号公報には、クーラント等を供給しつつ工作物の加工を行う機械加工工程と冷風を供給することにより加工具を冷却する冷風加工具冷却工程とが交互に行われる機械加工方法が記載されている。機械加工工程において、予め定められた寸法になるまで工作物に加工が施されると、機械加工工程が終了させられ、冷風加工具冷却工程が行われるのであるが、この冷風加工具冷却工程においては、冷風が、加工具の温度（加工具を覆うカバー内の雰囲気温度）が設定温度以下に下がるまで、加工具に供給される。

この公報に記載の技術を、機械加工工程において、クーラント等の代わりに冷

風が供給される機械加工方法に適用し、機械加工中に冷風の流量を加工具の温度に基づいて制御することが考えられる。しかし、この場合には、十分な冷却効果が得られず、工作物の熱膨張，加工具の加工性能低下等が発生し、加工精度を低下させてしまう場合がある。

発明の開示

そこで、本発明の目的は、効果的な冷却を行うことにより、工作物や加工具等への熱の影響を低減させ得る冷風冷却機械加工方法および冷風冷却型機械加工装置を得ることである。この発明の目的は、機械加工装置および機械加工方法を下記に記載の各態様のものとすることよって解決される。なお、各態様はそれぞれ項に分け，項番号を付し、必要に応じて他の項の番号を引用する形式で記載する。これは、あくまで本発明の理解を容易にするためであり、本明細書の技術的特徴およびそれらの組み合わせが下記のものに限定されると解釈されるべきではない。

（1）工作物と加工具とを互いに相対移動させる相対移動装置と、

前記工作物と加工具との加工箇所に冷風を供給する冷風供給装置と

を含む機械加工装置であって、

前記工作物の温度を検出する工作物温度検出装置と、

その工作物温度検出装置により検出された工作物の検出温度に基づいて前記相対移動装置と前記冷風供給装置との少なくとも一方を制御する加工条件制御装置と

を含むことを特徴とする冷風冷却型機械加工装置（請求項1）。

本項に記載の冷風冷却型機械加工装置においては、工作物の温度が工作物温度検出装置によって検出される。工作物温度検出装置は、温度センサを工作物の表面に接触させてその表面の温度を検出する接触式表面温度検出装置を含むものであっても、工作物から放射される放射エネルギに基づいて検出する非接触式表面温度検出装置を含むものであってもよい。工作物からは、工作物の温度に応じた波長分布，強度を有する電磁波が放射されるため、電磁波が照射される被照射体

の上昇温度を検出したり、電磁波の強度を検出したり、電磁波の波長を検出したりすることによって、工作物の温度を、工作物に接触しないで検出することができる。例えば、放射温度計，サーモグラフィ等がこれに該当する。

工作物は、加工による発熱源の１つであり、発熱により加工精度に直接影響を受けるものであるため、工作物の温度に基づいて加工条件を制御することは妥当なことである。工作物の温度に基づいて冷風冷却装置や相対移動装置を制御すれば、効果的に冷却を行うことができ、クーラント等に比較して熱容量の小さい冷風による冷却であっても、適切な冷却効果を得ることができる。工作物の熱膨張，加工具の加工性能低下等を抑制し、加工精度の低下を抑制することができるのである。すなわち、加工精度が最終的に問題になるのは工作物であるため、工作物の温度に基づいて加工条件を制御すれば、加工具の温度に基づいて加工条件を制御する場合に比較して、加工精度を向上させることができる。

さらに、本項に記載の冷風冷却型機械加工装置においては、クーラント等が全く使用されないため、作業環境を悪化させることがない。

なお、本項に記載の冷風冷却型機械加工装置は、金属製の工作物、特に加工時の熱膨張が大きい工作物を加工する金属製工作物機械加工装置に特に好適に適用することができる。工作物の温度に基づいて加工条件が制御されるため、アルミニウム，銅，鋳物等の線膨張係数の比較的大きい工作物の加工に適しているのである。

（２）前記相対移動装置が、前記工作物を保持して回転する工作物主軸を含む(1)項に記載の冷風冷却型機械加工装置（請求項２）。

本項に記載の冷風冷却型機械加工装置においては、工作物が工作物主軸に保持され、回転させられる。その回転する工作物と加工具とが、さらに少なくとも一方向に相対移動させられることにより加工が施される。本項の冷風冷却型機械加工装置には、例えば、旋盤，研削盤（円筒研削盤，内面研削盤，心なし研削盤）等が該当する。

（３）前記温度検出装置が、工作物の加工箇所と同一円周上の他の部分に対向した状態で設けられた検出部を有する(2)項に記載の冷風冷却型機械加工装置。

本項に記載の温度検出装置によれば、加工による発熱温度を精度よく検出することができる。

（４）前記加工条件制御装置が、前記冷風供給装置を制御することにより、前記冷風の温度と流量との少なくとも一方を制御する冷却条件制御装置を含む(1) 項ないし(3) 項のいずれか１つに記載の冷風冷却型機械加工装置（請求項３）。

冷風の温度や流量が、工作物の温度に基づいて制御されれば、適切な冷却の実行が容易になる。

（５）前記冷却条件制御装置が、前記工作物の温度が設定範囲内に保たれるように冷風の温度と流量との少なくとも一方を制御する工作物温度制御手段を含む(4) 項に記載の冷風冷却型機械加工装置。

工作物の温度が上しきい値と下しきい値との間に保たれるように、冷風の温度や流量が制御される。その結果、工作物毎の加工温度のバラツキを小さくすることができ、加工精度を向上させることができる。また、必要以上に冷却されることが回避され、冷風供給装置において使用されるエネルギの無駄な消費量を少なくすることができる。

（６）前記加工条件制御装置が、前記相対移動装置を制御することにより、前記工作物と加工具との相対移動速度と相対移動量との少なくとも一方を制御する相対移動条件制御装置を含むことを特徴とする(1) 項ないし(5) 項のいずれか１つに記載の冷風冷却型機械加工装置（請求項４）。

工作物の温度に基づいて工作物と加工具との相対移動速度を制御することによって、加工抵抗の適正化を図れば、加工中の工作物の表面温度の過度の上昇を回避しつつ加工を能率良く行うことができるため、熱容量の小さな冷風による冷却であっても適切な冷却効果を得ることができる。また、工作物の温度に基づいて相対移動量を制御すれば、工作物の熱膨張を考慮して加工具の移動停止位置（最終切込位置）を制御することができ、工作物の加工精度を向上させることができる。

本項における「相対移動」としては、加工具と工作物との、工作物の被加工面に直角な方向（以下直角方向と略称する）の相対移動や、被加工面に平行な方向

（以下平行方向と略称する）の相対移動が該当する。直角方向の相対移動速度や相対移動量を制御しても、平行方向の相対移動速度を制御しても、これらの両方を制御してもよい。

本項に係る機械加工装置が円筒研削盤に適用され、プランジカットが行われる場合には、砥石と工作物Wとの直角方向（半径方向）の相対移動速度や相対移動量が制御される。（発明を実施するための形態）において詳述するように、砥石の工作物Wに対する研削が断続的に行われるように、すなわち、前進（送り）と後退とが交互に行われるように制御される場合には、連続して研削が行われる場合に比較して、予め決められた研削量だけ研削するのに要する加工時間が長くなるため、直角方向の平均相対移動速度が小さくされたと考えることができる。トラバースカットが行われる場合には、砥石の工作物Wに対する直角方向（半径方向ないし切込方向）の相対移動と平行方向（軸方向ないし送り方向）の相対移動との少なくとも一方が制御される。送り方向の相対移動速度を増減させても、加工抵抗を増減させることができる。

（７）前記相対移動条件制御装置が、前記工作物の温度が予め定められた設定温度に達した場合に、前記相対移動速度を低減させる加工速度減速手段を含む(6)項に記載の冷風冷却型機械加工装置。

工作物の温度が設定温度に達した場合に、直角方向または平行方向の相対移動速度を減速すれば、加工抵抗を小さくすることができ、発熱量を抑制することができる。加工速度の減速には、前項に関して説明したように、加工が断続的に行われるようにすることや、その際の加工休止時間を長くすることも含まれる。

（８）前記加工条件制御装置が、前記工作物温度検出装置によって検出された工作物の検出温度に基づいて前記工作物の加工完了時寸法を演算により求める加工完了時寸法決定部と、その加工完了時寸法決定部により決定された加工完了時寸法に基づいて前記相対移動装置を制御する完了時寸法対応相対移動制御部とを含むことを特徴とする(1)項ないし(7)項のいずれか１つに記載の冷風冷却型機械加工装置（請求項５）。

工作物の温度に基づいて加工完了時寸法が補正されるため、熱容量の小さい冷

風による冷却に起因して工作物の熱膨張が大きくなっても、高精度の加工を施すことが可能となる。すなわち、工作物は、熱膨張した状態で加工され、常温に戻る場合に収縮する。その収縮量は、工作物の温度が高い場合は低い場合より大きい。そのため、温度が高い場合の加工完了時寸法が低い場合の加工完了時寸法より大きくなるように補正すれば、常温における工作物の寸法差を小さくすることができ、工作物の加工精度を向上させることができる。

加工完了時寸法は、工作物の温度に基づいて決定されるが、工作物の線膨張係数や標準温度における仕上がり目標寸法等も考慮して決定することが望ましい。例えば、加工完了時寸法dは、標準温度Tにおける仕上がり目標寸法D，工作物の検出温度t，工作物の線膨張係数αとした場合に、式

$$d = D \times \{1 + \alpha (t - T)\}$$

に従って求めることができる。上記線膨張係数等に加えて、工作物の硬度，弾性係数等の物性、加工工具や加工機械装置本体の温度や外気温等を考慮して求めるようにすることもできる。

（9）前記冷風供給装置が、前記工作物と加工具との加工箇所に前記冷風を供給する第1冷風供給装置と、前記工作物の前記加工箇所とは異なる部分に冷風を供給する第2冷風供給装置とを含む(1) 項ないし(8) 項のいずれか1つに記載の冷風冷却型機械加工装置（請求項6）。

加工箇所のみに冷風が供給される場合より、発熱により加工精度に直接影響を受ける工作物を加工箇所以外においても冷却することにより、冷風冷却であっても、十分な冷却を行うことができる。しかも、第2冷風供給装置の制御による冷風の流量や温度の制御により、工作物のさらに高精度の温度管理および寸法管理が可能となる。第1冷風供給装置と第2冷風供給装置とは、タンク，圧縮機，冷却装置等が共通で、管，供給ノズル等が専用に設けられたものであっても、これらすべてがそれぞれ専用に設けられたものであってもよい。

工作物が工作物主軸に回転可能に保持される場合には、第2冷風供給装置は、工作物の加工箇所の回転方向下流側に冷風を供給するものとすることが望ましい。加工箇所の下流側に冷風が供給されれば、加工によって熱せられた部分を効果

的に冷却することができるからである。また、回転方向の下流側の、加工箇所に隣接する位置に設ければ、加工によって熱せられた部分を直ちに冷却することができる。

また、加工具を冷風冷却する加工具冷風供給装置を設けることもでき、その場合には、一層冷却効果を高めることができる。

なお、加工条件制御装置は、第１冷風供給装置と第２冷風供給装置との両方を制御する必要は必ずしもなく、いずれか一方を制御するだけでもよい。いずれか一方を制御する場合には第２冷風供給装置を制御する方が望ましい。第１冷風供給装置は、研削箇所に冷風を供給するものであるため、常に十分な冷却を行うことが望ましく、冷風の温度や流量を制御する余地が少ないが、第２冷風供給装置によって供給される冷風の温度や流量は広い範囲で変更することが可能であり、これらの制御により工作物を適切に冷却することができ、無駄なエネルギの消費を回避しつつ冷却の効果を上げることができる。なお、両方を制御すれば、冷風制御による工作物温度制御の応答性を向上させることができる。

（１０）当該冷風冷却型機械加工装置が、前記工作物の、少なくとも第２冷風供給装置により冷風が供給される部分を隙間を隔てて覆い、冷風を工作物の表面に沿って案内するカバー部材を含む(9) 項に記載の冷風冷却型機械加工装置。

工作物の冷風が供給される部分をカバー部材で覆えば、冷風を良好に工作物の表面に沿って流れさせ、冷却効果を高めることができる。カバー部材は、工作物の少なくとも冷風が供給される部分を覆うものであればよく、冷風が供給される部分とその周辺とを覆うものであっても、工作物の大部分を覆うものであってもよい。なお、カバー部材は、第２冷風供給装置の一構成要素であると考えることもできる。

（１１）前記カバー部材が前記工作物に対して接近・離間可能に設けられた(10) 項に記載の冷風冷却型機械加工装置。

カバー部材は、工作物に接近・離間可能であればよく、着脱可能に設けても、直線移動可能に設けても、回動可能に設けてもよい。いずれにしても、工作物を機械加工装置に取り付ける際にカバー部材が邪魔にならないようにしたり、冷却

効果を高めたりすることができる。

（１２）工作物主軸に取り付けた工作物とその工作物を加工する加工具との加工箇所に冷風を供給しつつ、これらを相対移動させることにより、前記工作物に加工を施す冷風冷却機械加工方法において、

前記工作物の温度を監視して、前記加工に起因する工作物の温度変化を予め定められた設定範囲内に維持することを特徴とする冷風冷却機械加工方法（請求項７）。

本項に記載の加工方法によれば、工作物の温度変化を設定範囲内に維持することができるため、加工精度を高めることができる等の効果が得られる。

（１３）工作物主軸に取り付けた工作物とその工作物を加工する加工具との加工箇所に冷風を供給しつつ、これらを相対移動させることにより、前記工作物に加工を施す冷風冷却機械加工方法において、

前記工作物の温度に応じて、前記冷風の温度と流量との少なくとも一方を制御することを特徴とする冷風冷却機械加工方法（請求項８）。

（１４）工作物主軸に取り付けた工作物とその工作物を加工する加工具との加工箇所に冷風を供給しつつ、これらを相対移動させることにより、前記工作物に加工を施す冷風冷却機械加工方法において、

前記工作物の温度に応じて、前記相対移動の移動量と移動速度との少なくとも一方を制御することを特徴とする冷風冷却機械加工方法（請求項９）。

（１５）前記工作物の温度が予め定められた設定温度まで上昇した場合に、前記相対移動速度を減速させる減速工程を含む(14)項に記載の冷風冷却機械加工方法。

減速工程には、前述のように、断続的加工工程も含まれる。例えば、本発明に係る冷風冷却機械加工方法を、円筒研削装置におけるプランジカットに適用した場合に、工作物の温度が加工中断温度以上になった場合に砥石と工作物Ｗとの接近方向の移動を停止させて互いに離間させ、加工再開温度まで低下した場合に接近方向に移動させるようにするのである。

（１６）前記工作物の温度，線膨張率および標準温度における仕上がり目標寸法

に基づいて前記工作物の加工完了時寸法を決定し、その決定された加工完了時寸法に基づいて前記相対移動量を制御する(14)項または(15)項に記載の冷風冷却機械加工方法（請求項１０）。

（１７）前記冷風を、前記工作物と加工具との加工箇所と、前記工作物の前記加工箇所以外の部分との両方に供給することを特徴とする(12)項ないし(16)項のいずれか１つに記載の冷風冷却機械加工方法（請求項１１）。

図面の簡単な説明

図１　本発明の一実施形態である冷風冷却型機械加工装置としての研削装置の要部を模式的に表す図である。

図２　上記研削装置の全体を表す平面図である。

図３　上記研削装置に含まれる空気供給装置を表す回路図である。

図４　上記研削装置における一制御例を表す図である。

図５　上記研削装置に含まれる制御装置のＲＯＭに格納された冷却空気の流量制御（温度制御）マップを表すテーブルである。

図６　上記研削装置に含まれる制御装置のＲＯＭに格納された切り込み速度制御プログラムを表すフローチャートである。

図７　上記研削装置における一制御例を表す図である。

図８　本発明の別の一実施形態である冷風冷却型機械加工装置としての研削装置の要部を模式的に表す図である。

図９　上記研削装置に含まれる制御装置のＲＯＭに格納された切り込み速度制御プログラムを表すフローチャートである。

図１０　冷風の温度，送り速度，工作物の温度の関係を表す図である。

発明を実施するための形態

以下、請求項１～４，６に係る発明に共通の一実施形態としての冷風冷却型機械加工装置について図面に基づいて詳細に説明する。この冷風冷却型機械加工装置によれば、請求項７～９，１１に係る発明に共通の一実施形態としての冷風冷

却機械加工方法を実施し得る。

図２に冷風冷却機械加工装置としての円筒研削盤全体を示す。ベッド１０には、工作物支持部１２と加工具支持部１４とが設けられている。工作物支持部１２は、ベッド１０に相対移動可能に設けられたテーブル１６、テーブル１６上に固定された主軸台１８、主軸台１８に対して接近・離間可能に設けられた心押台２０等を含むものである。テーブル１６は、ベッド１０に設けられた一対のレール２２に沿って移動可能に設けられたものであり、サーボモータ２４の駆動によって送りねじ装置２５を介してＺ軸方向に移動させられる。一対のレール２２，サーボモータ２４，送りねじ装置２５等によって移動装置２６が構成されている。上記主軸台１８には、工作物主軸２８と、工作物主軸２８を回転させる電動モータ３０とが設けられている。工作物Ｗは、工作物主軸２８の工作物保持部３２と心押台２０のセンタ３４とによって軸線まわりに回転可能に支持される。本実施形態においては、工作物Ｗはアルミニウム合金製のものである。

加工具支持部１４は、砥石台４０，砥石台４０に回転軸回りに回転可能に設けられた砥石４２，砥石４２を回転させる電動モータ４４等を含むものである。ベッド１０には、上述の一対のレール２２と直交するＸ軸方向に延びた一対のレール４５が設けられており、砥石台４０は、レール４５に沿って、サーボモータ４６の駆動によって送りねじ装置４８を介して移動させられる。レール４５，サーボモータ４６，送りねじ装置４８等により移動装置４９が構成されている。

砥石台４０のＸ軸方向の移動と、テーブル１６のＺ軸方向の移動とによって、砥石４２と工作物Ｗとが相対移動させられ、工作物Ｗの外周面に研削が施される。本円筒研削盤においては、円筒状を成した工作物Ｗの軸方向の全体に研削が施されるトラバースカットが行わる場合や、工作物Ｗの軸方向の一部に研削が施されるプランジカットが行われる場合がある。プランジカットが行われる場合には、工作物ＷがＺ軸方向に全く移動させられない場合があるが、多くの場合には、移動量は小さいが、移動させられる。砥石台４０の移動方向であるＸ軸方向は、トラバースカットが行われる場合には切り込み方向であり、プランジカットが行われる場合には送り方向である。工作物Ｗの移動方向であるＺ軸方向は、トラバ

ースカットが行われる場合にも、プランジカットが行われる場合にも、送り方向である。

本円筒研削盤には、図１に示すように、２つの冷風供給装置としての冷却空気供給装置５０，５２が設けられている。第１冷却空気供給装置５０は、砥石４２と工作物Ｗとの研削箇所Ｐに向けて上方から冷却空気を供給するものであり、研削加工冷却用ノズル５４が第１冷却空気供給装置５０から延び出させられた管５６の先端に設けられている。第１冷却空気供給装置５０は、図３に示すように、大気を吸入して圧縮し、冷却する装置であり、ポンプ５８，ポンプ５８を駆動するモータ５９，タンク６０，タンク６０に蓄えられたエアの圧力を検出する圧力スイッチ６１，リリーフ弁６２，ドライヤ６４，冷却装置６６，流量制御弁６７等を含むものである。

ポンプ５８により圧縮された空気はタンク６０に蓄えられる。タンク６０によって、供給される空気の脈動が抑制される。ポンプ５８を駆動するモータ５９は、タンク６０に蓄えられたエアの圧力が予め定められた設定範囲内に保たれるように、圧力スイッチ６１の状態に基づいて制御される。本実施形態においては、タンク６０内のエアの圧力が下限設定圧より下がり、圧力スイッチ６１がＯＮ状態からＯＦＦ状態に切り換わると、モータ５９の駆動が開始され、圧力が上限設定圧に達し、ＯＦＦ状態からＯＮ状態に切り換わると停止させられるようにされている。リリーフ弁６２は、ポンプ５８から吐出される圧縮空気の圧力が過大にならないようにするために設けられたものである。タンク６０から供給された空気は、フィルタ６８，ドライヤ６４を経た後、冷却装置６６によって冷却される。冷却装置６６は、冷凍サイクル７０と、熱交換器７２とを含むものである。冷凍サイクル７０によって冷媒が強冷され、熱交換器７２を通過する空気の温度が所定の温度まで冷やされる。熱交換器７２において、空気は、冷媒によって直接冷やされるようにしても、冷媒によって冷やされた流体によって冷やされるようにしてもよい。冷凍サイクル７０において冷やされる冷媒の温度，冷凍サイクル７０において循環させられる冷媒の流量等の制御によって、熱交換器７２を通過する空気の温度を制御することができる。熱交換器７２を経た空気は、流量制御

弁６７，前記管５６，研削加工冷却用ノズル５４を経て、研削箇所Ｐに供給される。研削加工冷却用ノズル５４から供給される冷却空気の流量は、流量制御弁６７の制御により制御される。管５６を通過する空気の圧力，流量は、圧力計７４，流量計７６によって検出される。本実施形態においては、冷風として空気が使用され、流量制御弁６７，冷却装置６６の制御によって、供給される空気の流量，温度が制御可能とされている。

なお、圧力スイッチ６１の代わりに圧力センサを設け、圧力センサによって検出されたエアの圧力に基づいてモータ５９の作動状態が制御されるようにすることもできる。この場合においても、タンク６０に蓄えられた空気の圧力を設定範囲内に保つことができる。

第２冷却空気供給装置５２は、工作物Ｗの外周面の研削箇所Ｐとは異なる部分に冷却空気を供給する装置であり、第２冷却空気供給装置５２から延び出させられた工作物冷却用管８０が工作物Ｗを覆う工作物冷却用カバー８２の内部に開口する状態で取り付けられている。第２冷却空気供給装置５２は、第１冷却空気供給装置５０と構造が同じものであるため、説明は省略する。

上記工作物冷却用カバー８２は、主軸方向に適宜の長さを有し、かつ、適宜な大きさの中心角を有する円弧状をなしたものであり、図に示すように、工作物Ｗの外周面の研削箇所Ｐの近傍、かつ、研削箇所Ｐの回転方向後方に続く円弧範囲を、隙間８４を隔てて覆う状態で取り付けられたものである。第２冷却空気供給装置５２によって、工作物Ｗの研削箇所Ｐの回転方向後方に冷却空気が供給されることになり、工作物Ｗの研削により加熱された部分を速やかに冷やすことができる。また、工作物冷却用カバー８２の工作物Ｗの回転方向で研削箇所Ｐから離れた方の縁部および両側縁部は、工作物Ｗの外周面に向かって鉤状に曲げられ、先端縁が工作物Ｗの外周面に近接されたフランジ部８６とされる。工作物Ｗの外周面と工作物冷却用カバー８２の内周面とによって形成される間隙８４は、実質的に研削箇所Ｐに向かう側だけ開口することになる。その結果、冷却空気の放散が抑制され、工作物Ｗの表面を良好に冷却することが可能となる。また、第２冷却空気供給装置５２によって供給された冷却空気をカバーに沿って工作物Ｗの外

周面に沿って案内することができるため、工作物Wの外周面を適切に冷却することができる。工作物冷却用カバー８２は、開口の大きさや間隙８４の容積を略一定にするため、工作物Wの径寸法に応じて移動可能に設けることが望ましい。工作物冷却用カバー８２は、工作物支持部１２に取り付けても、加工具支持部１４に取り付けてもよいが、工作物支持部１２に取り付ける場合には、テーブル１６に対して相対移動可能に取り付ける必要がある。本円筒研削盤においては、工作物Wが、テーブル１６がベッド１０に対してZ軸方向に相対移動させられることによって、工作物Wの研削箇所Pが移動させられるのに対して、ベッド１０に対する研削箇所Pは変わらないからである。それに対して、加工具支持部１４（砥石台４０）に取り付ける場合には、固定的に設ければよい。いずれにしても、工作物Wの着脱に支障がないように、工作物Wから離れた退避位置へ移動、または、回動し得るように設置することが望ましい。

なお、第１，第２冷却空気供給装置５０，５２は、それぞれ別個独立のものとしないで、その一部を共通のものとすることができる。例えば、吐出部｛（ノズル５４，管５６），（管８０）｝等を専用に設け、ポンプ５８等を共通にするのである。また、第１，第２冷却空気供給装置５０，５２のいずれか一方から供給される冷却空気が、砥石４２にも供給されるようにすることもできる。砥石４２に対向して砥石冷却用ノズルを設け、砥石冷却用ノズルから冷却空気が砥石４２の外周面に供給されるようにする。勿論、砥石４２に冷却空気を供給するための専用の第３の冷却空気供給装置を設けてもよい。いずれにしても、砥石４２に冷却空気が供給されれば、研削熱による砥石４２の熱膨張を抑止することができ、加工精度を向上させることができる。さらに、第２冷却空気供給装置５２によって冷却空気が供給される部分は、研削箇所Pの回転方向後方、かつ、研削箇所P近傍に限らず、回転方向前方の部分としたり、研削箇所Pから軸方向に隔たった部分としたりすることができる。工作物冷却用カバー８２は、それに応じて取り付け位置を適宜変更する。また、工作物冷却用カバー８２を、工作物Wの少なくとも回転方向全域を覆うものとすることができる。その場合には、第２冷却空気供給装置５２によって冷却空気が供給される部分がどこであっても、工作物W全

体を冷却することができる。

工作物Wの外周面の温度は、温度検出装置９０によって検出される。温度検出装置９０は、検出部が、工作物Wの回転方向で工作物冷却用カバー８２のフランジ部８６に続く位置に、工作物Wの外周面に対向した状態で設けられたものである。検出部が工作物Wの外周面に接触し、その表面温度を検出する接触式のものであっても、工作物から放射される放射エネルギに基づいて検出する非接触式のものであってもよい。温度検出装置９０によって、工作物Wの研削箇所Pと同一円周面の温度を検出することができるため、研削によって上昇させられた温度を精度よく検出することができる。温度検出装置９０は、工作物冷却用カバー８２と同様に、テーブル１６に対して相対移動可能に設けられる。

本円筒研削盤は、制御装置１００によって制御される。制御装置１００は、ＣＰＵ１０２，入力インタフェイス（Ｉ／Ｆ）１０４，出力インタフェイス１０６，メモリ１０８等を含むコンピュータを主体とするものであり、入力Ｉ／Ｆ１０４には、前述の温度検出装置９０，サーボモータ２４，４６の回転位置を検出するエンコーダ１１０，１１２等が接続され、出力Ｉ／Ｆ１０６には、サーボモータ２４，４６がそれぞれ駆動回路１１４，１１６を介して接続されるとともに、第２冷却空気供給装置５２の図示しない制御部が接続されている。メモリ１０８には、図５のマップで表されるテーブル，図６のフローチャートで表される切り込み速度制御プログラム，フローチャートの図示は省略するが、第２冷却空気供給装置５２から供給される冷却空気の温度や流量を制御する冷却条件制御プログラム等種々のプログラム等が格納されている。

以上のように構成された円筒研削盤における作動について説明する。

工作物WのＺ軸方向の移動と砥石台４０のＸ軸方向の移動とにより、工作物Wに研削が施される。研削が行われる際には、研削箇所Pに、第１空気供給装置５０により所定温度（－３０℃），所定流量Qの冷却空気が供給され、冷却される。それと同時に、第２空気供給装置５２により工作物冷却用カバー８２内に冷却空気が供給され、回転する工作物Wの外周面が冷却される。研削中の工作物Wの表面温度は温度検出装置９０によって設定時間毎に検出され、その表面温度を表

す温度信号が制御装置１００に供給される。

本実施形態においては、研削中の工作物Wの表面温度Tが予め定められた上，下しきい値範囲内に保たれるように、第２冷却空気供給装置５２における冷却空気の流量，温度が制御される。本実施形態は、トラバースカットが行われる場合にも、プランジカットが行われる場合にも適用することができる。

まず、冷却空気の流量を制御する場合について説明する。図４(b) に示すように、工作物Wの表面温度Tは、時間の経過とともに上昇する。表面温度Tが上しきい値（$t_0 + t_1$）に達すると、すなわち、温度検出装置９０から出力された温度信号が制御装置１００に入力され、その入力された温度信号に対応する温度が温度（$t_0 + t_1$）以上であることが検出されると、制御装置１００により、第２冷却空気供給装置５２が、流量Qが逐次増大させられるように制御される。第２冷却空気供給装置５２においては、流量Qが制御装置１００からの指令に基づいて逐次増大させられるように、流量制御弁６７が制御される。冷却空気の流量Qを増大させつつ研削が続けられると、工作物Wの表面温度Tは時間の経過と共に下降する。表面温度Tが下しきい値（$t_0 - t_1$）以下になると、すなわち、温度検出装置９０によって出力された温度信号が制御装置１００に入力され、その入力された温度信号に対応する温度が温度（$t_0 - t_1$）以下であることが検出されると、制御装置１００により、第２冷却空気供給装置５２が、冷却空気の流量Qが逐次減少させられるように制御される。冷却空気流量Qを減少させつつ研削が続けられると、工作物Wの表面温度Tは時間の経過とともに上昇するが、表面温度Tが上述の上しきい値（$t_0 + t_1$）に達すると、冷却空気の流量Qが再び逐次増大させられるように制御される。

このように冷却空気の流量を制御することによって、研削中の工作物Wの表面温度を上しきい値（$t_0 + t_1$）と下しきい値（$t_0 - t_1$）との間に維持することができる。研削中冷却が行われない場合には、工作物Wの表面温度Tは、図４(a) に示すように、時間の経過とともに急激に上昇するが、本実施形態におけるように制御すれば、上しきい値（$t_0 + t_1$）と下しきい値（$t_0 - t_1$）との間の範囲に維持することができるため、加工精度を向上させることができる。

また、流量が過大になることが回避されるため、第２冷却空気供給装置５２における消費エネルギ量の低減を図ることができる。

なお、流量を逐次増加，逐次減少させる場合には、予め定められた設定量ずつ増加あるいは減少させたり、予め定められた規則（関数）に基づいて増加あるいは減少させたりすること等ができる。

また、図５に示すマップに従って、表面温度Ｔの変化勾配ｄＴと、表面温度Ｔと上述の温度t_0（目標温度）との偏差とに基づいて、流量を制御することもできる。例えば、温度の変化勾配ｄＴが予め定められた上限設定値A_1と下限設定値A_2との間にあり、かつ、偏差が予め定められた上限設定値B_1と下限設定値B_2との間にある場合には、現在の流量の大きさを保って研削が行われる。温度の変化勾配ｄＴが上限設定値A_1より大きく温度上昇傾向にあり、かつ、偏差が上限設定値B_1より大きく、表面温度が目標温度より上限設定値以上大きい場合には、流量を大きくするのである。以下、マップに従って制御すれば、表面温度Ｔをほぼ目標温度t_0に保つことができる。

次に、冷却空気の温度を制御する場合について説明する。工作物Ｗの研削は、前述の場合と同様に行われる。供給される冷風の温度と工作物Ｗの表面温度Ｔとの間には、図１０に示す関係があることが知られている。グラフに示すように、砥石４２の送り速度が同じ場合には、冷風の温度が高くなると工作物Ｗの表面温度が高くなる。冷風の温度を下げれば、それに比例して、工作物Ｗの温度を低下させることができるのである。

工作物Ｗの表面温度Ｔは、図４(c)に示すように、時間の経過とともに上昇する。そして、表面温度Ｔが上しきい値（$t_0 + t_1$）に達すると冷却空気温度が逐次低下させられる。第２冷却空気供給装置５２において、冷却装置６６が、制御装置１００からの指令に基づいて制御されることにより、供給される空気の温度が逐次低下させられるのである。冷却空気温度を低下させつつ研削を続ければ、温度検出装置９０により検出される工作物Ｗの表面温度Ｔが時間の経過とともに下降する。表面温度Ｔが下しきい値（$t_0 - t_1$）に達すると、冷却空気温度が逐次上昇させられるように制御される。そして、冷却空気温度を上昇させつつ

研削を続け、表面温度Tが上しきい値（$t_0 + t_1$）に達すると、上述と同様に、冷却空気の温度が再び逐次低下させられる。このように冷却空気の温度を制御することによっても、工作物Wの表面温度を上しきい値（$t_0 + t_1$）と下しきい値（$t_0 - t_1$）との間の範囲に維持することができる。

なお、流量制御の場合と同様に、温度を逐次上昇，逐次低下させる場合には、設定値ずつ変化させても、予め定められた規則（関数）に従って変化させてもよく、図５のマップに従って制御してもよい。また、第２冷却空気供給装置５２における冷却空気流量と冷却空気温度とが別々に制御されるようにされていたが、両方を制御してもよい。両方を制御すれば、冷却効果を一層高めることができる。さらに、第２冷却空気供給装置５２に限らず、第１冷却空気供給装置５０における冷却空気の流量，温度も制御したり、砥石４２に冷却空気が供給されるようにし、その砥石４２に供給される冷却空気の流量や温度も制御されるようにすることもできる。これらの場合には、冷却効率を高めることができ、制御に対する応答性を高めることができる。また、図５に表す制御マップは、一例であり、他のパターンの制御マップとすることもできる。

次に、砥石台４０のＸ軸方向の移動速度の制御が行われる場合について説明する。図１０から、供給される冷却空気の温度が同じである場合には、Ｘ軸方向の移動速度を大きくすれば、工作物Wの表面温度が高くなることがわかる。そのため、Ｘ軸方向の移動速度を小さくすれば、工作物Wの表面温度を低くすることができるのである。本実施形態においては、研削中においては、研削箇所Ｐにも工作物冷却用カバー８２内にも、所定温度（－３０℃），所定流量Ｑの冷却空気が供給される。

研削加工が開始されると、時間の経過に伴って、工作物Wの表面温度Tは上昇する。そして、温度検出装置９０によって検出された工作物Wの表面温度Tが設定温度T_0になった場合に、砥石台４０のＸ軸方向の移動速度を予め定められた設定速度まで減速させるのである。Ｘ軸方向の移動速度の制御は、サーボモータ４６の制御によって行われる。Ｘ軸方向の移動速度が減少させられれば、研削熱の発生を抑制することができる。この場合、移動速度が０になるまで減速させて

もよい。

なお、X軸方向の移動速度だけでなく、Z軸方向の移動速度を減速させることもできる。Z軸方向の移動速度を減速させても、加工抵抗を小さくし、工作物Wの表面温度の上昇を抑制することができる。また、第1，第2冷却空気供給装置50，52の少なくとも一方を制御し、供給される冷却空気の流量や温度を制御することもできる。

次に、砥石台40のX軸方向の移動速度を減速させる場合の別の制御形態について説明する。この制御形態は、プランジカットが行われる場合に適用される。本実施形態においては、工作物Wの表面温度Tが設定温度T_0より小さい間は、砥石台40が前進させられて（送られて）研削が行われるのであるが、表面温度Tが設定温度T_0以上になった場合に、砥石台40が後退させられ、研削が中断させられる。そして、工作物の表面温度Tが設定温度T_0より低くなった場合に、砥石台40が再び送られ、研削が再開されるのである。この場合における制御を図6に示すフローチャートに従って説明する。また、砥石42の動きを図7に示す。

ステップ1（以下、S1と略称する。他のステップについても同様とする）において、砥石台40が、予め定められた送り速度で前進させられる。S2において、温度検出装置90によって検出された工作物Wの表面温度Tが設定温度T_0以上か否かが判定される。表面温度Tが設定温度T_0より低い場合は、S3において、加工終了条件が満たされるか否かが判定される。本実施形態においては、砥石台40の送り量（前進量）が予め定められた設定量に達すれば、加工終了条件が満たされたとされる。1回の研削において砥石42の外径は一定であると考え、砥石台40が設定量まで前進させられれば工作物Wには予め決められた研削量だけ研削が施されたと考えるのである。最初にS3が実行される場合には、加工終了条件は満たされていないため、判定がNOとなり、砥石台40の送りが継続して行われる。表面温度Tが設定温度T_0より低い間は、砥石台40は前進させられるのである。設定温度T_0以上になった場合は、S2における判定がYESとなり、S4，5において、砥石台40の送りが停止させられ、予め定められ

た設定速度で、設定時間ｔｓの間後退させられる。設定時間は、砥石４２が工作物Wから離間する退避位置まで後退可能な時間である。そして、Ｓ６において、工作物Wの表面温度Tが設定温度T。より低いか否かが判定される。表面温度Tが設定温度T。以上の状態が続く間、Ｓ６における判定はＮＯとなり、砥石台４０は退避位置に保たれる。表面温度Tが設定温度T。より低くなると、Ｓ６における判定がＹＥＳとなり、砥石台４０の送りが再開される。このように、工作物Wの表面温度が設定温度T。以上になると後退させられ、設定温度T。より低くなると、前進させられるようにすれば、結果的に、砥石４２の送り速度が減速されることになる。本実施形態においては、工作物Wの表面温度Tに基づいて断続的に研削が行われることになるのであり、連続して行われる場合に比較して、加工抵抗を小さくすることができる。また、工作物Wの表面温度をほぼ一定の温度に維持することもできる。

なお、表面温度Tが設定温度T。以上であるか否かに基づいて、制御が行われたが、ヒステリシスを設けることもできる。例えば、砥石台４０を、表面温度Tが第一設定温度以上の場合に後退させ、第１設定温度より低い第２設定温度以下になった場合に前進させるのである。それにより、砥石台４０の移動方向が変更される頻度を少なくすることができる。

また、表面温度Tが設定温度T。以上になった場合には、連続的な加工から断続的な加工に切り換えられるようにすることができる。断続的な加工は、工作物Wの温度を考慮しないで、予め定められた設定時間毎に前進と後退とが交互に行われるようにすることもできる。この場合においても、工作物Wの表面温度の変化を抑制することができ、加工精度を向上させることができる。さらに、表面温度Tが設定温度T。以上になった場合には、砥石台４０の前進を停止させるようにすることもできる。

以上のように、本実施形態においては、２つの移動装置２６，４９（一対のレール２２，４４、サーボモータ２４，４６、送りねじ２５，４８）等によって相対移動装置が構成され、制御装置１００等によって加工条件制御装置が構成される。加工条件制御装置は、冷却条件制御装置，相対移動条件制御装置でもある。

砥石台４０を移動させる移動装置４９は、砥石台駆動装置と考えることもできる。

なお、これら砥石台４０の送り速度の制御に加えて、工作物Wの送り速度の制御も行われるようにしたり、第１，第２冷却空気供給装置５０，５２の少なくとも一方における冷却空気の温度と流量との少なくとも一方の制御も行われるようにしたりすることもできる。また、冷却空気の温度と流量との少なくとも一方の制御を行わないで、相対移動速度の制御のみを行う場合には、第１，第２冷却空気供給装置５０，５２を冷却空気の温度や流量を制御不能なものとすることもできる。さらに、第２冷却空気供給装置５２は、不可欠ではない。第２冷却空気供給装置５２を設けなければ、工作物冷却カバー８２も不要となる。また、空気以外の気体が供給されるようにすることもできる。さらに、砥石台４０をＺ軸方向に移動可能に設けたり、砥石台４０とテーブル１６との少なくとも一方を、ベッド１０に対して旋回可能に設けたりすることもできる。また、本実施形態は、円筒研削盤に限らず、加工具としてバイト等の切削工具による切削加工装置，その他の機械加工装置に適用することも可能である。

次に、請求項１，２，４，５に記載の発明に共通の一実施形態である冷風冷却型機械加工装置について説明する。この冷風冷却型機械加工装置によれば、請求項７，９，１０に記載の発明に共通の一実施形態である冷風冷却型機械加工方法を実施し得る。

本実施形態における円筒研削盤には、図８に示すように定寸装置１２０が設けられている。定寸装置１２０は、テーブル１６の軸線に対して砥石台４０とは反対の位置に、テーブル１６に対して、Ｚ軸方向とＸ軸方向とに相対移動可能に設けられたものである。一対の定寸検出子１２２が工作物Wの外周面の上，下に接触することにより、工作物Wの外径が検出される。定寸装置１２０は、設定時間毎に、工作物Wから離間した退避位置から工作物Wに接触可能な検出位置まで移動させられ、その検出位置において工作物Wの外径が検出される。本実施形態においては、温度検出装置９０による温度検出時期とほぼ同時期に検出されるようにされている。

なお、定寸装置は、一対の定寸検出子が工作物Wの外周面に接触しないで外径を検出する非接触式のものとすることもできる。

本実施形態に係る円筒研削盤は、上記実施形態における円筒研削盤とほぼ同様のものであるが、第２冷却空気供給装置５２および工作物冷却用カバー８２が設けられていないものである。

制御装置１３０は、ＣＰＵ１３２，入力Ｉ／Ｆ１３４，出力Ｉ／Ｆ１３６，メモリ１３８等を含むコンピュータを主体とするものである。入力Ｉ／Ｆ１３４には、温度検出装置９０，定寸装置１２０，エンコーダ１１０，１１２等が接続され、出力Ｉ／Ｆ１３６には、上記実施形態における場合と同様に、サーボモータ２４，４６が駆動回路１１４，１１６を介して接続されている。また、メモリ１３８には、図９のフローチャートで表される研削制御プログラム等多数のプログラム等が格納されている。

本実施形態においては、工作物Wの加工完了時寸法が演算により求められ、工作物Wの研削が、工作物Wの外径が加工完了時寸法になると終了させられる。加工によって工作物Wは熱せられ、熱膨張した状態にある。換言すれば、標準温度に戻った場合には収縮させられることになるため、熱せられた工作物の温度が高く場合も低い場合も、加工完了時寸法を同じにすると、常温における工作物（完成品）の寸法にバラツキが生じることになる。それを回避するために、加工時における工作物の温度，工作物の線膨張係数，標準温度における仕上がり目標寸法に基づいて加工完了時寸法を求め、工作物Wの外径がその大きさになるように研削すれば、加工時の温度に関係なく、標準温度に戻された場合における工作物Wの寸法のバラツキを小さくすることができ、工作物の加工精度を向上させることができる。

加工完了時寸法ｄは、式

$$d = D \times \{1 + \alpha (t - T)\}$$

に従って演算により求められる。ここで、Ｔは標準温度であり、Ｄは標準温度Ｔにおける仕上目標寸法である。αは工作物の線膨張係数であり、ｔは加工時の工作物の表面温度である。

本実施形態においては、加工完了時寸法ｄと、定寸装置１２０によって検出された工作物Ｗの外径と、その時点の砥石台４０の位置とに基づいて、砥石台４０の前進送り完了位置Ｘｎが求められ、砥石台４０の位置が前進送り完了位置に達するまで送られる。砥石台４０の位置が前進送り完了位置に達すれば、工作物Ｗの外径は加工完了時寸法ｄと同じ大きさであるはずである。本実施形態においては、研削中、繰り返し、加工完了時寸法ｄおよび前進送り完了位置Ｘｎが求められ、砥石台４０の位置が前進送り完了位置Ｘｎに達したか否かが判定される。研削に伴って工作物Ｗの温度が上昇すれば、それに伴って加工完了時寸法ｄが大きくなり、前進送り完了位置Ｘｎが、砥石台４０の相対移動量が小さくなる位置になる。

本実施形態は、プランジカットが行われる場合に適用することが望ましい。研削中においては、第１冷却空気供給装置５０により、研削箇所Ｐに所定温度，所定流量の冷却空気が供給される。

図９に示すフローチャートにおいて、Ｓ２１において、工作物Ｗの表面温度と外径とが検出される。Ｓ２２において、上述の式に従って加工完了時寸法ｄが演算により求められ、Ｓ２３において、その加工完了時寸法ｄと、外径と、現在の砥石台４０の位置とに基づいて前進送り完了位置Ｘｎが演算により求められる。Ｓ２４において、サーボモータ４６の駆動により、砥石台４０が予め定められた設定速度で前進させられる。Ｓ２５において、エンコーダ１１２からの出力信号に基づいて検出された現在の砥石台４０の位置が前進送り完了位置Ｘｎに達したか否かが判定される。最初にＳ２５が実行される場合には、達していないため、判定がＮＯとなり、Ｓ２１に戻される。工作物Ｗの表面温度，外径が検出され、以下、同様に、加工完了時寸法ｄ，前進送り完了位置Ｘｎが演算により求められる。砥石台４０の位置が前進送り完了位置Ｘｎに達すると、Ｓ２５における判定がＹＥＳとなり、研削が終了させられる。このように、工作物Ｗの外径が加工時の温度に基づいて決定された加工完了時寸法ｄとなるように加工されるため、工作物の加工精度を向上させることができる。

以上のように、本実施形態においては、制御装置１３０によって加工条件制御

装置が構成され、そのうちの研削制御プログラムを表すフローチャートのＳ２２を実行する部分，記憶する部分等によって加工完了時寸法決定部が構成され、制御装置１３０のＳ２３～２５を実行する部分，記憶する部分，エンコーダ１１２等によって完了時寸法対応相対移動制御部が構成される。また、制御装置１３０のＳ２２，２３を実行する部分，記憶する部分等を演算装置と称することもできる。

なお、上記実施形態においては、前進送り完了位置X_nが求められ、砥石台４０の送り方向の位置が前進送り完了位置X_nに達すると、前進が終了させられるようにされていたが、定寸装置１２０によって検出された外径が加工完了時寸法ｄになるまで砥石台４０が前進させられるようにすることもできる。また、第２冷却空気供給装置，工作物冷却用カバー部材が備えられた円筒研削盤に適用することもできる。設定時間毎に、工作物冷却用カバー部材を工作物Ｗから離間させて、工作物Ｗの外径を検出すればよい。さらに、加工完了時寸法ｄや前進送り完了位置X_nは、ハード回路において求められるようにすることもできる。

以上、本発明の幾つかの実施形態を説明したが、これは文字通り例示であり、本発明は、前記（発明の開示）の項に記載された態様を始めとして、当業者の知識に基づいて種々の変更，改良を施した態様で実施することができる。

請求の範囲

1．工作物と加工具とを互いに相対移動させる相対移動装置と、

前記工作物と加工具との加工箇所に冷風を供給する冷風供給装置と

を含む機械加工装置であって、

前記工作物の温度を検出する工作物温度検出装置と、

その工作物温度検出装置により検出された工作物の検出温度に基づいて前記相対移動装置と前記冷風供給装置との少なくとも一方を制御する加工条件制御装置と

を含むことを特徴とする冷風冷却型機械加工装置。

2．前記相対移動装置が、工作物を保持して回転する工作物主軸を含むことを特徴とする請求項1に記載の冷風冷却型機械加工装置。

3．前記加工条件制御装置が、前記冷風供給装置を制御することにより、前記冷風の温度と流量との少なくとも一方を制御する冷却条件制御装置を含むことを特徴とする請求項1または2に記載の冷風冷却型機械加工装置。

4．前記加工条件制御装置が、前記相対移動装置を制御することにより、前記工作物と加工具との相対移動速度と相対移動量との少なくとも一方を制御する相対移動条件制御装置を含むことを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1つに記載の冷風冷却型機械加工装置。

5．前記加工条件制御装置が、前記工作物温度検出装置によって検出された工作物の検出温度に基づいて前記工作物の加工完了時寸法を演算により求める加工完了時寸法決定部と、その加工完了時寸法決定部により決定された加工完了時寸法に基づいて前記相対移動装置を制御する完了時寸法対応相対移動制御部とを含むことを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1つに記載の冷風冷却型機械加工装置。

6．前記冷風供給装置が、前記工作物と加工具との加工箇所に前記冷風を供給する第1冷風供給装置と、前記工作物の前記加工箇所とは異なる部分に冷風を供給する第2冷風供給装置とを含むことを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1つに記載の冷風冷却型機械加工装置。

7．工作物主軸に取り付けた工作物とその工作物を加工する加工具との加工箇所に冷風を供給しつつ、これらを相対移動させることにより、前記工作物に加工を施す冷風冷却機械加工方法において、

前記工作物の温度を監視して、前記加工に起因する工作物の温度変化を予め定められた設定範囲内に維持することを特徴とする冷風冷却加工方法。

8．工作物主軸に取り付けた工作物とその工作物を加工する加工具との加工箇所に冷風を供給しつつ、これらを相対移動させることにより、前記工作物に加工を施す冷風冷却機械加工方法において、

前記工作物の温度に応じて、前記冷風の温度と流量との少なくとも一方を制御することを特徴とする冷風冷却機械加工方法。

9．工作物主軸に取り付けた工作物とその工作物を加工する加工具との加工箇所に冷風を供給しつつ、これらを相対移動させることにより、前記工作物に加工を施す冷風冷却機械加工方法において、

前記工作物の温度に応じて、前記相対移動の移動量と移動速度との少なくとも一方を制御することを特徴とする冷風冷却機械加工方法。

１０．前記工作物の温度，線膨張率および標準温度における仕上がり目標寸法に基づいて前記工作物の加工完了時寸法を決定し、その決定された加工完了時寸法に基づいて前記相対移動量を制御することを特徴とする請求項９に記載の冷風冷却機械加工方法。

１１．前記冷風を、前記工作物と加工具との加工箇所と、前記工作物の前記加工箇所以外の部分との両方に供給することを特徴とする請求項７ないし１０のいずれか１つに記載の冷風冷却機械加工方法。

図 1

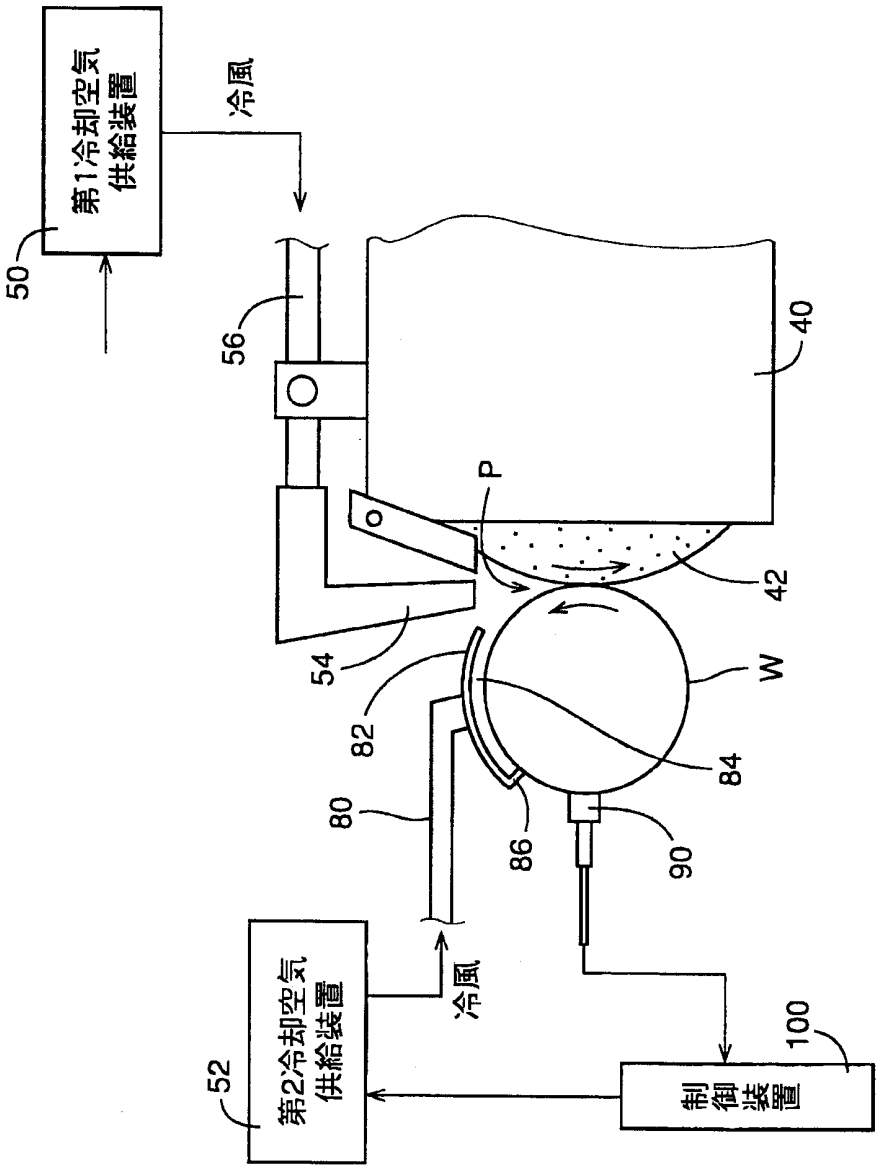

第1冷却空気供給装置
冷風
50
56
40
P
42
54
W
82
84
80
86
90
第2冷却空気供給装置
冷風
52
100
制御装置

図 2

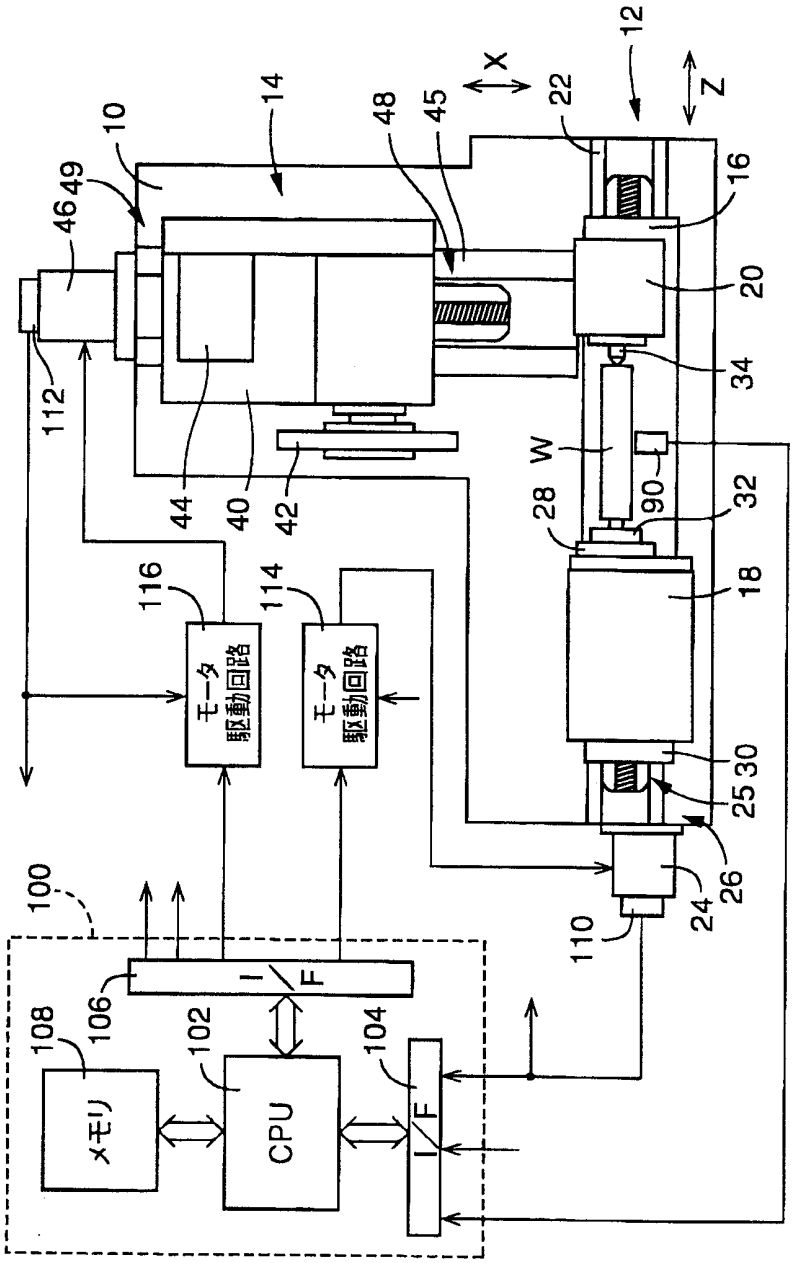

12
X
Z
22
14
48
45
10
49
46
16
20
34
112
W
90
28
32
44
40
42
116
114
18
モータ駆動回路
モータ駆動回路
30
25
26
24
100
110
I/F
108
106
102
104
メモリ
CPU
I/F

図 3

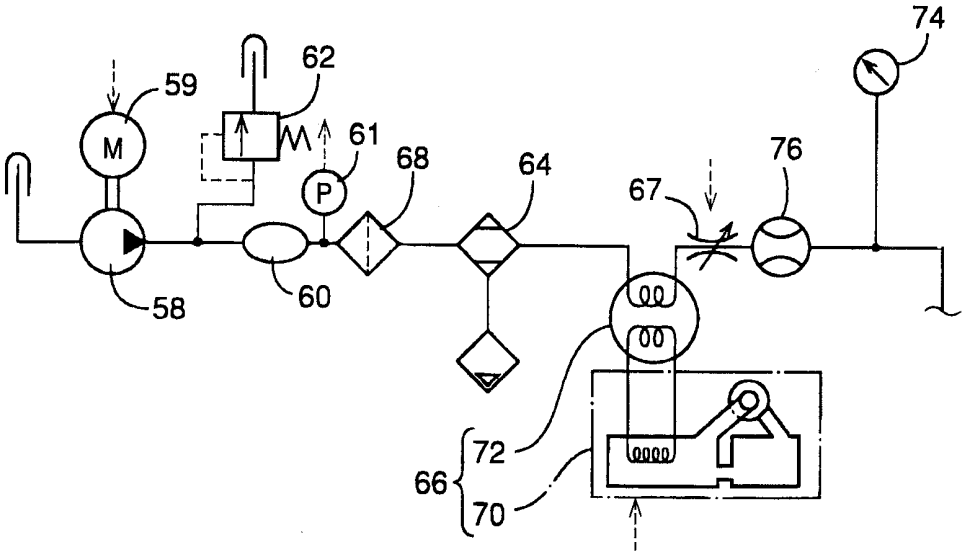


図 4

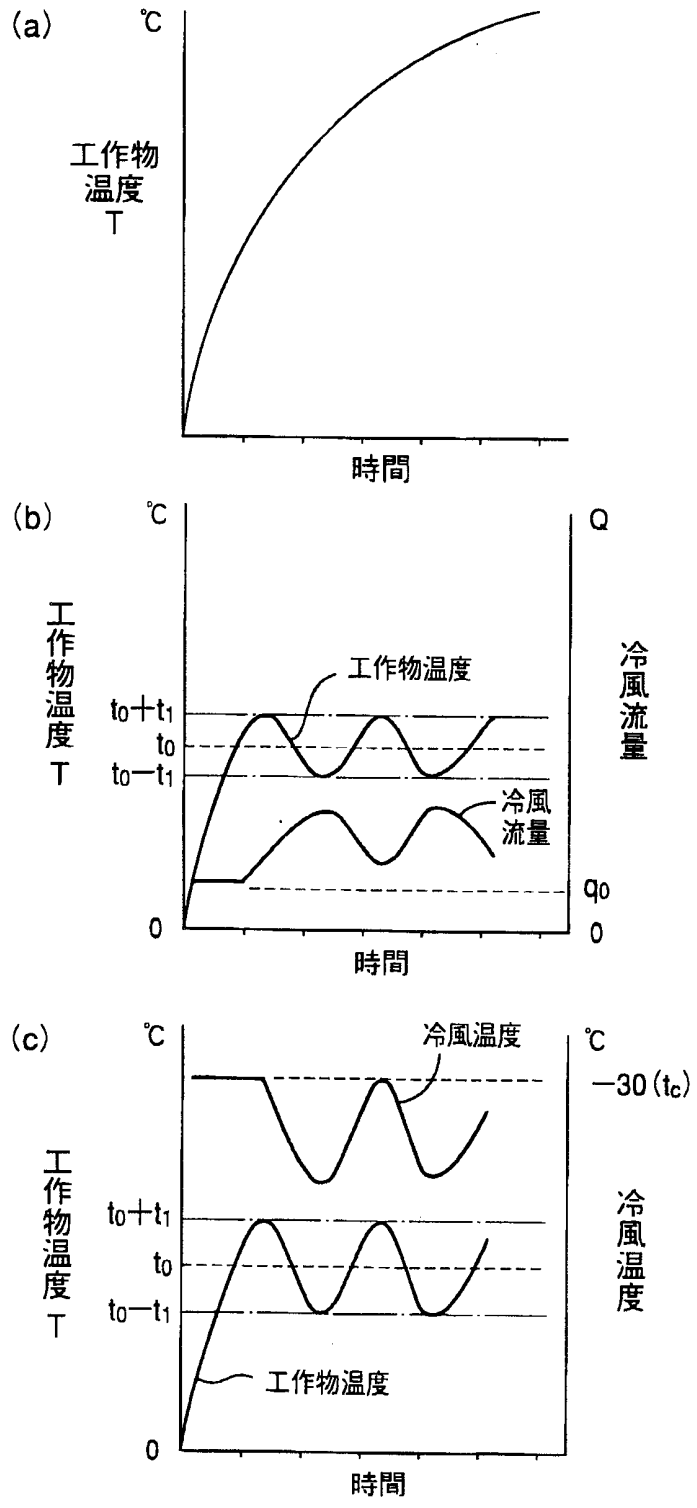

(a)
℃
工作物温度T
時間
(b)
℃
Q
工作物温度T
工作物温度
t0+t1
t0
t0−t1
冷風流量
冷風流量
q0
0
0
時間
(c)
℃
冷風温度
℃
−30 (tc)
工作物温度T
t0+t1
t0
t0−t1
冷風温度
工作物温度
0
時間

図 5

		$(T-T_0) < B_2$	$B_2 \leqq (T-T_0) \leqq B_1$	$(T-T_0) > B_1$
$dT > A_1$ (上昇傾向大)	流量	保	大	大
	温度	保	低	低
$A_2 \leqq dT \leqq A_1$	流量	小	保	大
	温度	上	保	低
$dT < A_2$ (減少傾向大)	流量	小	小	保
	温度	上	上	保

図 6

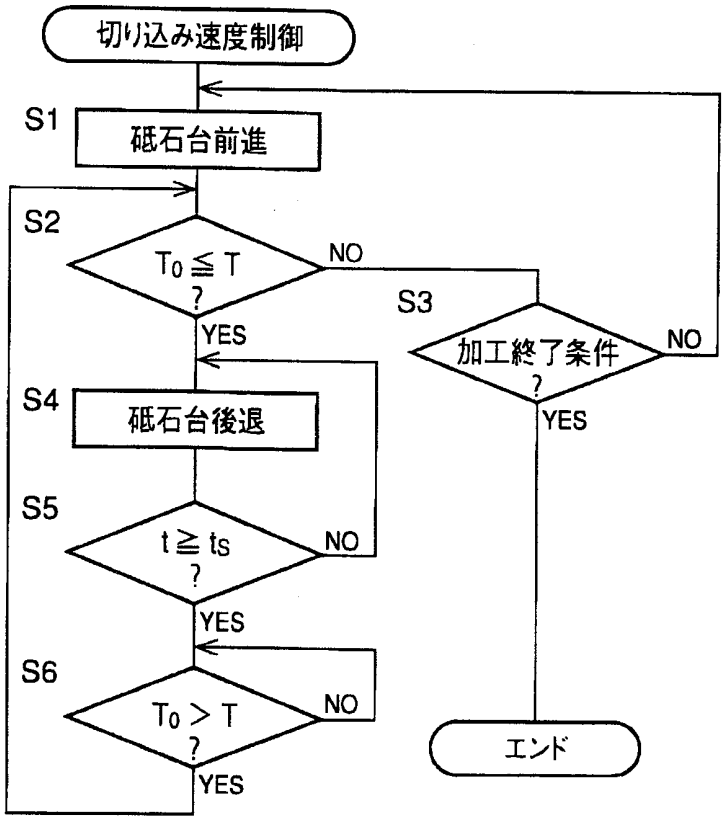

切り込み速度制御
S1
砥石台前進
S2
T0 ≦ T
?
NO
YES
S3
加工終了条件
?
NO
YES
S4
砥石台後退
S5
t ≧ ts
?
NO
YES
S6
T0 > T
?
NO
YES
エンド

図 7

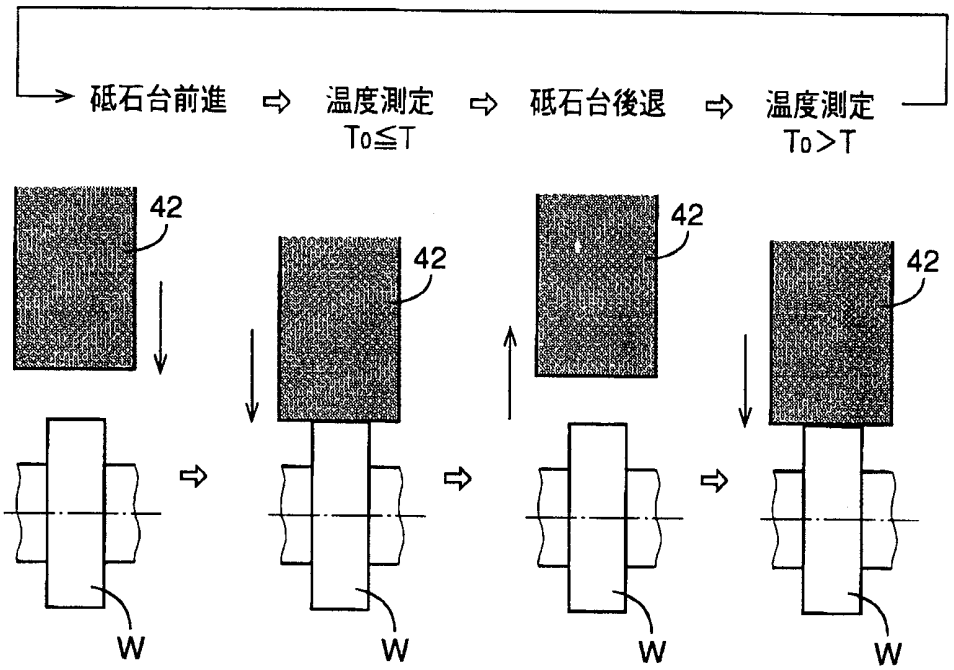


図 8

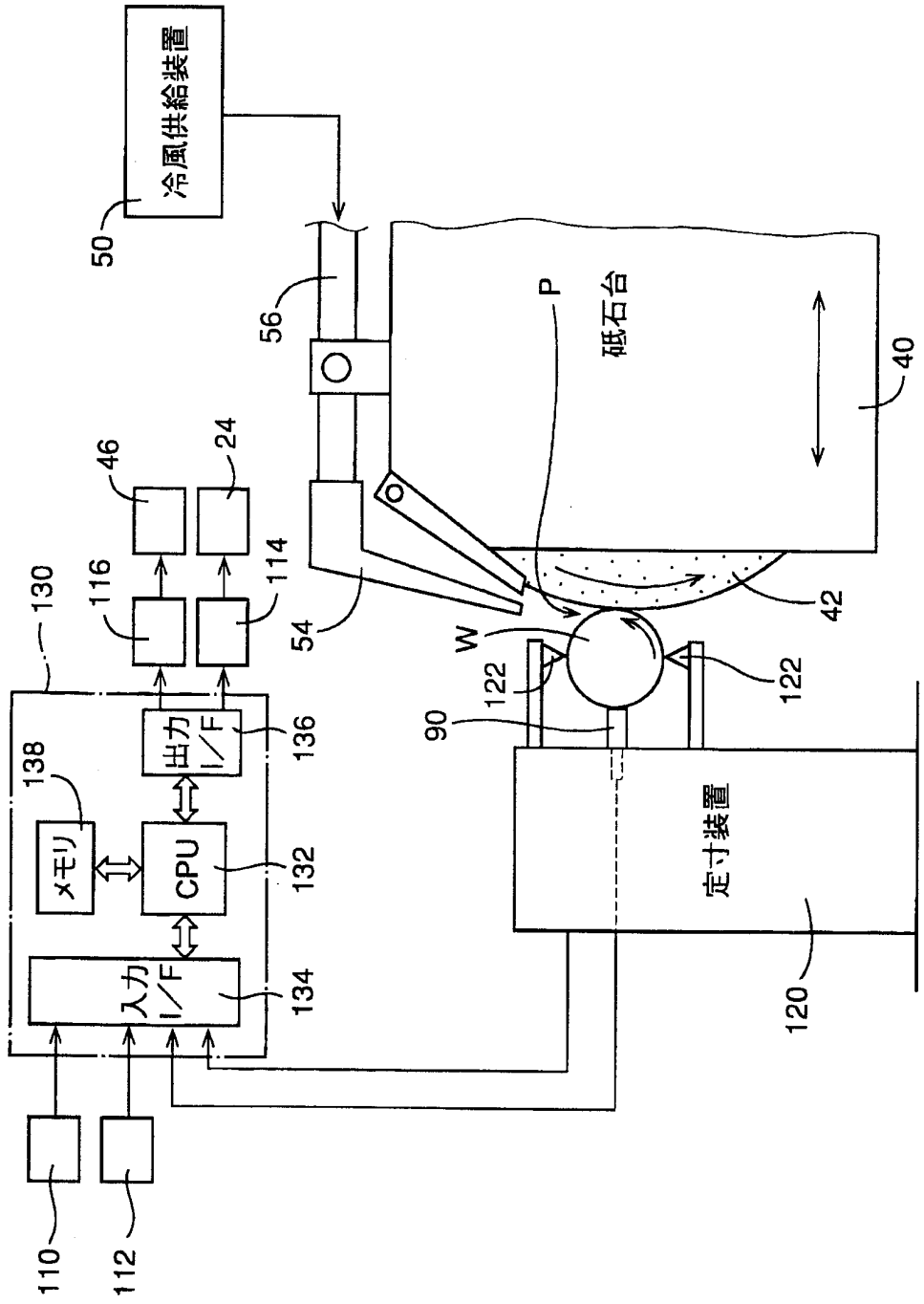

冷風供給装置
50
56
P
砥石台
40
46
24
116
114
130
54
W
42
122
122
90
138
出力I/F
136
メモリ
CPU
132
入力I/F
134
定寸装置
120
110
112

図 9

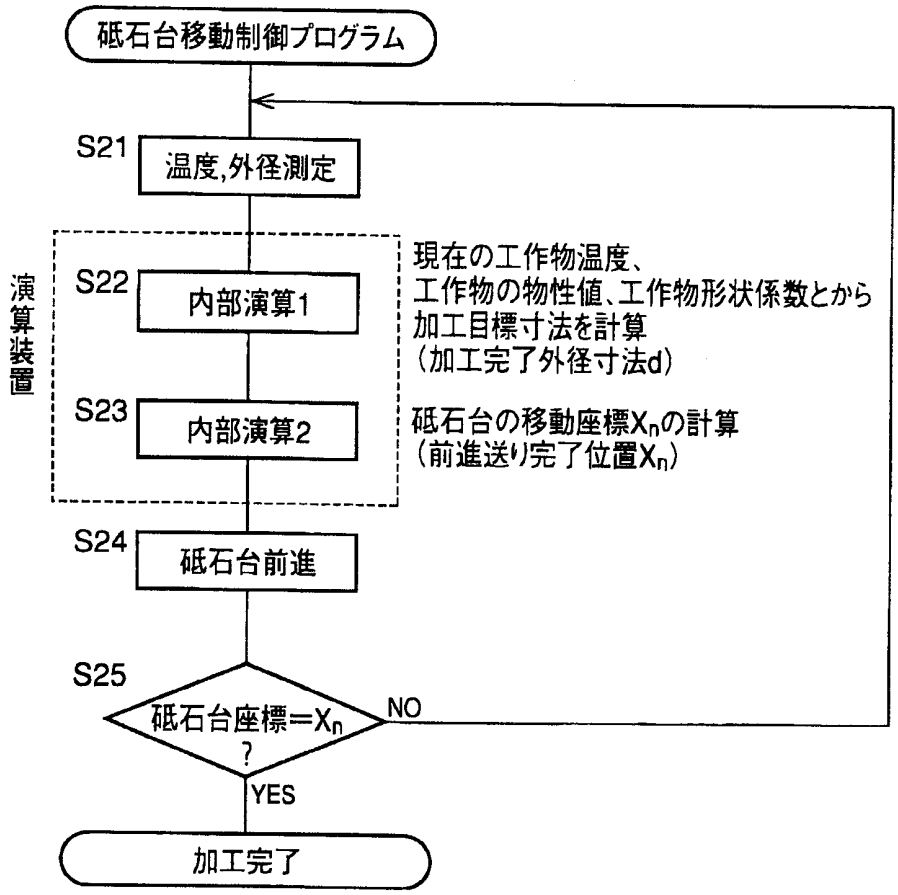
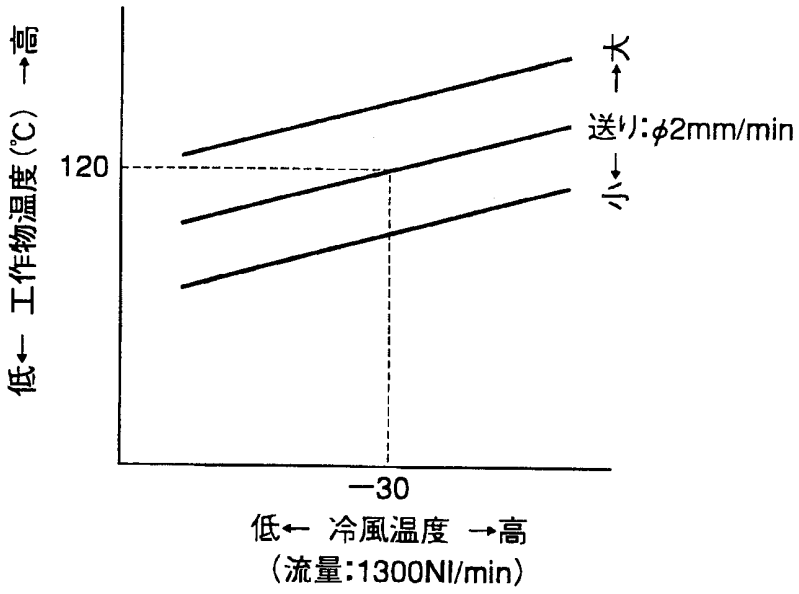

砥石台移動制御プログラム
S21
温度,外径測定
演算装置
S22
内部演算1
現在の工作物温度、
工作物の物性値、工作物形状係数とから
加工目標寸法を計算
(加工完了外径寸法d)
S23
内部演算2
砥石台の移動座標Xnの計算
(前進送り完了位置Xn)
S24
砥石台前進
S25
砥石台座標=Xn
?
NO
YES
加工完了

図 10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP98/05796

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl[6] B23Q11/10, B24B55/02, B23Q15/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl[6] B23Q11/10, B24B55/02, B23Q15/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1940-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1999
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1999 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1999

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 61-164779, A (K.K. Kyowa Tekkousho), 25 July, 1986 (25. 07. 86), Claims ; Figs. 1, 4 (Family: none)	1-6, 7-11
Y	JP, 6-59624, B (Hitachi,Ltd.), 10 August, 1994 (10. 08. 94), Claims (Family: none)	1, 3, 7, 8
Y	JP, 4-48584, B (NTN Toyo Bearing Co., Ltd.), 7 August, 1992 (07. 08. 92), Claims (Family: none)	4, 5, 9, 10
Y	JP, 7-32245, A (Komori Corp.), 3 February, 1995 (03. 02. 95), Claims (Family: none)	4, 5, 9, 10
Y	JP, 51-2676, B (Toyoda Machine Works,Ltd.), 28 January, 1976 (28. 01. 76), Claims (Family: none)	4, 5, 9, 10

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C. [ ] See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
20 April, 1999 (20. 04. 99)

Date of mailing of the international search report
11 May, 1999 (11. 05. 99)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Facsimile No.

Authorized officer

Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP98/05796

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP, 60-28635, B (Toyoda Machine Works,Ltd.), 5 July, 1985 (05. 07. 85), Claims ; column 2, line 17 to column 3, line 3 (Family: none)	4, 5, 9, 10
A	JP, 1-153271, A (Toyoda Machine Works,Ltd.), 15 June, 1989 (15. 06. 89), Claims ; Fig. 1 (Family: none)	6, 11
A	JP, 63-22044, Y (Honda Engineering K.K.), 17 June, 1988 (17. 06. 88), Claims ; Fig. 2 (Family: none)	6, 11

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ９８／０５７９６

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Ｉｎｔ．Ｃｌ[6]　Ｂ２３Ｑ１１／１０　Ｂ２４Ｂ５５／０２　Ｂ２３Ｑ１５／０２

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Ｉｎｔ．Ｃｌ[6]　Ｂ２３Ｑ１１／１０　Ｂ２４Ｂ５５／０２　Ｂ２３Ｑ１５／０２

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報　１９４０－１９９６年
日本国公開実用新案公報　１９７１－１９９９年
日本国登録実用新案公報　１９９４－１９９９年
日本国実用新案登録公報　１９９６－１９９９年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
Ｙ	ＪＰ，６１－１６４７７９，Ａ（株式会社共和鉄工所），２５．７月．１９８６（２５．０７．８６），特許請求の範囲，第１，４図，（ファミリーなし）	１－６，７－１１
Ｙ	ＪＰ，６－５９６２４，Ｂ（株式会社日立製作所），１０．８月．１９９４（１０．０８．９４），特許請求の範囲，（ファミリーなし）	１，３，７，８
Ｙ	ＪＰ，４－４８５８４，Ｂ（エヌ・テー・エヌ東洋ベアリング株式会社），７．８月．１９９２年（０７．０８．９２），特許請求の範囲，（ファミリーなし）	４，５，９，１０

☒ Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。　☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日　２０．０４．９９

国際調査報告の発送日　11.05.99

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　３Ｃ　９０３６
岡　野　卓　也

電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３２４

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ９８／０５７９６

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求の範囲の番号
Ｙ	ＪＰ，７－３２２４５，Ａ（株式会社小森コーポレーション），３．２月．１９９５（０３．０２．９５），【特許請求の範囲】，（ファミリーなし）	４，５，９，１０
Ｙ	ＪＰ，５１－２６７６，Ｂ（豊田工機株式会社），２８．１月．１９７６（２８．０１．７６），特許請求の範囲，（ファミリーなし）	４，５，９，１０
Ｙ	ＪＰ，６０－２８６３５，Ｂ（豊田工機株式会社），５．７月．１９８５（０５．０７．８５），特許請求の範囲，第２欄，第１７行－第３欄，３行，（ファミリーなし）	４，５，９，１０
Ａ	ＪＰ，１－１５３２７１，Ａ（豊田工機株式会社），１５．６月．１９８９（１５．０６．８９），特許請求の範囲，第１図，（ファミリーなし）	６，１１
Ａ	ＪＰ、６３－２２０４４，Ｙ（ホンダエンジニアリング株式会社），１７．６月．１９８８（１７．０６．８８），実用新案登録請求の範囲，第２図，（ファミリーなし）	６，１１