

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3672532号

(P3672532)

(45) 発行日 平成17年7月20日(2005.7.20)

(24) 登録日 平成17年4月28日(2005.4.28)

(51) Int. Cl.⁷

B 2 4 B 31/00

F I

B 2 4 B 31/00

C

請求項の数 7 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2001-548244 (P2001-548244)	(73) 特許権者	501078443
(86) (22) 出願日	平成12年12月28日(2000.12.28)		エクストロード ホーン コーポレイション
(65) 公表番号	特表2003-518444 (P2003-518444A)		アメリカ合衆国 ペンシルベニア州 15
(43) 公表日	平成15年6月10日(2003.6.10)		642 アーウィン ピー・オー・ボックス
(86) 国際出願番号	PCT/US2000/035463		1000 インダストリー・ブルヴァード 1
(87) 国際公開番号	W02001/047667	(74) 代理人	100088454
(87) 国際公開日	平成13年7月5日(2001.7.5)		弁理士 加藤 紘一郎
審査請求日	平成14年1月10日(2002.1.10)	(72) 発明者	ウィリアムズ, ロバート, イー
(31) 優先権主張番号	09/474,237		アメリカ合衆国 ネブラスカ州 6852
(32) 優先日	平成11年12月29日(1999.12.29)		1 リンカーン パクストン・ドライブ
(33) 優先権主張国	米国 (US)		4016
		審査官	筑波 茂樹
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 研摩材の流れによる研削を制御する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

研摩材の流れによる部品の研削処理を制御する方法であって、

- a. 研摩材の流れによる研削により生じる音響放射信号を測定し、
- b. 前記信号の高周波数成分と低周波数成分を比較して両成分の比率を求め、
- c. 前記成分が所定の比率になるのに応じて研削処理の進行を制御するステップより成る、研摩材の流れによる部品の研削処理の制御方法。

【請求項 2】

低周波数成分は 100 kHz 未満であり、高周波数成分は 100 kHz より高い請求項 1 の方法。

【請求項 3】

低周波数成分は約 20 乃至 60 kHz から選択され、高周波数成分は約 100 kHz より高い請求項 1 の方法。

【請求項 4】

研摩材の流れによる部品の研削処理を制御する方法であって、

- a. 研摩材の流れによる部品の研削により生じる音響放射信号を測定し、
- b. 前記信号の高周波数成分と低周波数成分を比較して両成分の比率を求め、
- c. 前記成分の比率が経時的に所定の変化を示すのに応じて研削処理の進行を制御するステップより成る、研摩材の流れによる部品の研削処理の制御方法。

【請求項 5】

10

20

高周波数成分は媒体の流量と相関関係があり、低周波数成分は材料の除去と相関関係がある請求項 1 または 4 の方法。

【請求項 6】

研削処理の制御ステップは研削処理を停止することより成る請求項 1 または 4 の方法。

【請求項 7】

研削処理の制御ステップは、研摩材の流量を特定の値にすることより成る請求項 1 または 4 の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の分野】

本発明は、粘弾性媒体を用いる研摩材の流れによる研削を制御する方法及び装置に関し、さらに詳細には、媒体としての研摩材の流れにより生じる音響放射信号を用いる方法に関する。

【0002】

【発明の背景】

研摩材の流れによる機械加工 (AFM) は、研削及び仕上げの方法として多くの用途において選択され、広く受け入れられるようになっている。かかる方法は特に、例えば、被加工品の内部通路の加工、複雑な表面、特に、表面の詳細部分にとって必要な三次元表面の軽研削、バリ取り、丸み付け及び平滑化並びに複雑な形状を有する多数の加工品の反復加工に特に好適である。

【0003】

ある特定の用途における研摩材の流れによる研削では、研摩材を含む粘弾性媒体を、加工すべき表面に亘って実質的な均一性が必要なオリフィスを通過させる。研摩材のキャリアとして働く粘弾性媒体は、研摩材がオリフィスに圧入されるかその表面上を運ばれる際、研摩材に作用力を与える。この媒体の流れは、被加工品の開口または表面に合致する。従って、このプロセスの利点の 1 つは、媒体が、その流れを被加工品表面と係合関係に閉じ込め拘束するように設計された部材と、被加工品表面との間に配置されると、通路を充填し且つ加工表面に亘って拡がることである。

【0004】

多くの状況において、特定の利点は、粘弾性研摩媒体がレオペクシー材料である、即ち、印加する応力と共に見かけ粘性が増加する時に得られる。通常はせん断応力または圧縮応力である応力を媒体に適当に印加すると、加工すべき被加工品の表面に亘ってプラグ流れを実質的に得ることができる。その表面には、プラグ流れによって、媒体の粘性流より実質的に大きい作用力が印加される。研摩材の流れによる研削についての基本的な従来技術の説明は、McCarty の米国特許第 3,521,412 号及び 3,634,973 号並びに Rhoades の米国特許第 3,819,343 号及び 5,125,191 号に見ることができる。

【0005】

最初の加工で所望の交差範囲外のばらつきを有する部品を同時に精密研削するために研摩材の流れによる研削を行うに際して、部品を通過させる媒体の流れを制御することは容易ではないが、その理由は、このプロセスが開口またはオリフィスのような被加工品の狭い開口または通路を通る媒体の流体流または塑性流を利用するものであるからである。これらの被加工品の例には、タービン翼、吸気マニホールド鋳造品、押出しダイス、ディーゼル噴射ノズル等が含まれる。作業は内部で行われるため、正確な仕様になるよう処理が完了した時を知るのは困難である。加えて、これらの複雑な内部通路の研摩材の流れによる研削は、研摩材媒体の状態、粒度、温度、押出し圧力及び押出される媒体の体積を含むプロセスの多数の動的変数により複雑になることが多い。種々のファクターの相互関係により、処理される部品が所望の性能基準に到達した時を判定するのは不可能なことが多い。このような場合、部品を通過する既知の機能流体流プロフィールを形成して、反復テストにより処理の完了を判定することが必要である。このような不確実性のため、不必要な作業

10

20

30

40

50

にかかる費用が生じたり、所望の仕様を得るために部品の再処理が必要となったり、必要な限界を超えて部品を処理したりする場合がある。

【 0 0 0 6 】

音響放射電圧信号の平方自乗平均 (R M S) と、研削または研摩材によるばり取りのような研摩材による研削プロセスに見られる非研摩性流加工状態との間には相関関係があることが示されている。例えば、次の論文を参照されたい。Dornfeld, D. A. and H.G. Cai, 1984, "An Investigation of Grinding and Wheel Loading Using Acoustic Emission", ASME Journal of Engineering for Industry, Vol. 106, pp. 28-33; Dornfeld, D. A. and Erickson, E, 1989, "Robotic Deburring With Real Time Acoustic Feedback Control", Mechanics of Deburring and Surface Finishing Processes, PED, Vol. 38, Eds, S 10
tango, R.J. and Fitzpatrick, P.R., ASME, New York, pp. 13-26; Dunegan, H. L., 1999, "AESMART 2000", DECI Technical Report, <http://www.deci.com>; Dunegan, H. L., 1998, "Modal Analysis of Acoustic Emission Signals", Journal of Acoustic Emission s, Vol. 15, 1-4.

R M S の研究とは別に、零交差レート、立上り時間、パルス幅及び「とがり」のような他の伝統的な音響放射特性について研究が行われている。研摩材の流れによる研削法に用いる伝統的な音響放射技術の分析についても文献がある。部品から除去される材料の量は、表面仕上げの改善と関係があることが知られている。音響エネルギー (信号の $R M S^2$) と切断深さ、従って、表面仕上げの進み具合との間の相関関係が探求されている。関係式、 $R M S = (C^* \cdot A c^* \cdot V)^{1/2}$ 、(C は研削条件と材料に依存する定数、V は媒体 20
速度、A c は押し出し通路の断面積) は、押し出し圧力と、材料除去を惹き起こす他の研摩プロセスパラメータに対して敏感である。この R M S の関係式は、媒体の体積流量と、種々の部品のオリフィス直径についての事実上の相関関係を表わすことが判明しているが、材料の除去と流量の特定の影響が上述した R M S の式において混同されている。

【 0 0 0 7 】

上述した音響放射の R M S は表面仕上げ及び材料除去とかなりの相関関係があることが判明しているが、R M S は、研摩材の流れによる研削加工の完了を判定するための複雑な流体流れのプロフィール、特に、複雑な通路及び流れの幾何学的関係との間では相関関係がない。従って、本発明の目的は、音響放射信号を用いて研摩材の流れによる研削プロセスを制御することにある。本発明の別の目的は、研摩材の流れによる研削を制御する効果的 30
で信頼性の高い方法を提供することにある。本発明の目的は、また、音響放射信号を種々の成分に分離して媒体の流量及び材料の除去を判定する一貫性のある方法を提供することにある。

【 0 0 0 8 】

【 発明の概要 】

本発明によると、研摩材の流れによる部品の研削処理を制御する方法であって、研摩材の流れによる研削により生じる音響放射信号を測定し、前記信号の高周波数成分と低周波数成分を比較して両成分の比率を求め、前記成分が所定の比率になるのに応じて研削処理の進行を制御するステップより成る、研摩材の流れによる部品の研削処理の制御方法が提供される。 40

また、本発明によると、研摩材の流れによる部品の研削処理を制御する方法であって、研摩材の流れによる部品の研削により生じる音響放射信号を測定し、前記信号の高周波数成分と低周波数成分を比較して両成分の比率を求め、前記成分の比率が経時的に所定の变化を示すのに応じて研削処理の進行を制御するステップより成る、研摩材の流れによる部品の研削処理の制御方法が提供される。

音響放射信号の低周波数成分は材料除去及び表面粗さの減少と関連性があるが、一方、高周波数成分は媒体の高い流量に関連がある。2つの成分の間の比率は通常、プロセスの進行を示すが、ある特定の用途、例えば、丸み付けについては、材料除去が主要な関心事であり、低周波数信号を用いてこのプロセスの制御が行われる。この比率は、所望の材料除去または媒体の特定流量を得るために利用することができる。研摩材による研削プロセス 50

を制御するためにこの比率を使用するのは、単一の比率または経時的な比率の変化があるからである。プロセスの制御を行う、あるいは所与の部品または通路につき媒体の流れを停止する比率は、粘弾性媒体の特性、例えば、粒度、部品の材質、例えば、アルミニウムまたはスチールもしくは他の金属、砥粒機に用いる圧力により異なる。流れを停止し、別の部品の加工を行う数は、粘弾性媒体の特性、例えば、粒度、部品の材質、例えば、アルミニウムまたはスチールもしくは他の金属及び砥粒機に用いる圧力により異なる。

【0009】

一般的に、音響放射の発生源は、平面内 (IP) と平面外 (OOP) の両方がある。衝撃及び摩擦のような雑音発生源はOOPであり、エネルギーの大部分は、例えば100kHz未満の低周波数の曲げ波 (flexure wave) と、通常は100kHzより高い高周波数のせん断波である a_0 により、その発生源から運び去られる。亀裂の成長はIP発生源であり、エネルギーの大部分は、100kHzより高い高周波数伸長波 (extensional wave) と、100kHzより高い高周波数せん断波である S_0 により、発生源から運び去られる。板の表面が研磨中の場合、 S_h (水平または表面に平行) と、 S_v (垂直または表面に鉛直な) 高周波数せん断波が共に発生する。 S_v 波のモードは板の中で低周波数曲げ波に変換されるが、 S_h 波はモードを変換せずに高周波数成分を維持することがわかっている。 S_v 波のうち高い割合が、より粗い被加工品の表面で発生する。

10

【0010】

研磨材の流れを見ると、入口の流れと、完全に展開した状態または定常状態の流れの2つの状態が存在する。入口の流れのうち優勢な流れモードは伸長流であり、主要なひずみ方向は表面に平行かつ鉛直である。平行な方向でひずみエネルギーが突然解放されるとせん断波が発生するが、一方、鉛直な方向でひずみエネルギーが突然解放されると低周波数の曲げ波 (a_0) が生じる。入口の流れにより除去される材料の量に依存して、低周波数の曲げ波 (a_0) が、高周波数のせん断波の他に発生する。完全な展開状態あるいは定常状態の領域の媒体の流れでは、単純なせん断ひずみが優勢である。これにより生じる優勢な波は、 S_h 及び S_v の高周波数せん断波である。

20

【0011】

従って、被加工品の出発表面が「粗い」場合の研削加工スタート時、音響放射の主たる発生源は低周波数曲げ波である。これは、大きい材料除去速度及び表面の粗さの改善に対応する。表面が滑らかになり、研磨材の流れによる典型的な研削流れラインが形成されると、音響放射の主たる発生源は高周波数のせん断波となる。これは、媒体の大きな流量または被加工品表面の低い流れ抵抗と関連があり、他のファクターは一定である。従って、本発明の方法は、処理の間に生じる音響信号の高周波数せん断波成分と、低周波数曲げ波成分とを測定する。この方法は研磨材の流れによる研削加工にとって特に有利であるが、音響信号成分を発生させる他のかかるプロセスにも利用できる。従って、本発明の他の利点は、添付図面を参照して、本発明の現在において好ましい実施例についての以下の詳細な説明を読めば明らかになるであろう。

30

【0012】

【好ましい実施例の説明】

本発明は、アルミニウム製の吸気マニホールドの研磨材の流れによる研削加工につき実行される作業に関連して詳細に説明する。データは、「AESMART 2000 (商標登録済み)」と呼ばれる、DuneganEngineering Consultants, Inc.製の音響放射検知器を用いて得られた。この装置は、SE9125-MまたはSE-900MWBセンサーと、2つの周波数フィルタを用いている。一方のフィルタは20-60kHzのバンドパス・フィルタであり、もう一方は100kHzのハイパス・フィルタである。変換器は低周波数範囲で変位に感応し、高周波数範囲で速度に感応する。変換器はまた、高周波数の S_h 及び S_v せん断波を検知することができる。AESMART装置は、変換器からの信号をバンドパスされる20-60kHzのLFと、ハイパスされる100kHzのHFの2つの周波数帯域に分割する。これら2つの周波数帯域における信号は、アナログピークを検知し、A/Dコンバータが読み取る。その後、ピーク電圧のHF/LF比をコンピュータが

40

50

計算する。

【 0 0 1 3 】

本発明によると、 $H F / L F$ 比は、粗い表面の存在や、先端部分、ばり及び端縁部の除去のため、研磨材の流れによる研削プロセスの初期において小さく、さらに処理を進めると増加する。高周波数せん断波は、研磨材の流れによる研削が進行するにつれて、低周波数曲げ波に対して優位を占めるようになる。この比率は、流れを制御することによりいつ研削を停止するかを示す効果的な指標となる。

【 0 0 1 4 】

通路壁の表面の滑らかさを最適化するプロセスにおける研磨材の流れ制御は、高周波数成分と低周波数成分の比率が1または負の値に接近すると開始される。

10

【 0 0 1 5 】

このプロセスの目的が所望の流量仕様の通路を形成することにある場合（その仕様は最適の表面滑らかさ以下である）、研磨材の流れの制御は、比率の経時的な所定変化に応じて行う。

【 0 0 1 6 】

$H F / L F$ 比及び音響放射信号が、アルミニウム製吸気マニホールドを研磨材の流れにより処理する時に得られた。これらのテストは、フルスケールの製造にとって普通の研磨材流れプロセス条件で行われた。そのテストの主な目的は、（1）音響放射信号（ $H F / F F$ 比）と、マニホールドにおける空気流の変化の相関関係を求め、（2）音響放射の処理時における高周波数成分と低周波数成分の挙動を判定することであった。

20

【 0 0 1 7 】

吸気マニホールドの典型的な空気流プロフィールを形成するが、このプロフィールは、流れベンチ上のマニホールドを測定して、所与数のサイクルにつきその部品に研磨材の流れによる研削を施した後、マニホールドを清浄にし、空気の流れを再び測定することにより形成される。図1は、研磨材の流れによる研削プロセスの間における経時的な平均 $H F / L F$ 比の変化を示す。その比率はプロセスの開始時に低く、媒体の流れ体積の大きさが増加するに従って徐々に増加した。最終的に、その比率は安定化し、曲線の勾配はほとんど0になった。定性的に見ると、この $H F / L F$ 曲線は空気流プロフィールと形状が非常によく似ている。限られた実験（4回のトライアル）をテスト部品につき行い、 $H F / L F$ 比と、空気流の正確な変化についての相関関係を求めた。相関係数 r は、非常に大きく0.99であった。

30

【 0 0 1 8 】

図2は、マニホールドを処理する間、高周波数成分と低周波数成分をそれぞれ別個に示したものである。低周波数成分は研磨材の流れによる研削プロセスの開始時に大きく、わずかに減少した後、一定となった。高周波数部分は、プロセス開始時に急激に増加した後、音響放射信号の大きな部分を占めた。

【 0 0 1 9 】

研磨材の流れによる研削で除去される材料の量は、被加工品の材質、媒体の粘性、押出し圧力及び研磨粒子のタイプ及びサイズにより決まる。図3は、一定の粘性の媒体（ $M V$ ）と、種々のサイズの炭化珪素研磨材で行ったテストの結果を示す。これらの傾向は、研磨材の流れによる研削の $H F / L F$ 比に関する我々の初期の理論と非常によく一致する。 $H F / L F$ 比は、粒度が500の小さな研磨材では、非常に大きかった。研磨材の流れによる研削に大きな粒度（例えば粒度70）の粒子を用いると、より多くの材料を除去され、 $L F$ 成分が優勢となるであろう。

40

【 0 0 2 0 】

これは、図3に見られるように、 $H F / L F$ 比がより低いことを意味する。この効果は、スチール及びアルミニウムの被加工品の両方について行ったテストで同じであった。 $H F / L F$ 比の長期傾向は、テストの非常に短い時間枠（100秒）では見られないものである。

【 0 0 2 2 】

50

本発明の現在において好ましい実施例を図示説明したが、本発明は頭書の特許請求の範囲内において他の態様で実施可能である。

【図面の簡単な説明】

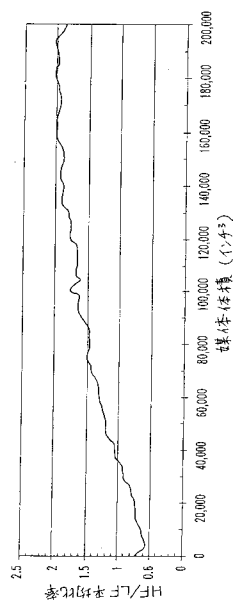
【図 1】 図 1 は、媒体体積の関数としての放射の高周波数成分対低周波数成分の平均比率を表わすグラフである。

【図 2】 図 2 は、高周波数成分と低周波数成分の平均音量を示すグラフである。

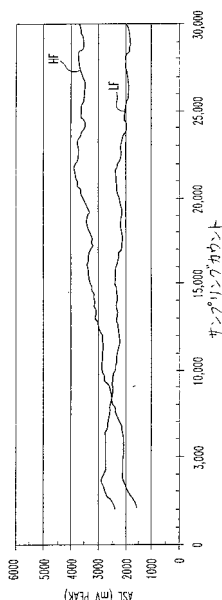
【図 3】 図 3 は、媒体の種々の粒度に対しその比率を時間の関数として示すグラフである。

【図 4】 図 4 は、研磨材による電気放電研削の電流を変化させる時間の関数として平均比率を示すグラフである。

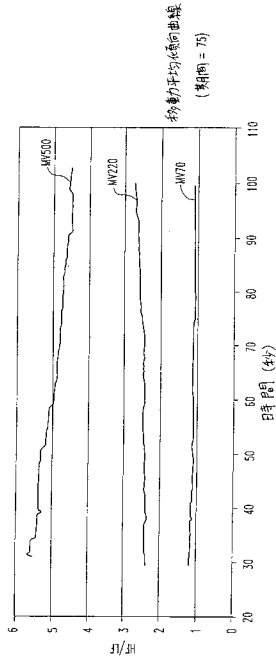
【 図 1 】



【 図 2 】

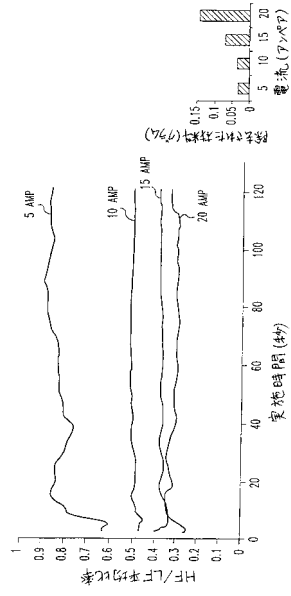


【 図 3 】



移動平均係数の曲線
(期間 = 75)

【 図 4 】



フロントページの続き

(56)参考文献 特公昭62-016789(JP, B2)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

B23Q15/00-15/28

B23Q17/00-17/24

B24B31/00,

B24B49/00-49/18