

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-8821

(P2008-8821A)

(43) 公開日 平成20年1月17日(2008.1.17)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)  
 GO 1 M 19/00 (2006.01) GO 1 M 19/00 Z 2 GO 2 4

審査請求 有 請求項の数 16 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2006-181078 (P2006-181078)	(71) 出願人	504203572 国立大学法人茨城大学 茨城県水戸市文京2丁目1番1号
(22) 出願日	平成18年6月30日 (2006.6.30)	(74) 代理人	100074631 弁理士 高田 幸彦
		(72) 発明者	篠塚 淳 茨城県日立市中成沢町4-12-1 国立大学法人 茨城 大学 工学部内
		Fターム(参考)	2G024 AD09 BA18 DA15 DA25 EA13

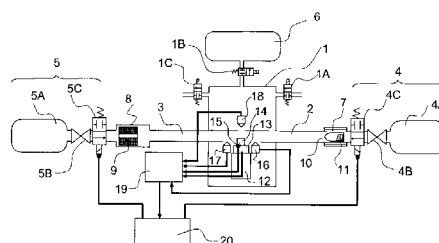
(54) 【発明の名称】 高速切削試験装置

(57) 【要約】

【課題】 管路内に装填した切削工具を圧縮気体により加速させて、管路に接続した切削雰囲気制御できる加工チャンバ内に設置した被削材の一部を高速で削り、切削終了後も高速で飛翔し続ける工具と切りくずを、切削過程以外の変形や損傷を受けること無しに停止させる機能を有する高速切削試験装置を提供する。

【解決手段】 小型の切削工具の切れ刃を内蔵した飛翔容器を、管路内で圧縮気体により加速させ、加工チャンバ内で切削過程を実現させる。切削過程で生成した切りくずは切削工具を内蔵した飛翔容器の中に格納する。切削終了後も管路内を飛翔しつづける切削工具と切りくずを内蔵した飛翔容器に対し飛翔方向から圧縮気体により減速力を負荷させて、衝撃吸収材などに衝突すること無しに飛翔容器を所定の個所で停止させる。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

切削試験用の切れ刃を設置した飛翔体容器を被削材に飛翔させ、該被削材の一部を削る高速切削過程により切削試験を行う高速切削試験装置であって、  
前記飛翔体容器に密に内接する第 1 の管路と、  
該第 1 の管路の一端から該第 1 の管路に供給する圧縮気体を収納する第 1 圧力容器と、  
該第 1 の管路の一端と該第 1 圧力容器の間に設けた第 1 開閉弁と、  
前記飛翔体容器に密に内接する第 2 の管路と、  
該第 2 の管路の一端から該第 2 の管路に供給する圧縮気体を収納する第 2 圧力容器と、  
該第 2 の管路の一端と該第 2 圧力容器の間に設けた第 2 開閉弁とからなり、  
該第 2 の管路と該第 2 の管路を同一直線上に配置し、前記被削材は該第 1 の管路の他端と該第 2 の管路の他端の間に配置し、該第 1 開閉弁を作動させた後、該第 2 開閉弁を作動させる構成としたことを特徴とする高速切削試験装置。

10

## 【請求項 2】

請求項 1 記載の高速切削試験装置において、前記第 1 圧力容器又は前記第 1 圧力容器に収納する圧縮気体の圧力を調整する手段を設け、前記飛翔体容器が前記第 2 の管路の出側において停止するよう前記圧縮気体の圧力を調整することを特徴とする高速切削試験装置。

## 【請求項 3】

請求項 1 記載の高速切削試験装置において、該第 1 の管路の他端と該第 2 の管路の他端は接続され前記被削材を収容し大気から隔離するチャンバを設けたことを特徴とする高速切削試験装置。

20

## 【請求項 4】

請求項 3 記載の高速切削試験装置において、該チャンバに接続され該チャンバを真空排気する真空排気装置を設けたことを特徴とする高速切削試験装置。

## 【請求項 5】

請求項 3 記載の高速切削試験装置において、該チャンバに接続され該チャンバを大気開放する大気開放弁を設けたことを特徴とする高速切削試験装置。

## 【請求項 6】

請求項 3 記載の高速切削試験装置において、該チャンバに接続され該チャンバに特定の気体を導入する気体導入弁を設けたことを特徴とする高速切削試験装置。

30

## 【請求項 7】

請求項 1 記載の高速切削試験装置において、該第 1 の管路の他端と該第 2 の管路の他端の間に、前記被削材の近傍に飛翔してきた前記飛翔体容器を検出する検出器を設置し、該検出器の出力により前記第 1 開閉弁を閉じることを特徴とする高速切削試験装置。

## 【請求項 8】

請求項 1 記載の高速切削試験装置において、該第 1 の管路の他端と該第 2 の管路の他端の間に、前記被削材の近傍に飛翔してきた前記飛翔体容器を検出する検出器を設置し、該検出器の出力により前記第 2 開閉弁を開くことを特徴とする高速切削試験装置。

## 【請求項 9】

請求項 1 記載の高速切削試験装置において、前記被削材の前方又は後方に飛翔してきた前記飛翔体容器を検出する検出器を設置し、該検出器の出力により前記第 1 開閉弁を閉じることを特徴とする高速切削試験装置。

40

## 【請求項 10】

請求項 1 記載の高速切削試験装置において、前記被削材の前方又は後方に飛翔してきた前記飛翔体容器を検出する検出器を設置し、該検出器の出力により前記第 2 開閉弁を開くことを特徴とする高速切削試験装置。

## 【請求項 11】

請求項 1 記載の高速切削試験装置において、前記被削材の前方に飛翔してきた前記飛翔体容器を検出する第 1 検出器を設置し、該第 1 検出器の出力により前記第 1 開閉弁を閉じ

50

るとともに、前記被削材の後方に飛翔してきた前記飛翔体容器を検出する第2検出器を設置し、該第2検出器の出力により前記第2開閉弁を開くことを特徴とする高速切削試験装置。

【請求項12】

請求項1記載の高速切削試験装置において、前記被削材は該第1の管路の他端と該第2の管路の他端の間に配置されたステージの上に設置され、削られる前記被削材の厚さの調整は、前記ステージの高さを制御することにより行う構成としたことを特徴とする高速切削試験装置。

【請求項13】

請求項1記載の高速切削試験装置において、前記飛翔体容器の飛翔方向前部に切りくず収納空間を有するキャップ部を設けたことを特徴とする高速切削試験装置。 10

【請求項14】

請求項12記載の高速切削試験装置において、前記切削工具刃先と前記キャップ部の間に前記被削材を導入する導入口を設けたことを特徴とする高速切削試験装置。

【請求項15】

請求項12記載の高速切削試験装置において、前記キャップ部に切り取る前記被削材の干渉を防止する窪みを設けたことを特徴とする高速切削試験装置。

【請求項16】

請求項1記載の高速切削試験装置において、前記第2の管路の一端に飛翔容器回収容器を設け、該飛翔容器回収容器の断面積を前記第2の管路の断面積より大きくしたことを特徴とする高速切削試験装置。 20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、高速切削速度と切削雰囲気とが切削機構や加工仕上げ面品位に及ぼす影響を実験的に検討するための高速切削試験装置に関する。

【背景技術】

【0002】

切削速度を高速化すると、切削時間の短縮による加工能率の向上効果のほか、焼き入れ鋼などの高強度材料をそのまま切削加工できることや、切削仕上げ面の加工変質層の低減など切削性能が向上する効果があると期待されており、高速回転の主軸機構や高速送り機構の開発など、切削速度を高速化するための工作機械の要素技術の進歩は目覚ましい。 30

【0003】

しかしながら、高速切削速度が切削機構（切りくず生成機構、切削力、切削温度、加工仕上げ面品位、工具損傷など）に及ぼす影響については不明な点が多いため、切削速度を高速化すればするほど切削性能が向上するのか、どこまで高速化できるのか、高速切削速度には限界があるのか、などについては不明な点が多い。

【0004】

さらに高速切削過程では、切削温度が高いため切削仕上げ面表層の温度も高くなり、切削仕上げ面の界面での化学的反応が切削仕上げ面品位に大きな影響を与えられ、切削速度による影響のほか切削雰囲気も考慮に入れた高速切削過程の切削機構の解明が望まれている。 40

【0005】

こうした切削雰囲気も考慮に入れた高速切削過程の切削機構を解明するためには、切削雰囲気が制御可能で高速切削過程を実現できる加工装置を用いて、切削雰囲気と切削速度が、切りくず生成状態、切削力や切削温度、切削仕上げ面品位や工具損傷状態に及ぼす影響を実際に高速切削を行って体系的に調べ、得られた結果を包括的に検討することが必要である。

【0006】

切削速度や切取り厚さなどの切削条件が、切りくず生成状態や切削力や切削温度などの 50

切削機構に与える影響を切削実験により解明するための切削形式は、平面状の加工物（被削材）の表面を切取り厚さを一定として切削する平削り形式が、二次元切削過程も容易に実現でき、また後の分析も行い易いので有利である。

【0007】

これまでに提案されている上記の切削形式による高速切削試験装置には、被削材を弾丸として、これを火薬の爆発による高圧力により高速で飛翔させ、銃口付近に設置した工具が弾丸状の被削材の一部を削り取る方法がある。

【0008】

非特許文献1, 2はその例を示す。

【0009】

一方、工具を先端に設置した棒を管路内に挿入し、棒を圧縮気体の圧力により加速させて、静止させた被削材の一部を削り取る方法、逆に被削材を先端に設置した棒を管路内に挿入し、棒を圧縮空気の圧力により加速させて、静止させた工具により被削材の一部を削り取る方法、さらに両者を組み合わせて工具と被削材の両方を加速させて高速切削過程を実現する方法がある。

10

【0010】

非特許文献3, 4, 5はその例を示す。

上記のいずれの方法も、高速切削過程の切削力や切削温度は、固定している工具あるいは被削材の下部に力測定器や温度測定器を設置することで把握できる。

【0011】

また切削雰囲気は大気と隔離するように切削が行われる領域を密閉するか、あるいは装置全体が大気と隔離できる空間に設置すれば、切削雰囲気の影響も考慮可能である。

20

この中で、大きな設備を要せずに手軽に高速切削実験を行うためには、1.0MPa未満の圧縮気体を使用するのが良い。

【0012】

被削材を加速させる方法では、切削距離を長くするには加速する被削材の質量が増加してしまい速度を上げることが困難となること、また工具や被削材を設置した棒を加速させる方法も棒の質量を軽量化することが困難であるため、やはり高速に飛翔させるのが困難となる。

【0013】

一方、工具を飛翔させる方法は、切削工具の切れ刃部分があれば全体を小型化することは可能であり質量を小さくすることができる。

30

そこで、小型の工具を圧縮気体で加速させる方法が適していると言える。

【0014】

ところで切削実験において、切削過程で生成する切りくずは、その厚さからせん断角の大きさやせん断ひずみ量、その形態から切りくず生成機構が把握できるため、切削機構を解明する上で非常に重要である。

【0015】

高速で飛翔する切削工具の切れ刃が停止している被削材を切削する場合、生成する切りくずは、概ね工具と同程度の大きさの速度で工具と共に飛散する。

40

【0016】

切削終了後も高速で飛翔する工具と切削過程で生成した切りくずは、実験装置の大きさの制限により短い距離で停止させる必要があるため、これまでの技術によると、何らかの衝撃吸収材に直接これらを衝突させることで強制的に運動エネルギーを消費させ停止させていた。

【0017】

【非特許文献1】田中義信，津和秀夫，角園睦美，“超高速切削に関する研究（第1報）”，精密機械，30巻，8号，（1964） p.637-644.

【非特許文献2】貴志浩三，江田弘，上野秀雄，“1200m/sに及ぶ超高速切削における表面創成（第1報）-超高速実験装置の試作と若干の実験-”，精密機械，46巻，12号，（19

50

80) p.1499-1505.

【非特許文献3】G.Sutter, A.Molinari, L.Faure, J.R.Klepaczko, D.Dudzinski, "An Experimental Study of High Speed Orthogonal Cutting", Transaction of ASME Journal of Manufacturing Science and Engineering, Vol.120, February, (1998) p.169-172

【非特許文献4】K.M.Vernaza-Pena, J.J.Mason and M.Li, "Experimental Study of the Temperature Field Generated During Orthogonal Machining of an Aluminum Alloy", Experimental Mechanics, Vol.42, No.2, June, (2002) p.221-229.

【非特許文献5】J.Shinozuka and T.Obikawa, "Development of Orthogonal Impact Cutting Testing Machine", Key Engineering Materials, Vols.291-292, August, (2005) p.507-512. 10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0018】

しかしながらこれまでの技術によると、高速で飛翔する工具や切りくずが衝撃吸収材に衝突すると、その衝撃力により工具や切りくずは変形あるいは何らかの損傷を受ける可能性がある。

【0019】

これらの変形や損傷が切削過程によるものなのか、あるいは衝撃吸収材に衝突した時に受けたものなのかを見分けるのは困難であり、実験後の分析に大きな支障を来たす問題がある。 20

特に降伏強度が小さい被削材の場合は、この問題が顕著になる。

さらに、不連続切りくずを生成するような場合では、切削機構の解明に重要な切りくずを紛失してしまうという問題もある。

【0020】

切りくずは、上記のように切削機構を把握する上で非常に重要であるから切削過程で生成したままの状態を回収する必要がある。

【0021】

そこでこの発明は、望ましくは大気と隔離して切削雰囲気制御できる環境内で、管路内に設置した小型の切削工具の切れ刃を圧縮気体により加速させ、管路に接続する加工チャンバ内に設置した被削材の一部を削ることで高速切削過程を実現し、切削終了後も高速で飛翔し続ける工具と切りくずに対しては、切削過程以外の変形や損傷を受けること無しに停止させる機能を有する高速切削試験装置を提供することを課題とする。 30

【課題を解決するための手段】

【0022】

以上の課題を解決するために、本発明に係わる高速切削試験装置の主要な特徴は以下のとおりである。

【0023】

小型の切削工具の切れ刃を内蔵した飛翔容器を管路内に装填し、圧縮気体でこれを高速に加速させ、管路に接続する加工チャンバ内に設置した被削材の一部を削ることで切削過程を実現し、切削終了後も管路内を飛翔し続ける飛翔容器に対して、飛翔方向から圧縮気体の圧力により減速力を負荷させて飛翔容器を衝撃吸収材などに衝突させること無しに管路内で停止させる機能を有する。 40

小型の切削工具の切れ刃を内蔵した飛翔容器には、切削過程で生成した切りくずをその内に格納する機能を有する。

【0024】

切削終了後に、切削工具の切れ刃と切りくずを内蔵した飛翔容器を衝撃吸収材などに衝突させること無しに管路内で停止させる機能により、切りくずと切削工具の切れ刃を切削過程以外の変形や損傷を受けること無しに回収することができる。

【0025】

小型の切削工具の切れ刃を内蔵した飛翔容器が飛翔する管路と、切削過程を実現する加工チャンバは大気と隔離され、これら内部の雰囲気制御できる機能を有する。

【発明の効果】

【0026】

本発明の高速切削試験装置によれば、高速で飛翔する飛翔容器を停止させる際に衝撃吸収材等に衝突させる時のような衝撃力が飛翔容器に働かないため、飛翔容器全体、すなわち切削工具の切れ刃と切りくずを切削過程の状態のままで回収することができる。

【0027】

回収した切削工具の切れ刃と切りくずから、高速切削速度における切りくず生成機構が把握でき、工具すくい面や逃げ面の摩耗状態や欠損状態から高速切削過程における工具損傷状態を把握することができる。

10

これに付して、被削材下部に設置した力測定器や温度測定器により、高速切削過程の切削力や切削温度が把握できる。

【0028】

さらに切削仕上げ面の表面性状や断面組織の状態、残留応力状態などを分析することにより、加工雰囲気の影響も考慮に入れて高速切削過程の切削機構を実験的に検討することができ、高速切削過程の切削諸現象を包括的に明らかにすることができる利点がある。

【発明を実施するための最良の形態】

【0029】

発明を実施するための最良の形態を図1から図9を用いて説明する。

20

【実施例】

【0030】

この発明の一実施形態を図1に示す。

【0031】

本発明の高速切削試験機は大きく分類して、その中において切削過程を実現し、切削力や切削温度を測定する加工チャンバ1、切削工具11を内蔵した飛翔容器10、該飛翔容器10を加速する管路2、該飛翔容器10を減速停止させる管路3、該飛翔容器10を加速させるための圧縮気体供給装置4、該飛翔容器10を減速停止させるための圧縮気体を噴射する圧縮気体供給装置5で構成される。

【0032】

30

管路2と管路3は、同一直線上に配置され、管路2により加速された飛翔容器10は管路3に導入されるが、所定の時間後、圧縮気体供給装置5より供給される圧縮気体により、管路3の終端において停止させる。

加工チャンバ1、管路2、管路3は大気と隔離した機構となっており、内部の雰囲気を真空や特定の気体で特定の圧力に制御することができる機構となっている。

【0033】

真空排気装置6と加工チャンバ1の中間にある電磁弁1Bは真空排気用の電磁弁であり、電磁弁1Aは真空引き後にチャンバ1、管路2、管路3の内部の雰囲気を特定の気体で特定の圧力にするための気体導入弁であり、電磁弁1Cはチャンバ1、管路2、管路3の内部の雰囲気を大気に開放するための電磁弁である。

40

【0034】

飛翔容器10の加速用の圧縮気体供給装置4は、圧縮気体を貯蔵する圧力容器4A、安全用の手動開閉弁（ボールバルブ）4B、圧力容器4A内の圧縮気体の開閉を遠隔操作できる弁4Cで構成される。

【0035】

同様に、飛翔容器10の減速用の圧縮気体供給装置5は、圧縮気体を貯蔵する圧力容器5A、安全用の手動開閉弁（ボールバルブ）5B、圧力容器5A内の圧縮気体の開閉を遠隔操作できる弁5Cで構成される。

上記の電磁弁は、全て常時閉の仕様である。

【0036】

50

チャンバ1内には、静的にも動的にも高剛性を有し、かつ高さをミクロン単位で微調整できる高さ調整装置12を設置する。

高さ調整装置12の上には、切削力を測定する力測定器13を設置し、その上に被削材14を設置する。

【0037】

切削温度を測定するための温度測定器15は、被削材の内部あるいはその近傍に設置する。

切削温度は、例えば被削材14に熱電対を埋め込んでおき、切削時の熱起電力の変化から把握する。あるいは被削材14付近に切削点近傍及び切削仕上げ面に焦点を合わせることができる赤外線放射温度計等を設置し、その出力から切削温度を把握する。

10

【0038】

切取り厚さは、高さ調整装置12により被削材を上下させて制御する。

管路2と管路3の間に配置された被削材14の近傍には、飛翔容器10が通過したことを検知するための、透過型あるいは回帰反射型あるいは拡散反射型の光電センサ16と17を設置する。

【0039】

被削材14の圧縮気体供給装置4側にある光電センサ16は、切削直前の飛翔体の通過を検知し、被削材14の圧縮気体供給装置5側にある光電センサ17は、切削直後の飛翔体の通過を検知する。

【0040】

被削材近傍に設置した速度測定器18は、光あるいは電磁波を飛翔体表面に放射し、飛翔体表面で反射した光あるいは電磁波の受光量の時間変化を計測する。

20

切削速度は、この受光量の変化を解析して把握する。

【0041】

力測定器13、温度測定器15、光電センサ16、光電センサ17、速度測定器18からのそれぞれの信号は配線により、チャンバ1の外に設置する各センサの増幅器とオシロスコープなどの記録計で構成される計測装置19に取り込まれる。

計測装置19に取り込まれた信号の一部は、弁4Cと弁5Cの開閉を自動制御する弁開閉制御装置20に取り込まれる。

【0042】

弁開閉制御装置20は、計測装置19の信号を電子的に解析し、切削開始と切削終了を判断し、その結果に基づき弁4Cと弁5Cの開閉を制御する。

30

なお弁開閉制御装置20には、予め開閉時間を手動で調節して設定できる調整機構を含ませておき、計測装置19からの信号が無くても、弁4Cを開けてから設定時間後に弁4Cを閉じ、また同様に設定時間後に弁5Cを開ける信号を送る機能を含ませる。

【0043】

管路2と管路3はチャンバ1の中心でそれぞれの軸芯が一致するように連結されており、連結部には被削材の一部を管路内に挿入するための切込み溝を設けてある。

同様に、光電センサ16、光電センサ17、速度測定器18の光あるいは電磁波を管路内に投入するための穴あるいは切込み溝も、チャンバ1の中の管路2と管路3には設けてある。

40

【0044】

次に本発明の高速切削試験装置の動作について説明する。

まず、切削工具11を内蔵した飛翔容器10を、管路2に接続する飛翔容器装填口7より、管路2内に装填する。

【0045】

次に、チャンバ1、管路2、管路3の内部の雰囲気制御のために、チャンバ1にある電磁弁1Bを開き、真空排気装置6を用いて真空引きを行う。

真空引きの後、切削雰囲気を特定の気体に制御する場合は、弁1Aを開け、特定の気体を特定の圧力になるまで導入する。

加速用と減速用の安全弁4Bと5Bを開ける。

50

実験開始時点で、加速用の弁4Cを電子制御で開き、飛翔容器10に圧縮気体の圧力を一気に負荷させ、該飛翔容器10を加速させる。

【0046】

飛翔容器10の運動の時間変化を概算する方法を図2(a)から図2(c)を用いて説明する。

概算過程では、簡単のために圧力損失、飛翔容器10に負荷する空気抵抗、飛翔容器10の表面と管路2や管路3の壁面との圧力の漏れや摩擦、切削力などを無視し、さらに弁4B、弁4C、弁5B、弁5Cの体積を無視して、飛翔容器10の運動方程式を解く。

【0047】

図2(a)に示すように、圧縮気体供給装置4の圧力容器4Aの初期圧力を $P_4$ 、圧力容器4Aの体積を $V_4$ 、管路2の体積を $V_2$ 、管路3(飛翔容器回収容器8の体積も含める)の体積を $V_3$ 、管路2と管路3の断面積を $A$ 、チャンバ1の体積を $V_1$ 、圧縮気体供給装置5の圧力容器5Aの初期圧力を $P_5$ 、圧力容器5Aの体積を $V_5$ 、飛翔容器10の質量を $m$ とし、飛翔容器10の装填位置からの移動距離を $x$ とする。

弁4Cを開くと、飛翔容器10を加速するために飛翔容器10には圧力 $P_a$ が負荷する。

【0048】

圧力 $P_a$ は、飛翔容器10の移動距離 $x$ に応じて減少し、 $P_a = V_4 \times P_4 / (V_4 + A \times x)$ となる。

したがって、飛翔容器10の移動距離が $x$ の時、飛翔容器10は、 $a_1 = A \times P_a / m$  ( $>0$ )なる加速度で飛翔し、弁4Cを開けてからの飛翔容器10の移動速度は、加速度を時間積分することにより概算できる。

飛翔容器10が被削材14に近づき、光電センサ16からの信号に基づく計測装置19の信号により弁開閉制御装置20が切削開始直前を検知したら、弁開閉制御装置20は弁4Cを閉じる信号を出し、弁4Cを自動的に閉じる。

【0049】

この時の様子を、図2(b)に示す。

この時、管路2と管路3とチャンバ1の圧力は均一となり、その圧力は $P_0 = V_4 \times P_4 / (V_1 + V_2 + V_3)$ となり、飛翔容器10には加速あるいは減速させる圧力が等しく作用する。

弁4Cを開けてから所定時間経過した後、光電センサ17からの信号に基づく計測装置19からの信号により弁開閉制御装置20が切削終了を検知したら、弁開閉制御装置20は弁5Cを開ける信号を出し、飛翔容器10に圧力容器5Aから供給される圧縮気体の圧力により減速力を負荷させる。

【0050】

この時の様子を、図2(c)に示す。

弁5Cを開けた直後の、管路3内の圧力 $P_{d0}$ は、 $P_{d0} = (P_5 \times V_5 + P_0 \times V_3) / (V_5 + V_3)$ である。

飛翔容器10を減速させるための圧力 $P_d$ は、飛翔容器10の移動距離に応じて増加し、 $P_d = (V_3 + V_5) \times P_{d0} / (V_2 + V_3 + V_5 - A \times x)$ となる。

【0051】

一方、飛翔容器10が管路3内を移動するに伴い、チャンバ1と管路2の圧力 $P'_a$ もまた飛翔容器10に作用する。

その圧力 $P'_a$ は、飛翔容器10の移動距離に応じて減少し、 $P'_a = P_0 \times (V_1 + V_2) / (V_1 + A \times x)$ である。

【0052】

以上より、飛翔容器10が管路3内を移動するとき、飛翔容器10には、 $a_2 = (-P_d + P'_a) / m$  ( $<0$ )なる減速の加速度を受けながら運動することになる。

このようにして時間に対する飛翔容器10の装填位置からの移動距離と速度は、加速度を逐次時間積分することにより求めることができる。

減速力を受ける飛翔容器10は、弁4Cを開けてから所定時間経過した後、飛翔容器回収容器8の中で速度が0となり停止する。

【0053】

飛翔容器回収容器8の断面積は管路3の断面積よりも大きいので、飛翔容器10が飛翔容器回収容器8の中で速度が0になってもなお減速用の圧縮気体が作用し続けたとしても、圧力

10

20

30

40

50



は飛翔容器10と飛翔容器回収容器8の内壁の隙間から抜けるために、圧力が十分に負荷しなくなり飛翔容器10が管路3の中をチャンバ1の方へ押し戻されること無い。

【0054】

飛翔容器回収容器8の中に設置した衝撃緩衝材9は、飛翔容器10が管路3内で速度が0とならない場合に、最終的にこれに衝突させて停止させるためのものであるが、圧縮気体供給装置4と圧縮気体供給装置5には圧力を調整し設定する手段を有するので、実験前に予め調整し設定しておけば、飛翔容器回収容器8の内で飛翔容器の速度を0にすることは可能である。

【0055】

実験が終了すれば、弁5Cを閉じ、大気開放用の電磁弁1Cを開け、チャンバ1、管路2、管路3の内部を大気開放した後、飛翔容器10を飛翔容器回収容器8から取り出し、飛翔容器10の中の工具と切りくずを取り出す。 10

【0056】

被削材14は、高さ調整装置12を用いて管路から遠ざけるように移動することで取り出すことができ、切削仕上げ面の表面性状、切削面の材料組織の観察や残留応力分布の測定などの分析を行うことができる。

【0057】

次に、図3から図9を用いて、飛翔容器10の構造と、飛翔容器10が切りくずを格納する機構について詳しく説明する。

図3は、管路2と管路3の断面図であり、それぞれの管路の内壁には複数の溝21が軸方向に沿って設けてある。 20

なお、図3では3本の溝を設けてあるが溝の本数はそれ以上でも構わない。

【0058】

図4は、飛翔容器10と被削材14の位置関係を示した模式的に示した俯瞰図である。

被削材14は基本的に直方体であり、被削材の材質は、金属、非鉄金属、ガラス、プラスチック、木材など何でも良い。

なお一般的に行われているように、真実切取り厚さを求めるために被削材14の切削面には予め段差を設けておいても良い。

飛翔容器10には、飛翔容器10が管路2と管路3の中で回転しながら飛翔することを防止するために、管路2と管路3に設けた溝21に合致する突起22が外周に設けてある。 30

突起22が溝21に係合しつつ管路内を移動するので、切削工具11が被削材14を回転せずに切削可能となる。

【0059】

図5、6、7は、それぞれ、工具を内蔵する飛翔容器10の分解図、飛翔方向から見た正面図、飛翔方向からみた側面の断面図である。

飛翔容器10は、空気抵抗を低減するための流線型のキャップ部10Aと工具を保持固定する工具設置部10Bの2分割で構成される。

工具設置部10Bの後端部には、圧縮気体の圧力を飛翔容器の軸中心部に集中させて推力を高めるためのほか、飛翔姿勢を安定させるための目的で、流線型の窪み10Dを設けてある。 40

キャップ部10Aの中には、切りくずを格納するための空間23が切削工具の切れ刃11Aの前方に設けてある。

飛翔容器10(キャップ部10Aと工具設置部10B)は、軽量化のため密度が小さくかつ剛性と強度のある硬質プラスチックあるいは樹脂と強化繊維や強化粒子から構成される複合材料などで成型するのが良い。

【0060】

切削工具11は、切削工具の切れ刃11Aと支柱11Bをろう付け等で接続して構成する。

支柱11B部分を工具設置部10Bの中に挿入することで切削工具の切れ刃を飛翔容器10内に内蔵させる。

切削工具の切れ刃の材質は、高速度鋼、超硬合金、cBN、ダイヤモンド、あるいはコー 50

ティング皮膜を施したものなど，なんでも良い。

切削工具の切れ刃の形状は例えば図5や図6のように，主切れ刃のみの単一の切れ刃形状とすれば二次元切削過程を実験できる。

#### 【0061】

また，切れ刃形状を主切れ刃と副切れ刃を有する三次元形状にすれば，三次元切削過程を実験できるので，飛翔容器10の内に収まれば形状はなんでも良い。

切削工具の切れ刃11Aは飛翔容器10からはみ出ないこと，またキャップ部10Aは，図7に示す被削材14の切取り厚さ24の高さ分だけ，飛翔容器10の内部に干渉することになるから，飛翔容器10の下部には，干渉防止の窪み10Cが入っている。

干渉防止の窪み10Cの深さは，キャップ部10Aが深く，工具設置部10Bが浅い。

さらにキャップ部10Aの下部には，切りくず25を切りくず格納空間23に導入するための穴10Eが設けてある。

#### 【0062】

図8は，切削により生成した切りくず25が，キャップ部10Aの中の切りくず格納空間23に導入する様子を模式的に示した断面図である。

切りくず25は，キャップ部10Aの切りくず導入口10Eより，キャップ部10A内に進入する。

ここで，切りくず格納空間23の容量は，切りくずを十分に格納できる空間が必要であり，これは切削距離（被削材14の長さ）から決定する必要がある。

#### 【0063】

図9は，切削終了後，切りくず25が飛翔容器10の中に格納された様子を模式的に示した断面図である。

このように切削終了後，切削工具の切れ刃11Aと切りくず25は，飛翔容器10と一体になって運動する。

切削終了後に飛翔容器10が圧縮気体供給装置5からの圧縮気体により減速力を受け，飛翔容器回収容器8の中で衝撃吸収材9などに衝突直前の位置または軽く衝突する位置に停止すれば，切りくず25と工具刃先部11Aを，切削過程以外の変形や損傷を受けずに，切削過程における変形あるいは損傷状態のままで回収することができる。

#### 【0064】

図10は，切削距離60mm，飛翔容器4の質量を約35g，管路2の長さを3m，管路3の長さを3m，圧力容器4Aの圧力を0.9MPa，圧力容器5Aの圧力を1.0MPaと仮定した場合に，上記の簡略的な解析手法を用いて，弁4Cを開けて飛翔容器10を発射してからの経過時間に対する，弁4Cと弁5Cの開閉状況，飛翔容器10に負荷する圧力（加速を正，減速を負），飛翔体の速度の関係を計算した結果である。

これより上記条件の場合，発射から約27ms後に切削過程が実現される。

切削時間は，約0.3msである。

その切削開始直前に弁4Cを閉じ，切削終了直後に弁5Cを開けば，飛翔容器10は発射から約56ms後に速度が0となる。

#### 【0065】

図11は，同様に計算して，圧力容器4Aの圧力を例えば0.9MPaや0.3MPaとした場合の圧力容器5Aの圧力が飛翔容器10の移動距離に及ぼす影響を示した図である。

図11より，圧力容器5Aの圧力は圧力容器4Aの圧力の約1.1倍とすれば，飛翔容器10は移動距離6m，すなわち管路3の末端の飛翔容器回収容器8内で停止する。

図12は例として，上記の概略計算により求めた，加速用の圧力容器4Aの圧力に対する，飛翔容器10の最大速度すなわち切削速度と，減速用の圧力容器5Aの圧力の関係である。

#### 【0066】

このように，加速用の圧縮気体の圧力と速度の関係，加速用の圧縮気体の圧力と飛翔容器10を飛翔容器回収容器8部分で停止させるために必要な減速用の圧力の関係を予め計算あるいは予備実験等で検討しておけば，高速切削実験を能率良く行うことができる。

#### 【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 7 】

【図 1】本発明の実施形態に係わる高速切削試験装置の構成図である。

【図 2 ( a )】本発明の実施形態に係わる飛翔容器の加速時の運動の計算過程を説明するための模式図である。

【図 2 ( b )】本発明の実施形態に係わる飛翔容器の切削時の運動の計算過程を説明するための模式図である。

【図 2 ( c )】本発明の実施形態に係わる飛翔容器の減速時の運動の計算過程を説明するための模式図である。

【図 3】本発明の実施形態に係わる加速用と減速用の管路の模式的な断面図である。

【図 4】本発明の実施形態に係わる飛翔容器と被削材の位置関係を模式的に示した俯瞰図である。 10

【図 5】本発明の実施形態に係わる飛翔容器の模式的な分解図である。

【図 6】本発明の実施形態に係わる飛翔容器の模式的な正面図である。

【図 7】本発明の実施形態に係わる飛翔容器，切削工具，被削材の位置関係を示す模式的な断面図である。

【図 8】本発明の実施形態に係わる切りくずが飛翔容器内に格納される様子を模式的に示した図である。

【図 9】本発明の実施形態に係わる切りくずを飛翔容器の中に格納した状態を示す模式的な断面図である。

【図 1 0】本発明の実施例に係わる加速用の弁と減速用の弁の開閉状態，飛翔容器に負荷する圧力や飛翔容器の速度の時間変化を概略計算で求めた結果の例である。 20

【図 1 1】本発明の実施例に係わる減速用の圧力が飛翔容器の移動距離に及ぼす関係を概略計算で求めた結果の例である。

【図 1 2】本発明の実施例に係わる加速用の圧力と最大切削速度の関係，飛翔容器を飛翔容器回収容器の中で停止させるための減速用の圧力の関係を概略計算で求めた結果の例である。

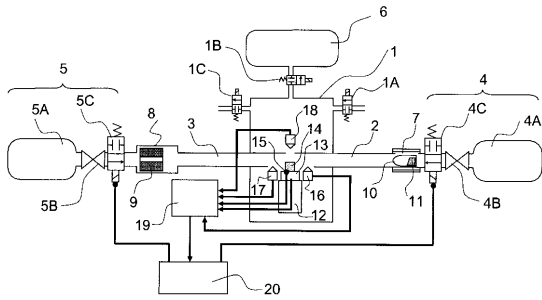
## 【符号の説明】

## 【 0 0 6 8 】

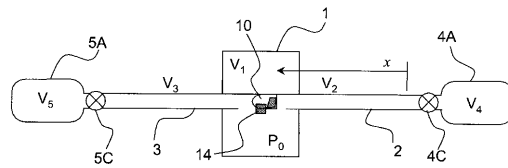
- |       |                    |    |
|-------|--------------------|----|
| 1     | 加工チャンバ             |    |
| 1 A   | 気体導入用電磁弁           | 30 |
| 1 B   | 真空排気用電磁弁           |    |
| 1 C   | 大気開放用電磁弁           |    |
| 2     | 飛翔容器加速用管路          |    |
| 3     | 飛翔容器減速用管路          |    |
| 4     | 飛翔容器加速用の圧縮気体供給装置   |    |
| 4 A   | 圧力容器               |    |
| 4 B   | 安全用ボールバルブ          |    |
| 4 C   | 電磁あるいは空気制御の開閉弁     |    |
| 5     | 飛翔容器減速停止用の圧縮気体供給装置 |    |
| 5 A   | 圧力容器               | 40 |
| 5 B   | 安全用ボールバルブ          |    |
| 5 C   | 電磁あるいは空気制御の開閉弁     |    |
| 6     | 真空排気装置             |    |
| 7     | 飛翔容器装填口            |    |
| 8     | 飛翔容器回収容器           |    |
| 9     | 衝撃吸収材              |    |
| 1 0   | 飛翔容器               |    |
| 1 0 A | キャップ部              |    |
| 1 0 B | 工具設置部              |    |
| 1 0 C | 被削材干渉防止の窪み         | 50 |

- 1 0 D 飛翔容器の推進力を軸中心に集中させ安定して飛翔させるための流線型の窪み
- 1 0 E 切りくず導入口
- 1 1 切削工具
- 1 1 A 切削工具の切れ刃
- 1 1 B 支柱
- 1 2 高さ調整装置
- 1 3 力測定器
- 1 4 被削材
- 1 5 温度測定器
- 1 6 光電センサ（切削開始直前を検知）
- 1 7 光電センサ（切削終了直後を検知）
- 1 8 速度測定器
- 1 9 計測装置
- 2 0 弁開閉制御装置
- 2 1 回転防止用溝
- 2 2 回転防止用突起
- 2 3 切りくず格納空間
- 2 4 切り取り厚さ
- 2 5 切りくず

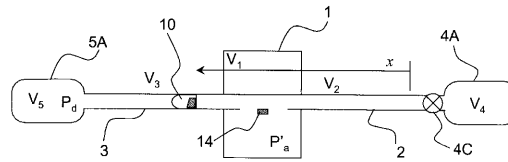
【図 1】



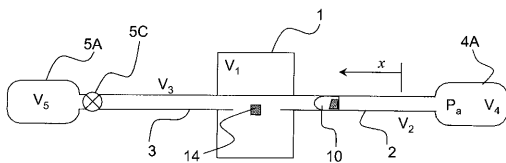
【図 2 ( b )】



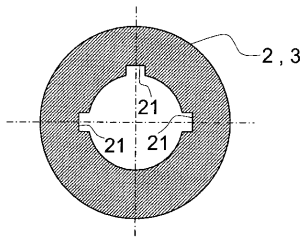
【図 2 ( c )】



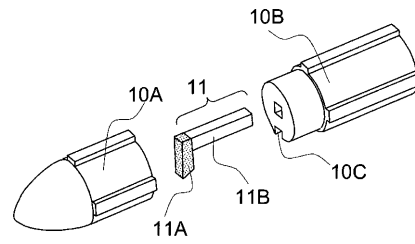
【図 2 ( a )】



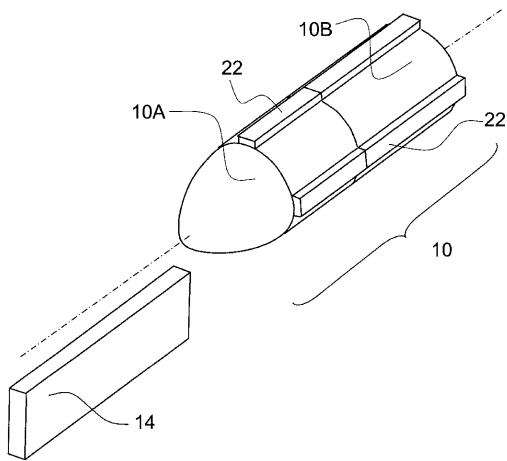
【 図 3 】



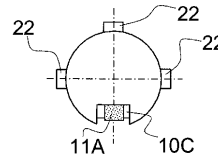
【 図 5 】



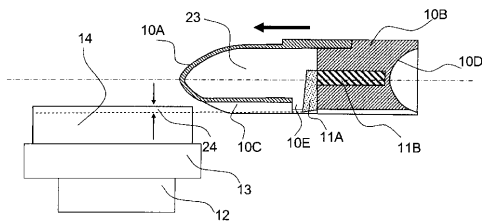
【 図 4 】



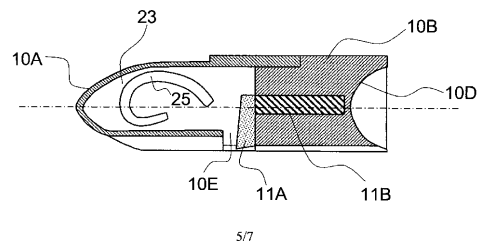
【 図 6 】



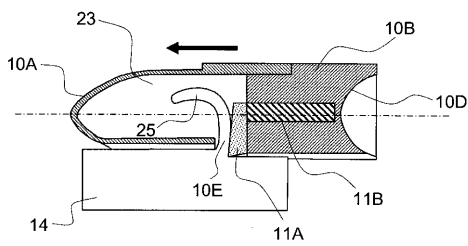
【 図 7 】



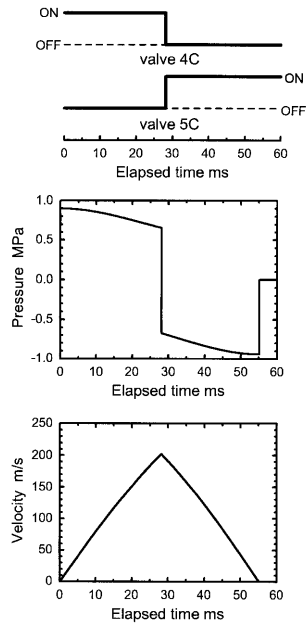
【 図 9 】



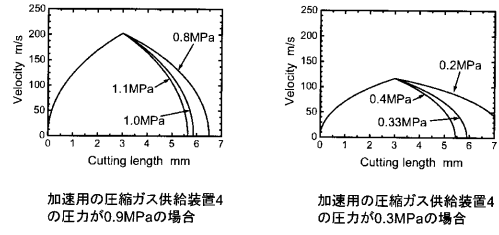
【 図 8 】



【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】

