

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3913773号

(P3913773)

(45) 発行日 平成19年5月9日(2007.5.9)

(24) 登録日 平成19年2月9日(2007.2.9)

(51) Int. Cl. F I
B 2 4 C 1/00 (2006.01) B 2 4 C 1/00 Z
B 2 4 C 9/00 (2006.01) B 2 4 C 9/00 D

請求項の数 28 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願平7-507794	(73) 特許権者	505003676
(86) (22) 出願日	平成6年8月29日(1994.8.29)		イクストゥールドウ ホーン コーポレー ション
(65) 公表番号	特表平9-502664		アメリカ合衆国 1 5 6 4 2 ペンシルヴ ェニア, アーウィン, ペンシルヴェニア
(43) 公表日	平成9年3月18日(1997.3.18)		アヴェニュー 8 0 7 5, ピー. オー. ボ ックス 5 2 7
(86) 国際出願番号	PCT/US1994/009796	(74) 復代理人	100073128
(87) 国際公開番号	W01995/005921		弁理士 菅原 一郎
(87) 国際公開日	平成7年3月2日(1995.3.2)	(72) 発明者	ローデス, ローレンス, ジェイ.
審査請求日	平成13年5月14日(2001.5.14)		アメリカ合衆国 1 5 2 1 8 ペンシルヴ ェニア, ビッツバーグ, メイプル アヴェ ニュー 2 4 4
審査番号	不服2004-26597(P2004-26597/J1)		
審査請求日	平成16年12月28日(2004.12.28)		
(31) 優先権主張番号	08/112, 468		
(32) 優先日	平成5年8月27日(1993.8.27)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 加工物の砥粒ジェットストリーム切断方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の砥粒が流動ジェット媒体中に懸濁されて高速・高圧で加工物に対して射出される加工物の砥粒ジェットストリーム切断方法であって、

(a) 切断中に高剪断力条件下で優先的に破壊されかつイオン結合、第 I I ~ V I I I 族金属に促進された水性ヒドロゲル結合および非水性分子間結合からなる群から選ばれた再形成性犠牲結合を有したポリマー媒体を形成し、

(b) 媒体と懸濁砥粒を加工物に射出してポリマーの実質的開裂なしに再形成性犠牲結合を優先的に破壊するごとく剪断力条件下で切断を行い、

(c) 上記再形成性犠牲結合を再形成し、

(d) 再使用のために媒体と砥粒とをリサイクルする

ことを特徴とする加工物の砥粒ジェットストリーム切断方法。

【請求項 2】

媒体がオリフィスを経て射出されて、1 4 ~ 8 0 M P a の圧力のジェットストリームを形成することを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

ジェットストリームが $6 0 \sim 3 0 0 \text{ m/sec}$ の速度で射出されることを特徴とする請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

砥粒の粒径が最大で $2 \sim 1 6 0 0 \mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

媒体が第ⅠⅠ～ⅤⅠⅠⅠ族金属の化合物とイオンのに架橋された水溶性ポリマーの水性ゲルであることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

媒体がゲルを形成する分子間結合を形成する非水性可塑化ポリマーであることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

媒体が 2 0 0 0 0 0 ～ 6 0 0 0 0 0 センチポイズの静的粘度を有していることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

媒体が第ⅠⅠ～ⅤⅠⅠⅠ族の金属を含んだゲル化促進剤の作用により促進された分子間水素結合の形成によりゲル化された水溶性ポリマーを含んだヒドロキシル基の 1 ～ 2 0 体積 % の水性ヒドロゲルであることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

ノズル手段を通して水性媒体を強制通過させることによりジェットストリームが形成され、該ノズル手段が媒体のための内部通路を画定する入口と出口とを有しており、該通路の表面が媒体中における乱流の発生を回避すべく平滑であることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 0】

砥粒の 5 0 重量 % までが媒体に添加されることを特徴とする請求項 4 に記載の方法。

【請求項 1 1】

水溶性ポリマーがグアーガム、そのヒドロキシプロピル誘導体、セルロース誘導体、ポリアクリルアミドとポリオキシメチレンを含む合成ヒドロキシル機能性ポリマーからなる群から選ばれることを特徴とする請求項 5 に記載の方法。

【請求項 1 2】

水性媒体が 5 0 ～ 7 0 重量 % のグアーガム、3 0 ～ 4 0 重量 % のホウ酸、1 . 0 ～ 2 . 5 重量 % のホウ酸ナトリウムを含んでいることを特徴とする請求項 5 に記載の方法。

【請求項 1 3】

さらにジェットストリームが加工物を加工した後で捕捉手段中にジェットストリームを回収し、該捕捉手段が閉鎖容器とジェットストリームを減速する減速媒体を有していることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 4】

媒体に殺生物剤が添加されることを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

【請求項 1 5】

ゲル化剤に 0 . 2 5 ～ 0 . 6 0 重量 % の高分子量水溶性ポリサッカリドが添加されることを特徴とする請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 6】

ジェットストリーム媒体がポリマー組成物中に分散された砥粒を含んでおり、該ポリマーが高剪断力条件下で優先的に破壊されかつ低応力条件下で再形成される再形成可能な犠牲的結合を有しており、ポリマー組成物が 1 0 0 0 0 0 ～ 5 0 0 0 0 0 センチポイズの静的粘度と 3 0 0 0 ～ 3 0 0 0 0 ポイズの動的粘度を、媒体を直径 0 . 1 ～ 1 mm のオリフィスを 1 4 ～ 8 0 M P a の圧力で通らせるごとき剪断力条件下で、有していることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 1 7】

砥粒の最大サイズが 1 0 ～ 2 0 0 μ m であることを特徴とする請求項 1 6 に記載の方法。

【請求項 1 8】

砥粒の最大サイズが 2 0 ～ 1 0 0 μ m であることを特徴とする請求項 1 6 に記載の方法。

【請求項 1 9】

媒体の静的粘度が 3 0 0 0 0 0 センチポイズであることを特徴とする請求項 1 6 に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 2 0】

再形成可能な再形成性犠牲結合がゲル形成架橋結合であってイオン結合、分子間結合からなる群から選ばれることを特徴とする請求項 1 9 に記載の方法。

【請求項 2 1】

媒体が水溶性ポリマーの水性ヒドロゲルとゲル化促進剤を含んでいることを特徴とする請求項 2 0 に記載の方法。

【請求項 2 2】

ゲル化促進剤がチタン、アルミニウム、クロム、亜鉛、ジルコニウム、これらの混合物からなる群から選ばれる金属の有機金属化合物であることを特徴とする請求項 2 1 に記載の方法。

10

【請求項 2 3】

水性ヒドロゲルが水溶性ポリマーの 1 ～ 2 0 体積 % を含んでおり残りが水であることを特徴とする請求項 2 1 に記載の方法。

【請求項 2 4】

水性ヒドロゲルポリマーが 3 0 ～ 4 0 重量 % のホウ酸および 1 . 0 ～ 2 . 5 重量 % のホウ酸ナトリウムと反応した 5 0 ～ 7 5 重量 % のグアーガムを含んでいることを特徴とする請求項 2 1 に記載の方法。

【請求項 2 5】

媒体が 0 . 2 5 ～ 0 . 6 0 重量 % の高分子量水溶性ポリサッカリドを含んでいることを特徴とする請求項 2 1 に記載の方法。

20

【請求項 2 6】

砥粒が、アルミナ、シリカ、ガーネット、タングステンカーバイド、シリコンカーバイド、これらの混合物を含んでいることを特徴とする請求項 2 0 に記載の方法。

【請求項 2 7】

ポリマーがボロン酸素分子間架橋結合を有したポリボロシロキサンであることを特徴とする請求項 1 6 に記載の方法。

【請求項 2 8】

ポリボロシロキサンが 2 0 0 0 0 0 ～ 7 5 0 0 0 0 の分子量を有し、ボロン-シリコン原子比が 1 0 : 1 ～ 1 0 0 : 1 であることを特徴とする請求項 2 7 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

30

【発明の背景】

【技術分野】

【0 0 0 1】

この発明は加工物の砥粒ジェットストリーム切断方法に関するものであり、さらに詳しくは、複数の砥粒が流動ジェット媒体中に懸濁されて高速・高圧で加工物に対して射出される加工物の砥粒ジェットストリーム切断方法に関するものである。

【従来の技術】

【0 0 0 2】

研磨材の水ジェット作業は、特に金属のシートおよびプレートを用いて迅速かつ経済的な切断および関連する成形操作を達成する、切断および機械加工操作に広く採用されてきた。代表的な用途は、ステンレス鋼、チタン、ニッケル合金、強化ポリマー複合体、セラミックス、ガラス、岩石等の、機械加工の困難な切断材料に対するものであった。このような技術は、低平均値の適用力にて非常に高度の局所的な作用にて切断作用を行い、結晶構造の破碎および複合体材料の剥離を生ずることなく最少の熱的ストレスまたは変形にて該材料の切断を達成するのに特に有利である。

40

【0 0 0 3】

研磨材の水ジェット切断を実施するには、特別のノズルアセンブリを使用して、ジェット形成用小直径オリフィスを通して凝集した平行化高圧力ストリームを指向させる。ノズルのオリフィスを通して該媒体を強制流出するには、約 2 0 0 M P a (約 3 0 , 0 0 0 p s i) 以上の圧力が代表的に適用される。

50

【0004】

ノズルアセンブリは、タングステンカーバイドまたはタングステンボライド等の耐摩耗性材料にて代表的に構成される。オリフィス自体はダイヤモンドまたはサファイヤから構成し得る。研磨材粒子はノズルオリフィスから流出する高速の水のストリームに添加される。「混合管」を通して水のストリームを指向させ、そして該オリフィスからの該ストリームの出口と該混合管への入口との間の領域にある該混合管中に研磨材粒子を導入する。代表的に数インチの長さである混合管は極めて乱れた流れを含む領域である。該領域中にて相対的に静的または低速の研磨材粒子は、加速されそしてマッハ3のノズル出口の速度を有する高速度の水ストリーム中に連行される。該連行過程にて、該水ストリームは分散および減速される傾向があり、そして研磨材粒子は管壁にそして粒子相互に衝突する。

10

【0005】

この分散流によって比較的広い切り目幅が生じ、エネルギーが浪費され、そして混合管がタングステンカーバイドまたはボライド等の耐摩耗性材料製の場合でも急速に磨耗する。或る研究によれば、70%もの研磨材粒子が切断される加工物に到達する前に破損することである。

【0006】

最近の開発では研磨材を含まない水のジェットを水溶性ポリマーにて濃化し、これによって凝集したジェットストリームを得そして維持し、そしてミスト化およびスプラッシュ化の程度を低減するのが助長されている。

【0007】

また系中で懸濁剤として作用する水溶性ポリマーの濃化効果によって、水ジェット中に微粒状研磨材を懸濁させることが知られている。このような研磨材は、水単独または濃化剤含有水よりも高能率に切断するが、新しい多くの困難な問題を生起している。

20

【業界の問題点】

【0008】

ジェットストリーム加工に関連する高圧力および高流速に原因して、ジェットの凝集ストリームを維持するのが非常に困難である。濃化剤を使用して重要な改善が得られるが、このような操作における高剪断力はポリマーを劣化させそして劣化したポリマーは水中に溶解して残存して廃棄費用を必要とするので、水および水溶性ポリマーを再使用できない操作は高費用となる傾向がある。

30

【0009】

研磨材ジェットストリームによる切断およびミル加工用に研磨材を系に添加する場合には、困難性および費用が更に大きくなる。

【0010】

研磨材水ジェット切断操作作用に使用されるノズルは更に複雑であり、そしてノズルアセンブリに通常は隣接しているかまたはノズルの一部分としてのストリームの研磨材添加用の付属的器具を必要とする。ノズルアセンブリには、研磨材を媒体中に導入する混合室、ストリームを加速する集中管、およびストリーム流を平行化して加工物処理用の凝集ジェットストリームにする小型オリフィスが含まれる。

【0011】

研磨材粒子を比較的高速のストリーム中に注入する必要があるので、混合室および付属の器具は複雑である。混合室およびオリフィスの内壁が磨耗する程度をできるだけ最少化するように研磨材粒子をストリーム流内に注入することが、該混合室に必要とされる。混合成分は広範囲に相違する密度を有するので、ノズルアセンブリの前段階に該成分を前もって混合することは一般的に不可能である。濃化液の場合においても、研磨材粒子はかなりの速さで分離しそして沈下する傾向があるからである。追加的な濃化工程は、このような系においてコスト的に効果的ではない。

40

【0012】

研磨材のストリーム中への均一な分散は、説明困難でありそして系統的でない。これは主に、該材料の密度の広範囲の相違、注入された粒子と高流速のストリームとの速度の差、

50

および該ストリームが研磨材粒子を加速させることの必要性によるものである。該粒子の媒体中への混合は、不完全でありそして系統的でないことが多い。研磨材を加速する必要があるので媒体の流速は低下する。不完全な混合によって、オリフィスから流出するストリームまたは成分の異なる流れおよび異なる流道を形成する不統一性および不均一性が生起する。これによって加工物上に不統一および／または増大した切り目幅および不精確かつ非均一な切断端部が形成される。

【0013】

良条件下では時間単位の有効寿命を有するノズル要素内部の高速度の磨耗がこの混合工程によって生起され、そして不良条件下では分単位にてノズルおよびオリフィスの寿命が低下し得る。

10

【0014】

また該粒子の連行はジェットストリームを凝集ではなく反対にする傾向があり、切断作業において切り目幅が広くなりそして余分な時間および作業力を必要とする。

【0015】

研磨材が導入されるジェットストリームが適度に濃化される場合、剪断力による劣化によって媒体の再使用が不可能となり、そしてコストが増大される。一般的に使用される研磨材を効果的に懸濁させる適度な濃化を得るには、かなりの量のポリマーが必要である。

【0016】

水ジェットストリームノズルのオリフィスは、代表的に約0.25mm（約0.010インチ）のオーダーである。研磨材を導入する場合、最小の実用的な混合管はオリフィスの直径の約3倍、すなわち約0.75mm（約0.030インチ）以上である。より小径のノズルは作業中の過度の磨耗によって使用寿命が不都合に短くなる。ノズル径を広くすると、ストリームおよび切り目の幅が大きくなり、そして切断の単位あたりの媒体および研磨材の消費が増大する。

20

【0017】

ホリンガー外による「プリシジョン カutting ウィズ ア ロー プレッシャー、コヒアレント アブレイシブ サスペンション ジェット」第5回アメリカン ウォーター ジェット コンファレンス、トロント、カナダ、1989年8月29～31日に、メチル セルロースおよび適当な濃化剤「スーパー ウォーター」（パークリ ケミカル カンパニイの商標）の水溶液中の研磨材の改良された分散物が報告されている。この研究は、1.5～2重量%の該濃化剤を使用してポリマー液中に研磨材を前もって混合しそしてノズルでの研磨材を注入する必要を除いて、十分な粘度を達成することに基づくものであった。ホリンガー外の報告によれば、0.254mm（0.01インチ）程度のオリフィスが効果的に使用できた。

30

【0018】

ホリンガー外の研究は、1990年8月29日付の出願で1993年2月9日付の米国特許第5184434号となっている。使用されたポリマーの架橋結合は意図されていない。

【0019】

またハウエルズの「ポリマー プラスティング ウィズ スーパー ウォーター 1974～1989：ア レビュー」インターナショナル ジャーナル ウォーター ジェット テクノロジー、第1巻第1号全16頁を参照されたい。研磨材を含有または含有しないポリマージェットストリーム媒体がリサイクルおよび再使用されなかった理由について、ハウエルズは特定の述べている。第8および9頁を参照のこと。

40

【0020】

多くの状況において、水の存在または水による腐食に耐性がない材料または特定の加工物について、従来技術にて採用された水系または水性系は使用できない。ジェットストリーム切断はこのような環境には適用できなかった。

【0021】

従来技術のポリマー系濃化システムのすべてにおいて、該システム中に適用された高剪断

50

力によるポリマー鎖の劣化が現在まで、該ジェットストリーム媒体を回収しそして再使用する効果的な技術を妨害しており、そして廃物処理のかんりの設備および消費されるポリマーおよび研磨材のかんりの費用を必要としていた。

【発明の目的および概要】

【0022】

本発明の一目的は、従来技術における諸問題を克服する、ジェットストリーム切断および機械加工用の媒体を提供することである。

【0023】

詳しくは本発明の一目的は、研磨材粒子を効果的に懸濁させ、凝集した安定なジェットストリームを形成し、高能率および狭い切り目幅にて切断し、ならびに再使用できそれによって廃物処理の要求および原材料のコストを低減する、再使用可能なポリマー濃化ジェットストリームのプレミックスした媒体を提供することである。

10

【0024】

本発明の別の目的は、従来技術においても要望されていた低圧力および低流量にて、ジェットストリーム切断を行うことである。

【0025】

本発明の他の目的は、従来技術に効果的であった径よりも小さい直径の、研磨材ジェットストリーム切断およびミル加工用のオリフィスの採用を可能にすることである。

【0026】

本発明の他の目的は、従来の研磨材の水ジェット機械加工および切断に必要とされていたものよりも、かなり小さくそして特に短い簡易化したノズルを使用する研磨材ジェットストリーム切断を可能にすることである。

20

【0027】

本発明の更に別の目的は、濃化したジェットストリーム媒体を再循環および再使用して、低コストのジェットストリーム切断システムを提供することである。本発明の一態様において本発明の一目的は、ジェットストリーム切断操作には従来使用できなかった材料および加工物を用いて、ジェットストリーム切断および機械加工操作の採用を可能にする非水系のジェットストリーム媒体を提供することである。

【0028】

このためこの発明においては

30

(a) 切断中に高剪断力条件下で優先的に破壊されかつイオン結合、グループⅠⅠ～ⅤⅠⅠⅠ金属に促進された水性ヒドロゲル結合、非水性分子間結合からなる群から選ばれた化学結合を有したポリマー媒体を形成し、

(b) 媒体と懸濁砥粒を加工物に射出してポリマーの実質的開裂なしに化学結合を優先的に破壊するごとく剪断力条件下で切断を行い、

(c) 上記化学結合を再形成し、

(d) 再使用のために媒体と砥粒とをリサイクルする

ことを要旨とするものである。

特に切断中に高剪断力条件下で優先的に破壊される化学結合を有したポリマー媒体を砥粒と組み合わせる点がこの発明の中心をなす技術的思想である。

40

【0029】

本発明の一態様において、水ジェットストリームはイオン性架橋結合した水溶性ポリマーを用いて濃化される。ここに該イオン性架橋結合は周期率表第ⅠⅠⅠ～ⅤⅠⅠⅠ族の金属の塩によって形成される。

【0030】

第二の態様において本発明の水系ジェットは、好ましくは周期率表の第ⅠⅠ～ⅤⅠⅠⅠ族の金属のゲル促進性水溶性塩にて架橋結合された、水溶性ポリマーのヒドロゲルから形成される。このような系の架橋結合は、分子間結合すなわちポリマー分子間の水素結合によるものである。

【0031】

50

第三の態様において本発明の非水系媒体は、それ自体がジェットストリームの主要な成分を形成する分子間結合架橋結合したポリマーから形成される。操作において該ポリマーは研磨材粒子を懸濁させる。ポリマーの架橋結合を形成する分子間結合の破損によって、該ポリマーは操作の剪断力下に部分的に破壊され得る。加工物に該ジェットが加工を達成した後に、該ポリマーは回収され、架橋結合が再形成され、そして該媒体は該工程の再使用にリサイクルされる。

【0032】

約0.1mm(約0.004インチ)のオーダーの小直径のオリフィスが、研磨材の粒径が十分に小さい場合に効果的に採用できる。

【発明の詳しい記述】

10

【0033】

本発明は基本的には、ジェットストリーム切断に採用されるポリマー含有ジェットストリームの形成および使用において、負荷される剪断ストレスが必然的に高度であるという見解に依存するものである。ノズルアセンブリ中に適用される剪断力を最小化するために多くの工程が採用できるが、加工物の表面上のジェットストリームの衝撃力も高度でありそしてポリマーの構造を破壊する。高剪断力は切断操作の固有の特長であるので、ポリマーの破損を低減する技術は、或る観点からは切断操作の要件と非両立性であり、従って限度がある。

【0034】

従来技術において代表的に採用されているジェットストリーム媒体中に1.5または2重量%の濃化剤もしくはポリマー材料を含有させることは、従って該操作のコストの非常に多くの部分となる。水系媒体中に該ポリマーを溶解させる時間およびエネルギーの必要性も、操作コストの実質的な要素であり、そして適度に計画されてない場合は該ポリマーを溶解するのに必要なかなりの時間のために操作が実質的に遅延し得る。系統的に調製されない場合には、該溶液中の変化によって切断および機械加工の操作に均一性が不足しそして加工品の品質が劣化することがあり得る。

20

【0035】

使用後に劣化したポリマー溶液は操作においてかなりの回収および処理の負担となり、そして該廃物材料の使用は知られていない。処理および廃棄のコストは操作の代表的にかなりのコストである。

30

【0036】

この観点において或る特定の利点を得るために一そう複雑かつ高価なポリマーを使用することは、その追加されるコストのために一般的に実現性がない。

【0037】

ジェットストリーム切断系におけるポリマーの劣化は、該ポリマーを構成する化学結合そして特にポリマー鎖の骨格を形成する化学結合の破損によって生起される。このような劣化の結果として、ポリマーの分子量が低減しそして粘度が低下する。従って研磨材粒子を効果的に懸濁し、凝集したジェットストリームを形成し、そして装置の磨耗を制限する該媒体の能力が減少する。

【0038】

40

本発明において、ジェットストリーム切断操作中に破損した化学結合を再形成する能力を有しそしてリサイクルおよび再使用を可能にする十分に効果的な形態に再構成できるポリマー材料を採用することによって、上記の困難性は克服される。ノズル中の高剪断力の影響および加工物上の衝撃によって切断操作中に該化学結合が破損されるが、このような劣化は該ジェットストリーム媒体の有用性に対しては有害ではない。

【0039】

実際に本発明にて使用するポリマーは、多数回の操作サイクルの操作中にリサイクルできる。該サイクル数を限定するポリマー骨格鎖(通常は共有結合)の一そうきびしい劣化が発生することもあるであろう。一般的に本発明の好ましいポリマーは、入替を必要とする前に20サイクルから100サイクル以上にわたって該システム中にサイクル可能である

50

。

【0040】

ポリマー濃化剤を有用な形態に再形成する破損した結合の再形成は、切断操作の高剪断および高衝撃条件下にて犠牲とされそしてその後に原のポリマー構造に再構成される結合を、該ポリマーが含有することが必要である。このことは、共有結合のほかに適当量の化学結合を該ポリマーが含有することが必要である。共有結合が破壊される場合、その破損物は高度に反応性であるので、破損鎖はほとんど即時的な結合鎖停止反応によって通常は停止され、そしてもとの結合は再形成できない。

【0041】

本発明において評価されておりそして有効であると判明している、三種類の化学結合が存在する。これらは、イオン結合、分子間水素結合および分子間B：O結合である。

10

【0042】

イオン結合は、種々のポリマーのイオン性架橋に多く存在している。このようなポリマーは本発明の用途によく適合した水溶性の種類であることが多い。このようなポリマーがイオン性架橋結合している場合、本発明の工程にて添加される高密度の研磨材粒子を高耐性のサスペンションにする有効な粘度値を有する水膨張ゲルを該ポリマーが代表的に形成する。

【0043】

イオン性架橋結合ヒドロゲルにおいて、該イオン結合はポリマー骨格の共有結合よりも弱く、そして高剪断応力にさらされると優先して破損しそして破壊されるイオン結合である。該結合が破壊される際に生成されるイオン種は比較的安定であり、そして本発明にて使用されるポリマー系において該イオン種は反応して破壊した架橋結合を再構成し、そして該高剪断応力が除かれると高粘度のヒドロゲル構造を再形成する。

20

【0044】

これに代わる態様においては、周期率表の第I I I～V I I I族の金属の水溶性塩等のゲル化促進剤の存在の有無にかかわらず、ゲル形成性の水溶性ポリマーはヒドロゲルに形成される。ヒドロゲルは分子間結合、すなわちポリマー分子間の水素結合の形成に依存するものである。このような結合はイオン結合よりも弱く、そして切断用ジェットの形成における高剪断応力下に該媒体の濃化を本発明において促進する。更に該結合は、該ポリマーの共有結合を保護しそして結合鎖の切断を最少化する犠牲結合の供給を促進する。該分子間結合がゲルの構成にて形成されるかまたは使用後に再形成されるかいずれにしても、これらのヒドロゲルはまた高粘度を促進する。このことは、研磨材粒子の分離を防止するために非常に望ましい。

30

【0045】

多くの水溶性ポリマーがジェットストリーム切断用配合物の調製に使用されてきたが、若干のゲル形成性ポリマーを含めて該水溶性ポリマーはゲル化促進剤なしにそして自発的ゲル化が生起しない濃度にて使用されてきた。従来技術におけるこのようなポリマーの添加は、主にジェットの凝集増加に指向されていた。かなりの量の犠牲結合の形成がない場合、該ポリマーは一回の使用においてかなり劣化されそして再使用できない。従来技術のジェット配合物は廃棄物として通常廃棄されている。

40

【0046】

ポリマーが他の種類の犠牲分子間結合にて架橋結合されている場合、非水系ポリマー配合物も使用可能である。このような配合物は、鉄金族等の水に弱い材料を切断および機械加工する場合に特に有意義である。

【0047】

分子間結合によって架橋結合された好ましい非水系ポリマーは、ポリヒドロシロキサンの種類である。これらのポリマーは、隣接するポリマー分子の鎖中にO原子を有するポリマー鎖中のターシャリB原子間の電子対によって架橋結合されている。本発明に有意義な特性は、該ポリボロシロキサン等の分子量を含めて非常に直接的かつ詳しく調整し得る。

【0048】

50

以下に詳しく記述するように、ポリボロシロキサンを使用する切断用媒体の配合は、本発明において特に好ましい。このことは、該媒体の非水性の性質、粘度の精密な調節、および実施する切断および機械加工操作の要求に適合するように静止粘度および高剪断低下粘度を調整する能力によるものである。

【0049】

水素結合またはB：O結合のどちらかの分子間結合もまた共有結合よりも弱い。特に本発明の非水系ジェットストリーム工程において分子間結合を容易に形成するポリマーが使用される。ジェットストリームの形成における高剪断操作下および加工物表面上の衝撃力下において、該分子間結合は優先して破損されて、該ポリマーに負荷されるエネルギーの一部分を吸収しそしてポリマーの骨格を構成する共有結合を保存する。

10

【0050】

これらの分子間結合は高剪断応力が除かれると容易に再形成されて、該システムに必要とされる架橋結合およびゲル状の高粘度を回復する。

【0051】

本発明の態様において、架橋結合すなわちイオン性もしくは分子間結合は、該操作の高剪断および衝撃条件下にはじめに破損される結合であり、そして結合自体を犠牲にして適用されたエネルギーを吸収する。この意味において該結合は、従来技術の材料および工程におけるポリマーの劣化の特長である永久的な不可逆な形態にて該ポリマーを破損する劣化から、共有結合を保護するのに役立つ犠牲となる結合である。

【0052】

剪断応力が除かれると、例えば該媒体が静止されると、破損された該結合は自発的に再形成される。ジェットストリーム切断工程の操作中の該結合の破壊によって生じられるもののポリマー媒体中の結合形成の特長的なイオン種であるので、該イオン結合の基本は損なわれずに残存している。このような結合は可逆的に形成され、そしてどの場合にも水性媒体中に平衡状態に存在する。該結合の再形成の速さは、使用しそして劣化した媒体中のポリマー鎖の移動性によって主に規定される。このような条件下での該媒体の低下した粘度では、比較的にかなりの移動性があり、そして回収後数分間に該ゲルは代表的に再形成される。従って、回収されたポリマー溶液および研磨材を混合して、該ヒドロゲル中の研磨材粒子の実質的に均質な分散を確保するのが望ましい。なお、イオン結合が十分に回復した後に、再形成されたゲル中に研磨材を再分散させることも可能である。

20

30

【0053】

適用される高剪断力に対応してポリマー成分を希釈することは研磨材ジェットストリームの配合に有利である。該配合物はジェットストリーム中にて低下した粘度を示し、その結果として適用されるエネルギーの高部分が研磨材粒子に付与されて、切断効果を向上させる。該ポリマーは、高凝集ジェットストリームを形成する作用をなし、そして装置内の磨耗を最小化するのに役立つ。

【0054】

従来技術の研磨材水系のジェットストリーム技術と比較して、特定の粘度のパラメータおよび変化が装置の要件を簡易化させる。媒体中の研磨材の連行は使用される通常の混合装置中の調製時に生起するので、ノズルに研磨材を別途に供給すること、ストリーム中に研磨材粒子を供給すること、または混合管を設備することの必要がない。なお従来技術においてはこれらはすべて通常必要とされている。

40

【0055】

破損された分子間結合は自然にそして迅速に再形成され、そして研磨材の再分散は必要な場合でもむしろ簡単である。

【0056】

ジェットストリーム切断工程および破損された化学結合の再形成を通して該ポリマー系はリサイクルされるので、各サイクルにおいて共有結合の若干の破損があるであろう。各サイクルにおける不可逆的に破損される結合の割合は大きくないので、その影響は累積的である。かなりの回数のサイクルの後に、該ポリマーの永久的劣化は有意となるであろう。

50

該ポリマーが累積的かつ不可逆的に劣化するにつれて、再形成されたポリマーの粘度は徐々に悪化しそして該媒体は望ましくない程度の粘着性を示し始めるであろう。

【0057】

現在までの開発において本発明の水ジェットストリームの切断操作に使用されるポリマー濃化剤は、交換が必要とされる前に100回の使用サイクルまで好結果にてリサイクル可能である。本発明の非水系媒体は、水系システムと少なくとも同程度に耐性でありそして水系システムよりもはるかに耐性であることが多い。サイクルの回数は、特定のポリマー、工程の条件等によってももちろん変化する。しかし、オリフィスを一回通過した後に該媒体の再使用が不可能である従来技術と比較して、本発明の媒体はかなりの回数のリサイクルに寄与したことが容易に理解される。少量の「新しい」研磨材／ポリマー混合物を定期的または連続的に添加して、使用中の材料の統一性および均一性を維持することが、一般的に望ましい。該材料の同等の増加分を除去して、装置中の該媒体の体積を比較的一定に維持することが望ましい。

10

【0058】

本発明の使用に適当なイオン性架橋結合性ポリマーには、第ⅠⅠ族～第ⅤⅠⅠⅠ族の金属の金属塩、金属酸化物または金属有機ゲル化剤とイオン性架橋結合ゲルを形成する、すべての水溶性ポリマーが含まれる。好ましい種類はかなりの割合のヒドロキシル基を有する該水溶性ポリマーである。また該ポリマーは、カルボキシル基、スルホン酸基、アミン基等の活性イオン化性反応基を含有することもできる。該イオン性架橋結合性ポリマーおよび架橋結合系は、該イオン結合が架橋結合種のイオン化を促進する条件下だけにて形成されることを除いて、分子間水素結合によって形成されるヒドロゲルと似ている。このような条件は、pHの調節、ルイス酸またはルイス塩基等の反応触媒または反応促進剤の存在などを必要とし得る。該イオン性架橋結合ポリマーの形成は、当業者に理解されるように、一般的によく知られておりそして化学文献に記述されている。

20

【0059】

かなりの数のヒドロゲル化性ポリマーおよびゲル化剤が知られており、そして実質的にすべてのこれらの入手可能な材料が本発明に好結果で使用し得る。

【0060】

好ましいヒドロキシル基を含有する水溶性ポリマーの例としては、グアーガム (guar gum)、キサンタンガム、グアーガムおよび／またはキサンタンガムのヒドロキシプロピルおよびヒドロキシエチル誘導体、および関連するヒドロキシル基含有または置換ガム、ヒドロキシメチルセルロース、ヒドロキシエチルセルロース、および関連する水溶性セルロース誘導体、ヒドロキシエチルメタアクリレート、ヒドロキシプロピルメタアクリレート等のヒドロキシル基含有合成ポリマー、およびポリアクリルアミド等の他の水溶性ポリマーなどが含まれるが、しかしこれらに限定されない。また興味のあるポリマーとしては、ポリエチレンオキシド、ポリオキシメチレン等の低分子量のポリマーおよびオリゴマーのヒドロキシル基末端停止の水溶性ポリマー種がある。

30

【0061】

使用し得る第ⅠⅠ族～第ⅤⅠⅠⅠ族の金属の好ましいゲル化促進剤の中には、ホウ酸、ナトリウムボレート、およびチタン、アルミニウム、クロム、亜鉛、ジルコニウム等の金属有機化合物がある。

40

【0062】

適度なコストの特に好ましい種類は、ナトリウムボレートにてゲル化した約2～2.5重量%のグアーガムの水溶液である。この安価なヒドロゲルは、14MPaでのジェットストリーム切断操作の12回のサイクルおよびそれに続く該ポリマーゲルの永久的劣化が検出されないゲル再形成が生存する能力が実証された。

【0063】

非水系の分子間結合架橋結合の好ましいポリマーは、効果的なジェットストリーム粘度を有する、ポリボロシロキサンポリマー、炭化水素系グリースまたはオイルエクステンダーまたは希釈剤、およびステアリン酸等の可塑剤の組成物によって提供される。該ポリボ

50

ロシロキサン ポリマーは強力な分子間結合剤であり、そしてジェット形成に適当な粘度に適度に可塑化されると水感受性材料の用途用の優れたジェットストリーム媒体となる。更に、ポリボロシロキサンの配合物は、切断操作の完了後に加工物の表面から容易に除去される一般的に非粘着性非付着性の材料である。

【0064】

本発明にて使用されるボロシロキサン ポリマーは、一般的に約200,000～約750,000そして好ましくは約350,000～約500,000の分子量を有する。B対Siの原子比は、約1:3～約1:100、好ましくは約1:10～約1:50の範囲であるのが望ましい。

【0065】

該ボロシロキサンは広範囲のフィラー、軟化剤および可塑剤と高度に共存性である。材料のコストを低減するため希釈剤として不活性フィラーを使用し、そしてポリマーを更に希釈しそして粘度を調節するために適当な可塑剤および軟化剤を使用するのが普通である。

【0066】

本発明において、研磨材の量を相応して低減する場合には他のフィラーも併用し得るが、通常は研磨材粒子が単一の不活性フィラーであろう。上記のように研磨材（および使用する場合には他のフィラー）は配合物の約5～約60重量%の範囲であり得るが、約25～40重量%が一般的に好ましい。

【0067】

研磨材ジェット媒体の粘度を規制するために、可塑剤および軟化用希釈剤が使用される。シリコンポリマー中に使用する適当な可塑剤は、非常に多種類でありそして当業界によく知られている。適当な粘度の調節の選定は本発明に精密には有意義でない。限定ではなく例示のための適当な材料には、パルミチン酸、ステアリン酸およびオレイン酸等の約8～30個のそして特定のには約12～20個の炭素原子の脂肪酸；炭化水素系パラフィン油、特に「トップ油」等の軽油、および他の石油系蒸留物および副生成物；菜種油、サフラワー油、大豆油等の植物油および部分的また充分に水素添加した植物油；自動車用潤滑グリース等の炭化水素系グリース；ジオクチル フタレート（DOP）等の多官能カルボン酸のモノー、ジーおよびトリエステル類が含まれる。また液状または半固体状のシリコン油も使用でき、そして炭化水素系可塑剤および希釈剤が劣化され得る高温および/または酸化条件に媒体がさらされる場合に、そのコストにかかわらずかなりの利点をもたらす。

【0068】

上記のように可塑剤および軟化用希釈剤は配合物の粘度を調節するために添加される。ブルックフィールド ビスコメーターによって測定して、環境温度にて代表的に約300,000 c p s の静止粘度が適当でありそして便利である。よく知られているように、ボロシロキサン ポリマーは適用される剪断力に対応して粘度の実質的な増加を示し、そして高剪断力の定形流路では閉塞流を示すことさえある。本発明のノズル中の粘度を直接測定する既知の技術は存在しないが、約200,000～約500,000 c p s の静止粘度を有する配合物が一般的に適当であり、そして約300,000の粘度が非常に信頼できることを本発明者は見出した。本発明者は、適用される圧力およびこれによるジェットストリームの体積の関数として有効な粘度を計算し、そしてノズルでの有効な比粘度は約5,000～約20,000ポイズのオーダーであると確信している。

【0069】

ジェットストリーム材料を回収しそして静止する場合に、代表的に5分間以下そして多くの場合1分間以内に該粘度は実質的にもとの静止粘度に迅速に復元する。もとの粘度に復元することは、分子間のB:Si結合の再形成および比較的無意義な量の結合鎖の切断を実証すると思考される。

【0070】

多数回の使用サイクルにわたって若干の劣化はあり得るが、代表的に20回以上のサイクルまでは劣化量は有意とはならず、そして100サイクル以上の使用をするまで劣化量は

10

20

30

40

50

目立たない。新しい未使用の媒体の定期的または連続的添加および同量の使用した媒体を除去することによって、長期間の劣化が容易に克服される。またこのような工程は、消耗した研磨材粒子を新しい鋭利な粒子と交換するのに役立ち、そして媒体中の切断または加工による廃棄物の累積を防ぐのに役立つ。

【0071】

本発明においてノズルでの研磨材の注入は好ましくなく、そして一般的に望ましくない。別途の前操作中にゲル化ポリマー中に研磨材粒子を混合させ、そして適当な高圧ポンプによってノズルに輸送するのが好ましい。

【0072】

水系ヒドロゲルシステムにおいて、ポリマーおよびそのゲル化剤は媒体の約1～約20重量%のオーダーであり、多くの場合約2～5%であり、そして代表的に大部分のポリマーの場合約2～3%であり得る。特定の研磨材、その粒径および粘度、および添加する割合に関連して、精密な割合が特定のゲル用に最適化することができる。

【0073】

該研磨材は、約2マイクロメートルから約1400～1600マイクロメートル（約16メッシュ）までの粒径であることが最も多い。更に一般的には、研磨材の粒径は約20～約200マイクロメートル、好ましくは約20～約80マイクロメートルであろう。

【0074】

ジェットストリーム媒体は約1～約75重量%の研磨材を含有し得る。多くの場合約5～約50重量%そして好ましくは約15～約30重量%が望ましい。

【0075】

操作において、従来技術にて実施されそして当業者に知られているジェットストリーム切断とは多くの点で相違する態様にて、配合物が使用される。

【0076】

本発明の態様において、ポリマー配合物は二つの明らかな態様にて粘度に感受性である。第一に、低剪断条件下に配合物中に研磨材粒子を効果的に懸濁させる十分な粘度を、該ポリマーが提供する必要がある。そのパラメーターは静止粘度によって最も詳しく規定される。更に、高剪断条件下のジェットストリームの形成は、該ジェットの凝集性およびジェット中の研磨材粒子の均質性に実質的に影響し得る。これらのパラメーターは動的粘度によって規定される。

【0077】

ポリマー溶液は非ニュートン性であるが、静的条件下で該溶液はニュートン流体に近似する流体挙動を示す。更にニュートン流体流特性は高剪断条件でも目立つ。

【0078】

静的な液体中で重力下に球状粒子が一定の高さから沈下する時間は特定の時間を要する。従って流体力学から

【数1】

$$t = \frac{18 \eta H}{a^2 [D_p - D_L] g}$$

こゝに t = 時間

η = 流体の粘度

H = 沈下の高さ

a = 粒子の直径

D_p = 粒子の密度

D_L = 流体の密度

g = 重力の加速度

【0079】

本発明者は、上記の公式が依存する下記の推定が、本発明の目的には十分に有効であることを観察した。

層流：研磨材粒子の沈下に特定の非常に低度の速度では、流れ特性は層状であるかまたは非常に近似している。

球状粒子の形状：研磨材粒子の不規則の形状は若干の誤差を生ずる。しかし平均的粒子は大きな寸法および小さな寸法において広くは変化せずそしてかなりの数の粒子にわたってこれらの変数は平均化されるので、本発明の態様においてこれらの変数は安全に無視できる。

【0080】

本発明の使用に適切な配合物は、約200,000～500,000センチポイズ（c p 10
）の好ましくは約30,000 c pのオーダーの低剪断速度の粘度（ブルックフィールド）を有するであろう。比重3を有する320メッシュのSiC粒子はインチあたり6.8×10⁶秒の沈下速度（約11週間であり、本発明に適當）を与えるであろう。

【0081】

より高い剪断速度にてポリマー配合物の挙動は非ニュートン性となり、この場合に粘度はパワーロー（Power Law）の関係にて剪断速度に依存する。この依存性は高剪断速度であるまで保持される。粘度が適用される剪断力に実質的に依存しなくなると、ニュートン流動特性が再び実質的に適用される。

【0082】

本発明のジェットストリーム配合物の特質の一つは、効果的な切断性を構成するジェット 20
の形成に必要とされる圧力が低減されることである。代表的に必要とされる圧力は、従来技術における代表的に少なくとも200MPa（30,000psi）以上の圧力と比較して、約14～約80MPa（約2,000～約12,000psi）のオーダーであろう。

【0083】

慣例として、使用される圧力はジェット形成ノズルを通過する圧力低下として測定される。当業者が容易に認識するように、従来技術において代表的に必要とされる200MPa 30
以上の圧力で使用される装置にて要求される、複雑性、高価性および注意性を80MPaまでの圧力では必要としない。本発明の実施では、圧力補償油圧ポンプ、高圧用増圧器の採用を必要とせず、そして蓄圧器も非常に簡易化された最低限のもので処理できる。本発明は、必要な圧力にて油圧式等によって駆動されるピストン形ポンプ等の、容易に入手できそして安価な従来の容量形ポンプを用いて実施できる。

【0084】

本発明において有効なノズルオリフィス直径にて、ノズル流速は約75ないし約610メートル／秒（約250～約2,000フィート／秒）、好ましくは約150ないし約460メートル／秒（約500～約1,500フィート／秒）の範囲にわたり、その速度は本発明の実施に十分に有効であることが証明された。研磨材の選択は本発明では厳密でなく、通常使用されている材料が有効である。適した該材料の例として、アルミナ、シリカ、ガーネット、炭化タングステン、炭化ケイ素、等がある。切断媒体の再使用はより硬いし 40
かしより高価な研磨材の経済的な使用を可能にし、切断および機械加工操作の効率を増大させる結果となる。例えば、炭化ケイ素を、コストの理由でガーネットが使用されていた切断作業で、置換して使用し得る。

【0085】

一般に、研磨材は配合物中に約5～約60重量%、好ましくは約25～約40重量%のレベルの濃度で使用するのが望ましい。好ましい範囲、そしてある場合にはそれより高い濃度での作業は極めて効果的であること、そして研磨水ジェットストリーム切断法で従来用いられた濃度よりも一般に実質的に高いことを我々は見出した。

【0086】

前述した通り、研磨材粒子の主寸法（直径）は、細かい表面仕上げが望ましい場合、2～2,000マイクロメートル、好ましくは約20～200マイクロメートルの範囲である 50

ことができ、約20～約100マイクロメートルの粒径が特に有利である。使用するジェット形成用オリフィスの直径と一致した最大粒径を用いるのが一般に適當であろう。その場合、粒径又は主寸法がオリフィス直径の約20%、好ましくは約10%、を越えないのが好ましい。

【0087】

粒径がより大きいと、オリフィスを横断する“ブリッジング”が生じ、ノズルを通る流れを閉塞する危険性があるので、望ましくないことは自明である。20%未満の粒径ではブリッジングはめったに起きず、10%未満ではかかる現象は非常にまれである。ノズル直径は一般に他のパラメータによって決定される。

【0088】

特に、ノズルオリフィスの直径は下記のパラメータにより決定される：

【0089】

第1に、オリフィスが大きくなればなるほど、ジェットストリームは幅広くなり、その結果、切り目幅は広くなる。切断の正確さはオリフィス直径と逆に変化するであろう。薄い材料の切断において一般に、オリフィスが小さければ小さいほど、正確さが良くなりそして他のパラメータ次第で細部が可能となる。より少量の切断媒体が切断単位長当り使用される。

【0090】

第2に、オリフィスが大きくなればなるほど、ジェットストリームの流量が多くなり、従って切断速度が大きくなる。従って、オリフィスが大きくなればなるほど、他の条件次第であるが、切断速度が良くなる。切断長さに対してより多量の切断媒体が使用される。

【0091】

これらの二つの相反する考慮事項の均衡が通常、オリフィス直径に影響を及ぼし得る他のパラメータより優先するであろう。

【0092】

本発明において、約0.1ないし約1ミリメートル（約0.004～約0.04インチ）のノズル直径が有効に使用し得るが、一般に約0.2ないし0.5ミリメートル（約0.008～約0.020インチ）の直径を用いるのが一般に好ましい。

【0093】

オリフィスは硬い金属合金、硬い表面仕上げ材料、例えば炭化タングステン又はケイ素、セラミック配合物、又は結晶材料、例えばサファイヤ又はダイヤモンド、から形成し得る。適切な材料の選択は選択した研磨材の硬度およびノズル材料のコストにより通常決定される。ダイヤモンドが好ましい。

【0094】

スタンドオフ距離、即ちノズルと加工物の表面との距離、は切断の質に重要な因子であることがわかったが、研磨水ジェット切断におけるほど重要ではない。切断の質、特に切り目幅および形状は約2.5cm（約1インチ）まではスタンドオフ距離によって著しく影響されるが、本発明は約25ないし約30cm（約10～約12インチ）までのスタンドオフ距離で切断を行うことができる。研磨水ジェット切断法は12インチ厚ほどの厚い材料に使用できるが、かかる技術は一般に約2.5cm（約1インチ）以下の“フリーエア（free air）”距離を必要とした。

【0095】

本発明によるジェットストリーム切断法は、かかる技術で今まで用いられた材料を切断するのに使用できる。注目すべきことは、機械加工が難しい、多くの金属および合金、例えばステンレス鋼、ニッケル合金、チタン；セラミックおよびガラス；岩石材料、例えば大理石、花崗岩等；およびポリマーコンポジット、そして特に繊維補強ポリマーラミネートを含めた特別の材料の全てが、本願の方法によりかなりの精度で有効に切断される。

【0096】

本発明の利点の中に特に、ゲル濃厚化ポリマー媒体を懸濁した研磨材と共に用いて達成される利点は、以前は使用されなかった研磨材粒径のプレミックスサスペンションを与える

10

20

30

40

50

ことができる能力である。約 200 マイクロメートルよりも細かい研磨材粒径、特に、例えば約 100 マイクロメートルよりも小さい粒径は以前は好ましくなかった。かかる細かい研磨粒子を従来の研磨ヒドロダイナミックジェットストリーム切断法および機械加工に使用すると、研磨材供給ラインのアンクル、ループおよびたるみの部分で閉塞が生じる傾向があり、またかかる細かい研磨材は、従来の混合室又は混合管におけるジェットストリームに導入するのが更に難しい。これらの困難性のため、かかる小さい粒径は研磨材ジェットストリーム切断および機械加工の実施に殆んど回避されていた。

【0097】

本発明においてプレミックスした研磨材サスペンションの使用は追加の供給ラインとノズル装置での設備の必要を除く。細かい研磨粒子は切断および機械加工の質および精度を改良し、そして切断部に隣接する加工物表面に対する研磨粒子の損傷を減少する。従って、細かい研磨粒子は、追加の仕上げ工程を除去できる適用に特に有用である。

10

【0098】

プレミックスされた研磨材サスペンションを使用する結果、本質的に均一な研磨材のサスペンションを用いそしてキャリア媒体の速度に匹敵する速度で動く研磨材を用いるので、研磨材がノズルオリフィスでブリッジ又は詰まる傾向が著しく低減される。従って、ノズルオリフィス直径を減少することができる。研磨材粒径によるが、ノズルオリフィス直径を約 0.1 mm (約 0.004 インチ) ほどに小さくすることができる。かかる小さいオリフィスは比較的小さい直径のジェットストリームを与え、小さい切り込みを生じさせ且つ媒体消費速度を減少させることにより、切断および機械加工精度を高める。

20

【0099】

研磨材の該媒体中の分散は単純な混合法により達成され、本発明の実施に厳密に重要ではない。

【0100】

前述したように、本発明のシステムに使用するノズル要素の設計および構造は混合管、研磨材供給機構、および研磨材輸送導管、典型的にはホース、を除くことにより、大きく単純化される。特徴およびそれらの嵩、複雑さ、費用、重量および操作者の判断への依存性と熟練は、研磨材ジェットストリーム切断および機械加工操作の著しい利点によって、全て除かれる。

【0101】

使用するノズルの特定の設計は、ジェットストリーム媒体のポリマー成分に剪断力がかかるのを最小にするような形状にするのが望ましい。従って、ノズルの断面積の相対的に大きい入口からノズルオリフィスの出口までの変化割合は滑らかに、きれいな連続曲線で展開し、エッジ又はその他の不連続をできるだけ避けるのが好ましい。流れの加速は、媒体が吸み上げられる断面積を減少させることにより達成され、高剪断応力がポリマーに必然的に加わる。しかしながら、鎖切断およびポリマー分解は、応力の変化割合が非常に大きいエッジ等での応力の集中を避けることにより最少にされるが、それらは断面積の変化割合の急激な変化に比例する。

30

【0102】

ノズルのかかる特徴は媒体中に乱流が発生するのを避けるのに役立つ。ジェットストリームの凝集 (coherence) はノズルオリフィスを通過する層流により促進されるので、指示したノズル形状はストリームの発散を最小にするのに役立つ。

40

【0103】

誘導された剪断応力を最小にすることは、本発明の全ての観点から有用である。特に、通過する媒体中で乱流が発生するのに十分な強度の剪断応力は回避すべきである。高速度流についてのこの強度の剪断応力は不連続部およびエッジの通過に付随する。かかる流れの結果、ポリマー結合を破壊するのに十分な強度の応力が媒体中に発生する。ポリマー共有結合の破壊およびそれに伴う不可逆的な分子量の低下は全てポリマー分解の表示であり、可能ならばできるだけ避けるか最小にすべきである。

【0104】

50

本発明の別の観点として、ジェットストリームを加工物の通過後に捕らえるのに使用される媒体捕捉器の設計の改良がある。加工物の切断および機械加工の後でさえも、全部でないにしても一部のストリームがまだ高速度で移動しているので、特別の媒体捕捉器が、はね返り、霧の発生および媒体捕捉ハードウェアへの損傷を最小にするために必要とされる。更に、媒体捕捉器は、ジェットストリームの分散により生じる騒音を低減させそしてポリマーの分解と研磨材粒子の破壊を最小にするように設計する必要がある。

【0105】

以前、媒体捕捉器に長い管が使用されていた。これらの長い管は、ジェットストリームが媒体捕捉器の底部に達する前に、表面壁に沿ってジェットストリームが分散するように形状化され且つ配向されていた。或いは、媒体捕捉器に置換可能な底部挿入物を含むか又はゆるい鋼球を充填して、ジェットストリームを分散させていた。置換可能な底部を使用した場合、ジェットストリームが底部を切断するであろうことが認められていた。この欠点に取りくむために、媒体捕捉器底部は容易な低コストの置換体用に設計されたと推測される。使用される現在の媒体捕捉器のタイプに関係なく、捕捉されたジェットストリームは高剪断応力に付され、不可避免的にポリマー分解が促進される。

10

【0106】

本発明は第1図に断面を示した新しい媒体捕捉器の設計を提供し、媒体捕捉器は一般に参照番号48で表される。ジェットストリーム(50)は媒体捕捉器(48)に射出することができ、ゆっくり減速される。ここで、ジェットストリーム(50)は金属表面に衝突せず、むしろ収容された媒体(52)を貫通するように指向する。好ましくは、この媒体(52)は、ジェットストリーム(50)と同じゲル濃縮化ポリマー溶液又はサスペンションである。従って、媒体捕捉器(48)に捕らえられたジェットストリーム(50)中のポリマー分子は、金属表面と衝突しそして直ちに減速するのではなく、かなりの距離にわたって減速する。この拡がった減速は、金属表面の衝突に伴う剪断応力強度の発生を回避する。収容媒体(52)に多くの種々の材料を使用し得るが、ジェットストリーム(50)の媒体と同じ媒体を使用しない場合は不利益がある。これらの不利益には希釈と分離の難しさが含まれ、媒体をジェットストリーム切断および機械加工に再使用する場合には不可能にさえる。

20

【0107】

ジェットストリーム(76)のエネルギー、および特に切断物を通過したストリームの部分(50)および媒体(52)の深さによるが、ジェットストリーム(50)は媒体(52)を経て媒体捕捉器表面(54)まで貫通することができる。この問題を解決する方法は、媒体捕捉器を十分大きい容積にして、ジェットストリーム(50)中のエネルギーに関係なくジェットストリーム(50)が媒体捕捉器表面(54)まで貫通する可能性を除くことである。

30

【0108】

本発明の媒体捕捉器(48)は単純な構造であり、ジェットストリームを再使用するかわりにかかわらず、使用できる。ジェットストリーム(50)を再使用しない場合は、水を含めたあらゆる流体を媒体(52)に使用できる。

【0109】

従来のピストン移動ポンプを使用して本発明のゲル濃化ポリマーを有する有効なジェットストリーム(76)を発生することができ、そして移動ポンプを媒体(52)のリサイクルのためにも使用できるが、かかる設備を用いて媒体戻し切断および機械加工システム用の設備を組立てることが可能であり、且つ実際に便利である。

40

【0110】

装置を使用するためには、ジェットストリーム切断および機械加工用の媒体(64)を容量形ポンプ(66)のシリンダーに充填する。ノズル(68)、好ましくは実質的に第2図に示されるノズル構造設計を有するもの、を該ポンプ(66)の出口に直接連結により又は媒体用の高圧導管(75)を介して取り付け。ピストンロッド(72)を介して作用する液圧式アクチュエータ(70)はピストンヘッド(74)を下に押し、媒体(64)

50

）をノズル（６８）のオリフィスを通して高速度ジェットストリーム（７６）として排出する。ジェットストリーム（７６）は加工物（７８）を切断しそして機械加工する。ジェットストリームが加工物（７８）を切断および機械加工した後、ジェットストリームの分散流（５０）は今度は媒体捕捉器（４８）に入る。この特定の態様では、媒体（５２）は媒体（６４）と同じである。媒体捕捉器（４８）に入るジェットストリーム（５０）の運動量は次第に消失し、ジェットストリーム（７６）媒体は媒体（５２）と混合する。

【０１１１】

媒体（６４）の大半が媒体捕捉器（４８）に入った時、媒体（５２）の一部は戻されて容量形ポンプ（６６）内の媒体を再充填するので、切断／機械加工が継続する。媒体（６４）を容量形ポンプ（６６）に戻すために、戻りライン（８２）上のポンプ（８０）が使用される。容量形ポンプのピストンヘッド（７４）を後退させて媒体（６４）をピストンヘッド（７４）の圧縮側に入れる。必要に応じて、切断および機械加工からの生成物のような破片を濾去するために、戻りライン内にフィルター（８４）を設けることができる。この濾過は主としてノズル（６８）のオリフィスを保護しそして閉塞を防止するためである。鉄又は他の常磁性材料が切断される場合は、破片の磁性分離法を用いることもできる。前述の通り、ピストンヘッド（７４）により与えられる力は、媒体がノズル（６８）を通過して、加工物（７８）を有効に機械加工するのに十分なエネルギーを有するジェットストリーム（７６）を生じさせるに十分である。設備コストの低減、信頼性の増大および操作員の安全性の増大は、本発明のこの態様によって与えられる利益である。

【０１１２】

切断物製造における本発明の性能は従来技術の性能と少なくとも等しくそしてしばしばそれよりも優れていることが例証された。本発明のシステムの大きい利点は、媒体を、典型的には多くの配合物について２０ないし１００サイクルだけリサイクルしそして再使用する能力に基づく。別の大きい利点は、低圧力で作動する研磨材ジェットストリーム切断および機械加工作業に必要な設備の単純化である。この特徴はかなりのコスト節減となり、設備の操作者の熟練および経験への依存性を少なくする。

【０１１３】

本発明でジェットストリームの凝集が増大したことは一般に、研磨材粒径に関連して従来技術で達成された切り目幅と比べて、他の全てのパラメータが同じであるなら、より狭い切り目幅を生じさせる結果となる。より狭い切り目幅は、切断物の製造において精度を大きくしそして細部を可能にするので、単独で考えても著しい利点である。

【０１１４】

一定の研磨材粒径について、切断端部の表面仕上げは従来技術で達成されるものよりもかなり良いことが観察された。従来技術で利用できる粒径よりも小さい粒径を使用できることを結びつけると、切断端部に表面仕上げ工程を必要としない切断物を製造することができ、操作回数を少なくしそして製造に必要な労働量と設備を少なくする。

【０１１５】

本発明で用いられる操作圧力は従来技術の研磨材ジェット切断工程で用いられる圧力よりも実質的に低い、切断速度は従来技術で達成される速度と比較して損なわれず、そして多くの場合それよりも大きいことが見出された。

【実施例】

【０１１６】

例１～３：

グアー（g u a r）ガム４０重量％の水溶液を、該ガムと水を約３５℃の僅かに高温で約３０分間、該ガムが十分に溶解するまで混合することにより生成する。このようにして生成された溶液に、マンノース、グルコースおよびグルコウロン酸カリウム アセチルエステルの高分子量アルカリ脱アセチル化ポリサッカリド０．６０重量％を加えそして溶解させた。この溶液に、ホウ酸３５重量％およびホウ酸ナトリウム２．０重量％の水溶液を等容量で添加しそして均一にブレンドされるまで混合すると、ヒドロゲル形成の開始が伴う。

10

20

30

40

50

【0117】

形成されるヒドロゲルに、粒径45 マイクロメートル (325メッシュ) のSiC50部を加え、合わせた材料を、研磨材の均一な分散体を得られるまで十分混合する。その結果、以後プレカーサー濃縮物と呼ばれるもろい粉末が得られる。上記のプレカーサー濃縮物は一般に乾燥粉末形で使用され、そして媒体がジェットストリーム切断および機械加工中に通過しなければならないノズルオリフィスのサイズに依存して、種々のパーセントの水、および適当なパーセントの切断・機械加工用の微粉碎研磨材と混合される。必ずではないが好ましくは、少量のパラフィン油又は炭化水素グリースを湿潤剤として組成物に加えて、直ちに使用しない場合に媒体上に外皮が形成するのを防止する。種々のノズルオリフィスサイズについての適当な容量配合の特徴を以下の表Iに掲示する。

10

【0118】

【表I】

オリフィス		容量%	容量%	ノズル	
例	サイズ (mm)	水	油	研磨材	定常粘度
1	0.129	20-50	1-10	0-20	72,000
2	0.254	10-20	0-5	0-20	368,000
3	0.635	7-12	0-3	0-20	4,520,000

【0119】

20

上記規定の組成物中の油成分は外皮形成を遅らせるか防止するだけでなく、粘着性を抑制する。油が少ないか無いと、媒体は金属および操作者の手に付着する。従って、適当な湿潤油は好ましい添加剤である。

【0120】

上記の媒体の貯蔵寿命はバクテリア又は菌の成長の攻撃により制限される。非常に少量の抗菌剤、例えばメチルー又はパラヒドロキシーベンゾエート、の典型的には約1%未満、そしてしばしば約0.5%未満の添加は、かかる攻撃を抑制するのにしばしば有用である。

【0121】

例4～26：

30

下記の成分を遊星形ミキサー内で合わせた：

成分	重量部
ポリボロシロキサン	35.0
ステアリン酸	21.5
ライトターキー レッドオイル	8.5
炭化水素系グリース	35.0

【0122】

ポリボロシロキサンは分子量125,000であり、ホウ素対ケイ素の比が1:25であった。該グリースはエクソン (Exxon) から得られる自動車車台潤滑用グリースであった。

40

【0123】

成分を周囲条件下で、滑らかな均質のブレンドが得られるまで混合し、そして次に部分に分割した。各部分を表IIに示す研磨材粒子と合わせそして混合して、複数の研磨材ジェットストリーム媒体を形成した。各配合物をステアリン酸の添加により、300,000 cPの定常粘度を生じるように調整した。

【0124】

各媒体配合物を、表IIに示す条件下で4分の1インチのアルミニウム板の切断に使用し、切断物を評価すると、表に報告する結果を示した。

【0125】

50

【表 I I】

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
4	SiC	40	220	0.020	1.6	3000	1	0.058	0.037	1.550	1.855	80.00
5	SiC	25	220	0.020	0.25	4000	2	0.030	0.020	1.500	1.000	12.50
6	カーボネット	50	220	0.020	0.25	4000	1	0.090	0.055	1.636	2.750	12.50
7	BC	58	320	0.015	0.075	7200	2	0.030	0.030	1.000	2.000	5.00
8	SiC	58	320	0.015	0.075	7400	2	0.028	0.037	0.757	2.467	5.00
9	SiC	58	320	0.015	0.075	7200	2	0.036	0.031	1.161	2.067	5.00
10	SiC	58	320	0.020	0.75	7400	2	0.065	0.033	1.970	1.650	37.50
11	SiC	58	320	0.020	0.75	7400	2	0.072	0.032	2.250	1.600	37.50
12	SiC	58	320	0.020	0.75	7400	2	0.065	0.033	1.970	1.650	37.50
13	SiC	58	500	0.015	0.075	7100	1	0.037	0.035	1.057	2.333	5.00
14	SiC	58	500	0.020	0.075	7100	1	0.035	0.030	1.167	1.500	3.75
15	SiC	58	320	0.020	0.075	7100	2	0.038	0.033	1.152	1.650	3.75
16	SiC	58	320	0.020	0.075	7000	1	0.040	0.035	1.143	1.750	3.75
17	SiC	58	320	0.020	0.50	7200	2	0.068	0.035	1.943	1.750	25.00
18	SiC	58	320	0.020	1.00	7200	2	0.080	0.045	1.778	2.250	50.00
19	SiC	58	320	0.020	1.50	7200	2	0.098	0.043	2.279	2.150	75.00
20	SiC	58	320	0.020	0.075	7000	1	0.045	0.032	1.406	1.600	3.75
21	SiC	58	320	0.020	0.075	7000	1	0.037	0.034	1.088	1.700	3.75
22	SiC	25	320	0.012	0.50	9700	1	0.057	0.035	1.629	2.917	41.67
23	SiC	25	320	0.012	0.50	9700	1	0.064	0.044	1.455	3.667	41.67
24	SiC	25	320	0.012	0.50	9700	1	0.080	0.050	1.600	4.167	41.67
25	SiC	25	320	0.010	0.50	9700	1	0.040	0.020	2.000	2.000	50.00
26	SiC	25	320	0.008	0.50	9700	1	0.035	0.018	1.944	2.250	62.50

【0126】

説明

A = 例番号

B = 研磨材

C = 濃度 (重量%)

D = メッシュ

E = ノズル直径, [dn]

F = スタンドオフ, [SOD]

G = 圧力 (psi)

H = 供給速度 (インチ/分)

I = 切り目幅頂部 (in) [kt]

J = 切り目幅底部 (in) [kb]

K = 切り目幅比 kt/kb

L = 切り目幅サイズ kb/dn

M = SOD/dn

【0127】

表 I I に示されるように、迅速、効果的且つ高品質の切断物が得られた。

【0128】

例 27-62:

例 4-26 に使用した基礎配合物を再び使用し、表 I I I に示す研磨材を混合した：粘度を、ステアリン酸を用いて静止粘度 300, 000 c p に調整し、配合物を 0.25 インチアルミニウム板の切断に用いた。切断条件を表 I I I に示す。

【0129】

該板の切断端部の特性を表面粗さについて測定した。測定値を表 I I I の G および H に示す。

【0130】

【表 I I I】

10

20

30

40

A	B	C	D	E	F	G	H
27	SiC	220	0.5	7300	5	53.15	1.35
28	SiC	220	0.5	7300	6	60.24	1.53
29	SiC	220	0.5	7300	7	53.94	1.37
30	SiC	220	0.5	7300	8	74.41	1.89
31	SiC	220	0.5	7300	9	72.05	1.83
32	SiC	220	0.5	7300	1	40.55	1.03
33	SiC	220	0.5	7300	1	50.00	1.27
34	BC	320	0.075	7200	2	33.46	0.85
35	BC	320	0.075	7200	2	46.46	1.18
36	BC	320	0.075	7200	2	92.13	2.34
37	BC	320	0.075	7200	2	62.99	1.6
38	BC	320	0.075	7200	2	43.70	1.11
39	SiC	320	0.075	7000	2	32.28	0.82
40	SiC	320	0.075	7000	2	26.77	0.68
41	SiC	320	0.075	7000	2	27.56	0.7
42	SiC	320	0.5	7000	2	35.83	0.91
43	SiC	320	0.5	6000	2	53.54	1.36
44	SiC	320	0.5	5000	2	51.18	1.3
45	SiC	500	0.625	7650	2	49.61	1.26
46	SiC	500	0.625	7650	1	26.38	0.67
47	SiC	500	0.625	7650	1	52.36	1.33
48	SiC	500	0.625	7650	2	52.76	1.34
49	SiC	500	0.625	7650	3	113.78	2.89
50	SiC	500	0.075	7000	1	28.74	0.73
51	SiC	500	0.075	7000	1	22.83	0.58
52	SiC	500	0.075	7000	1	56.69	1.44
53	SiC	500	0.075	7000	1	62.60	1.59
54	SiC	500	0.075	7000	1	15.35	0.39
55	SiC	500	0.075	7000	1	28.35	0.72
56	SiC	500	0.075	7000	1	14.96	0.38
57	SiC	320	0.075	7300	2	82.68	2.1
58	SiC	320	0.075	7300	2	106.30	2.7
59	SiC	320	0.075	7300	2	145.67	3.7
60	SiC	320	0.075	7170	1	62.99	1.6
61	SiC	320	0.075	7170	1	68.50	1.74
62	SiC	320	0.075	7170	1	76.38	1.94

10

20

30

【0131】

説 明

A = 例

B = 研磨材

C = メッシュ

D = スタンドオフ距離 (インチ)

E = 圧力 (psi)

F = 供給速度 (インチ/分)

G = Ra (inch)

H = Ra (um)

40

【0132】

当業者は、測定しそして表 I I I に報告した表面仕上げが研磨材ジェットストリーム切断法については例外的な品質であることを容易に認めるであろう。

【0133】

前記の例は本発明を例示するためのものである。本発明の範囲を制限するためのものではない。本発明は、本発明の範囲を特別の様式で示す下記の請求の範囲によって規定されそして限定される。

【図面の簡単な説明】

【0134】

【図1】図1は、再使用する再循環される媒体を提供する本発明の一態様を示す断面略図

50

である。

【図 2】 図 2 は、本発明による好ましい形態のノズルを示す断面図である。

【図 1】

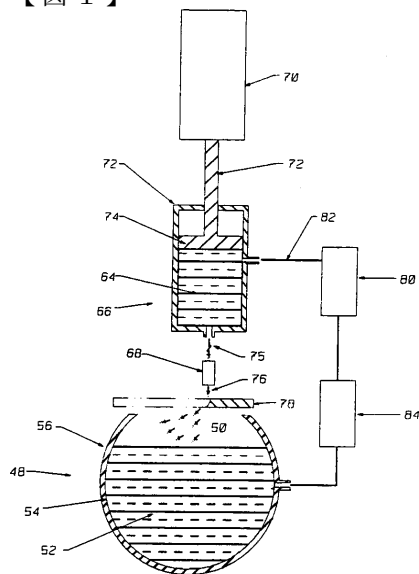


Figure 1

【図 2】

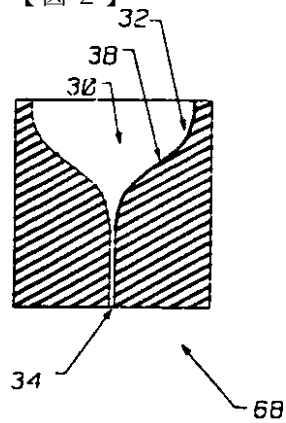


Figure 2

フロントページの続き

合議体

審判長 野村 亨

審判官 豊原 邦雄

審判官 佐々木 正章

- (56)参考文献 米国特許第3524367 (US, A)
特開昭62-193799 (JP, A)
特開昭64-87159 (JP, A)
特開昭61-152369 (JP, A)
米国特許第4872975 (US, A)
特開平2-237799 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B24C1/00,9/00