

明 細 書

発明の名称：

切りくず分断性予測装置、制御装置及び切りくず分断性予測方法

技術分野

[0001] 本発明は、切りくず分断性予測装置、制御装置及び切りくず分断性予測方法に関する。

背景技術

[0002] 一般に、切りくずの分断可否は工具メーカーのカatalogにブレーカの適正範囲として書かれているものを参考にすることができる。しかし、材料によって適正範囲は大きく変化するため、適正範囲が合わないことも多い。そのため、条件、工具を変えて多くの実験を実施して適正な条件を絞り込むことが一般的である。

[0003] また、研究レベルでは、下記非特許文献1のようにFEM解析ソフトを用いて切りくずの分断可否を予測する取り組みがある。この非特許文献1では、切りくず分断過程を熱弾塑性有限要素法を用いて解析することで、実験結果と一致することが認められたと述べられている。しかし、FEM解析は一条件当たりの解析時間が長く必要なため、多くの工具や幅広い条件範囲における切りくずの分断可否の予測には適さない。

[0004] また、切りくずの分断を理論的に捉える取り組みもされている（例えば下記非特許文献2参照）。非特許文献2に開示されているように、切りくずが破断するときの条件は、切りくず材質により決定される切りくず破断ひずみと、切りくず厚さ及び切りくずの初期カール半径から求められる切りくずに生じる引張ひずみと、を用いることにより取得することができる。

[0005] 非特許文献1においては、熱弾塑性有限要素法を用いた理論的な考察が示され、また非特許文献2には、切りくずの分断を理論的に捉えることが示されている。しかし、これら非特許文献には一般的な理論的考察が示されているに過ぎない。このため、切削加工を行う現場において具体的な被削材に対

する切削条件を設定する際に、この理論的な考察をそのまま用いることができるとは限らない。

先行技術文献

非特許文献

[0006] 非特許文献1：チップブレーカによる切りくず破断過程の熱弾塑性有限要素法シミュレーション、篠塚ら、精密工学会誌VOL. 62、NO8、p1161-1166、1996

非特許文献2：チップブレーカの研究、中山一雄、日本機械学会論文集（第3部）27巻178号、p833-843、1961. 6

発明の概要

[0007] 本発明の目的は、切削加工を行うに際して、切削加工の条件出しを容易に行えるようにすることにある。

[0008] 本発明の一局面に係る切りくず分断性予測装置は、切削加工における被削材及び工具に関する情報が格納された格納部と、前記格納部に格納された前記情報中に示された被削材及び工具から選択される切削加工の対象となる被削材及び使用する工具に関する情報を受け取るとともに、前記切削加工での送り速度及び切込み量を示す情報を受け取るように構成された受付部と、前記受付部が受け取った情報を使用して切りくずの分断可否を予測するための情報を導出するように構成された演算部と、前記演算部によって導出された、前記切りくずの分断可否を予測するための前記情報を表示するように構成された表示部と、を備える。

[0009] 本発明の一局面に係る制御装置は、切削加工における切りくずの分断性を予測するための予測システムに設けられ、入出力装置と通信可能に接続される制御装置であって、切削加工における被削材及び工具に関する情報が格納された格納部と、前記格納部に格納された前記情報中に示された被削材及び工具のうち、前記入出力装置において選択された切削加工の対象となる被削材及び使用する工具に関する情報を前記入出力装置から受け取るとともに、前記切削加工での送り速度及び切込み量を示す情報を前記入出力装置から受

け取るように構成された受付部と、前記受付部が受け取った前記情報を使用して切りくずの分断可否を予測するための情報を導出するように構成された演算部と、前記演算部によって導出された、前記切りくずの分断可否を予測するための前記情報が前記入出力装置の表示部に表示されるように、前記入出力装置と通信するように構成された通信部と、を備える。

[0010] 本発明の一局面に係る切りくず分断性予測方法は、格納部に格納された情報中に示された切削加工における被削材及び工具から選択された、切削加工の対象となる被削材及び使用する工具に関する情報を受付部によって受け取るとともに、前記切削加工での送り速度及び切込み量を示す情報を前記受付部によって受け取り、前記受付部が受け取った前記情報を使用して、演算部により、切りくずの分断可否を予測するための情報を導出し、前記演算部によって導出された前記情報を表示部に表示する。

[0011] 本発明の一局面に係る切りくず分断性予測方法は、格納部に格納された情報中に示された切削加工における被削材及び工具から選択される切削加工の対象となる被削材及び使用する工具に関する情報を入出力装置から受け取るとともに、前記切削加工での送り速度及び切込み量を示す情報を前記入出力装置から受け取り、受け取った前記情報が示す被削材、工具、送り速度及び切込み量の場合の切りくずの分断可否を予測するための情報を演算部により導出し、前記演算部によって導出された前記情報が前記入出力装置の表示部に表示されるように、通信部により、前記入出力装置と通信する。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]第1実施形態に係る切りくず分断性予測装置を概略的に示す図である。

[図2]前記切りくず分断性予測装置に含まれる入出力部の表示部に設けられた表示画面の一例を示す図である。

[図3]チャンファ幅 b を説明するための図である。

[図4]切りくず厚さ h を説明するための図である。

[図5]切りくず流出方向 θ d を説明するための図である。

[図6]切込み量 d がノーズ半径 R よりも大きい場合の切取り厚さ t を説明する

ための図である。

[図7]式(6)で求められる a が負のときの切取り厚さ t を説明するための図である。

[図8]式(8)を用いる場合の切取り厚さ t を説明するための図である。

[図9]切りくず流出方向 θ のすくい角 α 及びブレーカ形状 β (切りくず初期カール半径 r_0)の算出方法を説明するための図である。

[図10]すくい面及びブレーカ斜面の導出方法を説明するための図である。

[図11A]平行型のチップを説明するための図である。

[図11B]クランプ型のチップを説明するための図である。

[図12]切りくずの破断ひずみ ε_c の決定方法を説明するための図である。

[図13]切りくず厚さ h が、刃先からブレーカ頂点までの距離 L よりも大きい場合を示す図である。

[図14]きりくずの分断性を予測する方法を説明するための図である。

[図15]切りくず分断性予測装置により得られた予測結果の一例を示す図である。

[図16A]引張ひずみを補正引張ひずみによって代替した場合の予測結果の一例を示す図である。

[図16B]引張ひずみを補正引張ひずみによって代替した場合の予測結果の一例を示す図である。

[図16C]引張ひずみを補正引張ひずみによって代替した場合の予測結果の一例を示す図である。

[図17]引張ひずみを補正引張ひずみによって代替した場合の予測結果の一例を示す図である。

[図18]切りくず厚さ h が、刃先からブレーカの頂点までの距離 L よりも大きい場合の予測結果の一例を示す図である。

[図19]切りくず厚さ h が、刃先からブレーカの頂点までの距離 L よりも大きい場合の予測結果の一例を示す図である。

[図20]第2実施形態に係る制御装置を含む予測システムを概略的に示す図で

ある。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本発明を実施するための形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

[0014] (第1実施形態)

図1に示すように、第1実施形態に係る切りくず分断性予測装置10は、演算処理を行うための制御部12と、処理プログラムやデータなどを格納する格納部14と、情報を入出力するために用いられる入出力部16と、を備えている。制御部12は、中央演算処理装置(CPU; Central Processing Unit)を有しており、このCPUにより、各種演算を実行するように構成されている。演算を行うに際して、制御部12は、入出力部16から入力された情報及び格納部14に格納された情報を適宜用いる。

[0015] 格納部14には、切削加工における被削材に関する情報(被削材情報14a)及び工具に関する情報(工具情報14b)が格納されている。被削材情報14aには、被削材の名称に関する情報、破断ひずみの値、せん断角等の情報が含まれる。工具情報14bには、ホルダの名称に関する情報、チップの名称に関する情報、チップにおける所定方向における断面の形状を表すデータ等の情報が含まれる。

[0016] また、格納部14には、入出力部16を通して入力された情報や、後述の演算部12bによる演算で用いられるデータや情報が一時的に記憶されることもある。

[0017] 入出力部16は、切削加工条件や演算結果を表示するように構成された表示部16aを有する。図2に示すように、表示部16aの表示画面20には、入力領域21と結果出力領域22とが含まれている。入力領域21には、キーボード等の入力部16bでの操作に応じた情報が入力される。なお、入力部16bは、表示部16aと一体的に構成されていてもよい。

[0018] 入力領域21には、被削材の欄21a、ホルダ形状の欄21b、チップ形

状の欄 2 1 c、切削条件の欄 2 1 d 及びクーラント条件の欄 2 1 e が含まれている。被削材の欄 2 1 a においては、プルダウン形式で各種被削材が表示されるようになっている。このリストの中から切削加工の対象となる被削材を選択可能である。被削材の欄 2 1 a で一覧表示される被削材は、格納部 1 4 に格納された被削材に関する情報から取得される。入出力部 1 6 を通して選択された被削材を示す情報は、後述する受付部 1 2 a に入力される。

[0019] ホルダ形状の欄 2 1 b においては、プルダウン形式で各種ホルダが表示されるようになっている。このリストの中から、使用するホルダを選択可能である。また、横切れ刃角及び切れ刃傾き角を手動で入力することもできる。横切れ刃角、切れ刃傾き角を示す情報は、後述する受付部 1 2 a に入力される。

[0020] チップ形状の欄 2 1 c においては、プルダウン形式で各種チップが表示されるようになっている。このリストの中から、使用するチップを選択可能である。チップ形状の欄 2 1 c で一覧表示されるチップは、格納部 1 4 に格納された工具を示す情報から取得される。また、チップの先端半径及び先端角を指定することも可能である。この欄 2 1 c で選択されたチップを示す情報、及びこの欄 2 1 c で指定されたチップの先端半径及び先端角を示す情報は、後述する受付部 1 2 a に入力される。

[0021] 切削条件の欄 2 1 d においては、切削速度、送り速度及び切込み量を入力可能な入力ボックス 2 1 d 1 と、その隣に配置された調整欄 2 1 d 2 とが含まれている。送り速度は、一回転当たりの送り量であり、切込み量は半径方向の切込み量である。

[0022] 切削速度、送り速度及び切込み量の数値は入力ボックス 2 1 d 1 に入力される。ただし、送り速度及び切込み量については、調整欄 2 1 d 2 に表示されたスライダを動かすことにより、入力ボックス 2 1 d 1 に入力された数値を微調整することが可能となっている。なお、切削速度については、後述する切りくずに生ずる引張ひずみの算出には使用されない。したがって、切削速度の入力ボックス 2 1 d 1 については省略可能である。この欄 2 1 d で入

力された送り速度及び切込み量に関する情報は、後述する受付部 1 2 a に入力される。

[0023] クーラント条件の欄 2 1 e においては、クーラントを使用するか否かの入力が行なわれる。なお、この入力された情報は、切りくず分断の予測には使用されなくてもよい。このため、クーラント条件の欄 2 1 e を省略可能である。

[0024] 結果出力領域 2 2 においては、等高線図の欄 2 2 a、分断可否の欄 2 2 b、分断予測値の欄 2 2 c、破断境界の欄 2 2 d、工具候補の欄 2 2 e が含まれている。等高線図の欄 2 2 a に画像表示される等高線図は、切削加工の条件を座標軸とした座標系にて示す等高線図である。等高線図では、切りくずに生じる引張りずみの分布が等高線により表されるとともに、切りくずの破断境界 2 2 f が表されている。

[0025] 図 2 に示す等高線図は、横軸を送り速度、縦軸を切込み量としている。なお、横軸を切込み量、縦軸を送り量としてもよい。

[0026] 等高線図では、入力領域 2 1 において入力されて後述の受付部 1 2 a が受け取った情報が示す送り速度及び切込み量が等高線図の中心に位置するように、表示される送り速度及び切込み量の範囲が設定されている。また、表示される送り速度及び切込み量の範囲には、実際に調整され得ると予測される範囲が少なくとも含まれ、かつ、その範囲に対して大きくなり過ぎない範囲が表示されるように決定される。したがって、送り速度又は切込み量を調整する場合に調整量を判断しやすい等高線図となっている。これらの表示制御は、制御部 1 2 に含まれる表示制御機能によってなされるが、制御部 1 2 は、表示制御機能によって得られた制御情報を通信部 1 2 c を通して入出力部 1 6 に提供する。

[0027] 等高線図には、入力領域 2 1 において入力されて後述の受付部 1 2 a によって受け付けられた送り速度及び切込み量を示す印（図 2 では、「+」印）が表示されるとともに、破断境界 2 2 f が破線によって表示される。破断境界 2 2 f は、送り速度及び切込み量を変えたときの切りくずに生じる引張り

ずみが破断ひずみ ε_c となる条件を示している。また、等高線図には、破断ひずみに対する引張ひずみの比率の等高線が示されている。そして、引張ひずみの分布は、比率の大小が、色彩、色相の濃淡、及び輝度から選択される 1 つ以上の方法で所定値ごとに区分けされるように表示される。なお、比率に代えて、差分値が用いられてもよい。

[0028] 分断可否の欄 2 2 b には、後述する演算部 1 2 b により導出された情報に基づいて、切りくずが分断すると予測されるのか、分断しないと予測されるのか、その中間的な値なのかを示す印が表示される。これにより、分断の可否を視覚的に捉えることができる。

[0029] 分断予測値の欄 2 2 c には、入力領域 2 1 において入力されて後述の受付部 1 2 a によって受け付けられた送り速度及び切込み量の場合における引張ひずみ ε の値が数値で表示され、また、破断境界の欄 2 2 d には、破断ひずみ ε_c の値が数値で表示される。

[0030] 工具候補の欄 2 2 e には、後述する演算部 1 2 b により導出された情報に基づいて、切りくずが分断すると予測される工具の一覧が表示される。すなわち、入力領域 2 1 において選択された被削材について、演算部 1 2 b は、格納部 1 4 に格納された情報に含まれる全ての工具に対して、切りくずが分断するかどうかを演算する。このため、この演算によって、切りくずの分断性が高いと予測された工具が上位に配置されるように、すべての工具が工具候補の欄 2 2 e に表示される。すなわち、各工具について、切りくずの分断性が一覧表示される。これらの表示制御も、制御部 1 2 に含まれる表示制御機能によってなされるが、制御部 1 2 は、表示制御機能によって得られた制御情報を通信部 1 2 c を通して入出力部 1 6 に提供する。

[0031] 図 1 に示すように、制御部 1 2 により実行される機能には、受付部 1 2 a と演算部 1 2 b と通信部 1 2 c とが含まれている。受付部 1 2 a は、切削加工条件等の、切りくずが分断するかどうかについて影響を与える因子についての情報を受け取る。具体的に、受付部 1 2 a には、入出力部 1 6 の入力領域 2 1 において選択された被削材及び工具に関する情報が入出力部 1 6 から

入力される。また、受付部 1 2 a には、入出力部 1 6 の入力領域 2 1 において入力された送り速度及び切込み量を示す情報が入出力部 1 6 から入力される。すなわち、受付部 1 2 a は、格納部 1 4 に格納された被削材情報 1 4 a に含まれる被削材及び工具情報 1 4 b の中に示された工具から選択される、切削加工の対象となる被削材及び使用する工具に関する情報を受け取るとともに、入出力部 1 6 において入力された送り速度及び切込み量を示す情報を受け取る。

[0032] 演算部 1 2 b は、受付部 1 2 a が受け取った情報を使用して切りくずの分断可否を予測するための情報を導出する。

[0033] 通信部 1 2 c は、演算部 1 2 b によって導出された切りくずの分断可否を予測するための情報が、入出力部 1 6 に含まれる表示部 1 6 a の表示画面 2 0 における結果出力領域 2 2 に表示されるように、入出力部 1 6 と通信する。分断可否を予測するための情報には、等高線図の欄 2 2 a に表示される情報、分断可否の欄 2 2 b に表示される印、分断予測値の欄 2 2 c に表示される引張ひずみの値、破断境界の欄 2 2 d に表示される破断ひずみの値が含まれる。

[0034] ここで、演算部 1 2 b によって行われる、切りくずの分断可否を予測するための情報の導出、及び分断可否の予測判断について詳細に説明する。

[0035] 切りくず 3 0 (図 3) の分断可否は、切削加工時の切りくず 3 0 に生じる引張ひずみ ε と、切削加工に使用される材料の破断ひずみ ε_c とを比較し、引張ひずみ ε が破断ひずみ ε_c よりもどの程度大きいか否かにより、予測される。

[0036] 切りくず 3 0 に生じる引張ひずみ ε は下記の式 (1) で求められる。ここで、 h は切りくず厚さであり、 r_0 は、切りくず初期カール半径である。つまり、引張ひずみ ε は、切りくず 3 0 の初期カール半径 r_0 及び切りくず厚さ h に基づいて算出される。

[0037]

[数1]

$$\varepsilon = \frac{h}{2r_0} \quad \cdots \text{式(1)}$$

[0038] 引張ひずみ ε は、下記の式（２）、式（３）によって補正される補正引張ひずみ ε' によって代替されてもよい。ここで、 t は切取り厚さであり、 b はチャンファ幅又は刃先丸み半径である。すなわち、チャンファ幅又は刃先丸み半径 b に対する切取り厚さ t の比率を示す関係式によって引張ひずみ ε が補正引張ひずみ ε' に補正されてもよい。ただし、 A は上限を 1 とするため、チャンファ幅又は刃先丸み半径 b よりも切取り厚さ t の方が大きい場合には、 $A = 1$ とする。

[0039] [数2]

$$\varepsilon' = \varepsilon \times A^2 \quad \cdots \text{式(2)}$$

$$A = \frac{t}{b} \quad \cdots \text{式(3)}$$

[0040] なお、式（２）では、 A の 2 乗を用いているが、これに代え、 A の 1 乗又は A の 3 乗を用いてもよい。チャンファ幅 b は、図 3 に示すように、刃先の縁部において面取りされた平坦な面の部分の幅である。刃先丸み半径 b は、刃先の縁部における丸み半径である。

[0041] 切りくず厚さ h は、図 4 に示すような幾何学的関係により決定されるため、下記の式（４）によって算出される。ここで、 t は切取り厚さであり、 ϕ はせん断角であり、 α はすくい角である。

[0042] [数3]

$$h = t \cdot \frac{\sin(\phi + 90 - \alpha)}{\sin \phi} \quad \cdots \text{式(4)}$$

[0043] 切取り厚さ t は、切削加工条件および工具姿勢から幾何学的に求められる

。まず、図6に示すように、切込み量 d がノーズ半径 R （図5参照）よりも大きい場合には、切取り厚さ t は、送り速度 f 、横切れ刃角 θ を用いて式（5）により求められる。また、切込み量 d とノーズ半径 R を用いて式（6）で求められる a の値が負のときは、切取り厚さ t は、切込み量 d と同じ値になるため、式（7）が用いられる。なお、式（6）で求められる a の値が負のときは、図7に示す場合である。それ以外の場合、すなわち、切込み量 d がノーズ半径 R よりも小さく、しかも式（6）で求められる a の値が正のときは、式（8）で切取り厚さ t が求められる。なお、式（8）を用いる場合は、図8に示す場合であり、横切れ刃角 θ は関係なくなり、ノーズ半径 R 、切込み量 d 及び送り速度 f によって切取り厚さ t が決まる。

[0044] [数4]

$$t = f \cdot \cos \theta \quad \cdots \text{式(5)}$$

$$a = \sqrt{R^2 - (R - d)^2} - f \quad \cdots \text{式(6)}$$

$$t = d \quad \cdots \text{式(7)}$$

$$t = R - \sqrt{R^2 + f^2 - 2f\sqrt{R^2 - (R - d)^2}} \quad \cdots \text{式(8)}$$

[0045] すくい角 α は、格納部 14 に記憶されたチップの所定方向における断面形状データから取得される。すくい角 α は、すくい面のどの部位においても一定というわけではない。このため、すくい角 α としては、切りくず 30 の流出方向 θd （図5参照）に沿う断面におけるすくい角 α が採用される。このため、この方向 θd に沿う断面でのすくい角 α が演算部 12 b によって導出されて、一時的に格納部 14 に格納される。

[0046] 切りくず 30 の流出方向 θd は、被削材に接触するチップの両端（ノーズの周方向における両端）を結んだ直線に垂直な方向に切りくず 30 が流出するものとして、C o l w e l l の近似式を用いて算出され得る。すなわち、切込み量 d 、送り速度 f 、チップのノーズ半径 R が決まれば、図5に示すよ

うに、これらの幾何学的関係から切りくず30の流出方向 θd を算出することができる。

- [0047] 格納部14には、横切れ刃に垂直な方向 $\theta 1$ における断面でのすくい角 $\alpha 1$ と、チップの先端角の二等分線に沿う方向 $\theta 2$ における断面でのすくい角 $\alpha 2$ とが記憶されている。このため、演算部12bは、これらのすくい角 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ を用い、切削加工条件に応じた流出方向 θd でのすくい角 α を、内挿あるいは外挿により求める（図9参照）。なお、図9において、横軸の $\theta 2$ は、チップの先端角の二等分線に沿う方向に相当し、 $\theta 1$ は、横切れ刃に垂直な方向に相当する。
- [0048] また、ブレーカ形状についても同様に導出される。すなわち、格納部14には、所定方向におけるブレーカ形状を示すデータが格納されている。この所定方向とは、横切れ刃に垂直な方向 $\theta 1$ と、チップの先端角の二等分線に沿う方向 $\theta 2$ である。そして、演算部12bは、格納部14に格納された2つの方向 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ におけるブレーカ形状 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ （又は切りくず初期カール半径 r_0 ）のデータから、切削加工条件に応じた切りくず流出方向 θd でのブレーカ形状 β （又は切りくず初期カール半径 r_0 ）を、内挿あるいは外挿により求める。
- [0049] 図10に示すように、すくい角 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ は、チップのすくい面27における対応する方向での断面において、すくい面27を直線近似した場合の勾配（又は平坦な部分の勾配）及び刃先位置からの距離（すなわち、刃先位置を原点位置とした場合の切片の値）によって求められる。また、ブレーカ形状 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ は、チップのブレーカ斜面28における対応する方向の断面において、ブレーカ斜面28を直線近似した場合の勾配（又は平坦な部分の勾配）によって求められる。
- [0050] せん断角 ϕ は、切削試験を行うことによって得られたものであり、格納部14に格納されている。この切削試験に用いられた切削速度、切取り厚さ t 及びすくい角 α の一例を表1に示す。格納部14には、これ以外の条件で行われた切削試験から得られたせん断角 ϕ のデータも含めて、せん断角 ϕ を示

す情報も格納されている。

[0051] [表1]

切削速度 (m/min)	200
切取り厚さ (mm)	0.08、0.12、0.2、0.3
すくい角 (°)	0.5

[0052] 切削試験では、得られた切りくず30の厚さを実測する。この実測された切りくず厚さを式(4)の切りくず厚さhに代入することにより、せん断角φが求まる。被削材であるS45Cの切削試験で得られた切りくず厚さ及び算出されたせん断角の一例を表2に示す。

[0053] [表2]

切削速度 m/min	送り速度 mm/rev	切りくず厚さ mm						せん断角 °
		1	2	3	4	5	平均	
200	0.08	0.191	0.184	0.194	0.196	0.193	0.192	22.7
	0.12	0.265	0.266	0.271	0.271	0.274	0.269	24.1
	0.2	0.419	0.418	0.447	0.442	0.437	0.433	24.9
	0.3	0.572	0.643	0.651	0.617	0.683	0.633	25.5
平均								24.3

[0054] 切りくず30の初期カール半径 r_0 は、チップが図11A及び図11Bに示す平行型及びクランプ型のいずれのパターンに当てはまるかにより、算出の仕方が異なる。図11Aに示す平行型では、ブレーカ斜面28が小さいため、切りくず30は、すくい面27における刃先32の部分とブレーカの頂点29とに接する。このため、初期カール半径 r_0 は、刃先32及びブレーカの頂点29と接する円弧の半径として幾何学的に算出される。一方、図11Bに示すクランプ型においては、切りくず30がすくい面27における刃先32の部分と、ブレーカ斜面28とに接する。このため、初期カール半径 r_0 は、刃先32及びブレーカ斜面28と接する円弧の半径として幾何学的に算出される。なお、平行型かクランプ型かを判断するには、演算部12bによっ

て導出されたブレーカの形状が用いられる。

[0055] また、初期カール半径としては、すくい角 α と同様に、切削加工条件に応じた切りくず流出方向 θd での初期カール半径 r_0 が用いられる。すなわち、格納部14には、横切れ刃に垂直な方向 $\theta 1$ における断面での初期カール半径 $r 1$ （図9参照）とチップの先端角の二等分線に沿う方向 $\theta 2$ における断面での初期カール半径 $r 2$ （図9参照）とが記憶されている。そして、演算部12bは、これらの初期カール半径 $r 1$ 、 $r 2$ を用い、切削加工条件に応じた流出方向 θd での初期カール半径 r_0 を、内挿あるいは外挿により求める。

[0056] 以上のようにして式（1）により、引張ひずみ ε が導出される。一方、切りくず破断ひずみ ε_0 については、条件を少しずつ変えて行った切削試験により得ることができる。格納部14には、切削試験によって各被削材に対して得られた破断ひずみ ε_0 の値が格納されている。すなわち、格納部14には、切削加工条件（切込み量 d 及び送り速度 f ）を変えて行った切削試験によって得られた破断ひずみ ε_0 の値が被削材と関連付けられて格納されている。

[0057] 図12は、切りくず30が分断しているかどうかを判定したときの一例を示している。この例は、被削材としてS45Cを用いた場合の結果の一例である。切りくず30が分断しなかった場合には「×」とし、一部分断したが、10巻き以上繋がった切りくず30が生じた場合には「△」とし、10巻き以内で分断した場合には「○」としている。

[0058] 各切削試験において算出された切りくず30の引張ひずみ ε について、切りくず30が分断していると判断されたとき（「○」とされたとき）のうち、最も引張ひずみ ε が小さいときの値を切りくず破断ひずみ ε_0 とした。各被削材に対する切りくず破断ひずみ ε_0 の値が、被削材の名称と関連付けられて格納部14に格納されている。

[0059] 上述したように、引張ひずみ ε は、式（1）にしたがって算出されて、破断ひずみ ε_0 と比較され、それにより、分断性の予測がなされる。ただし、図13に示すように、切りくず厚さ h が、刃先32からブレーカ頂点29まで

の距離 L よりも大きい場合、すなわち

$$h > L \quad \dots \text{式 (9)}$$

が成立する場合には、演算部12bは、切りくず30が分断しないと予測することを示す情報を出力する。つまり、引張ひずみ ε と破断ひずみ ε_c との比較による分断性予測では、刃先32からブレーカの頂点29までの距離 L が小さければ小さいほど、分断しやすい、という判定になる。しかし、実際はブレーカが小さすぎると、図13に示すように、切りくず30がブレーカによって曲げられることなく、ブレーカを通り抜けてしまい、切りくず30が分断しなくなる。このような現象が生ずる場合の分断性予測性を向上できるようにすべく、式(9)が成立する場合の分断性予測も追加されている。

[0060] 次に、第1実施形態に係る切りくず分断性予測装置10を用いて、きりくず30の分断性を予測する方法について、図14を参照しつつ説明する。

[0061] 被削材について切削加工を行うには、切削加工条件を設定する必要がある。切削加工条件を設定するために、切りくず分断性予測装置10が用いられる。使用者は、切りくず分断性予測装置10を用いて、必要な情報を入力部16に入力し、切りくずの分断性予測結果を出力させ、この予測結果に応じて、切削加工条件を決定する。

[0062] まず、使用者は、入力部16において、入力領域21の被削材の欄21aにおいて、対象となる被削材を選択し、ホルダ形状の欄21b及びチップ形状の欄21cにおいて、使用するホルダ及びチップを選択する(ステップST11)。これにより、格納部14に格納された被削材及び工具に関する情報から、選択された被削材及び工具に関する情報が抽出されて受付部12aに入力される。このとき、使用者が、横切れ刃角、切れ刃傾き角、ノーズ半径 R 、先端角の値を入力した場合には、これらの情報も受付部12aに入力される。

[0063] また、使用者は、切削条件の欄21dにおいて、切削速度、送り速度 f 、切込み量 d を入力する(ステップST12)。これらの情報も受付部12aに入力される。なお、これらの切削条件の値は暫定値であり、切りくず30が

分断しないと予測された場合には、再度切削条件を入れ直すことになる。また、ホルダ及びチップについても、予測結果にしたがって変更することになるかもしれない。

- [0064] 切削加工に必要な情報が受付部 12 a に入力されると、演算部 12 b は、受付部 12 a が受け取った情報を使用して、切りくず 30 の分断可否を予測するための情報を導出する。具体的に、演算部 12 b は、まず、切込み量 d とノーズ半径 R との大小関係に応じて、式 (5)、式 (7) 及び式 (8) の何れかを用いて切取り厚さ t を算出する (ステップ S T 13)。
- [0065] また、演算部 12 b は、切込み量 d 、送り速度 f 及びチップのノーズ半径 R を用いて、切りくず流出方向 θd を求める (ステップ S T 14)。切りくず流出方向 θd は、格納部 14 に格納された例えば C o l w e l l の近似式を用いて算出される。この算出された切りくず流出方向 θd 、格納部 14 に格納されているすくい角 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ 及び切りくずの初期カール半径 $r 1$ 、 $r 2$ を用いて、演算部 12 b は、当該方向 θd におけるすくい角 α 及び切りくずの初期カール半径 r_0 を算出する (ステップ S T 15, S T 16)。
- [0066] 続いて、演算部 12 b は、ステップ S T 13 で得られた切取り厚さ t 、ステップ S T 15 で得られたすくい角 α 、格納部 14 に格納されているせん断角 ϕ を式 (4) に代入することにより、切りくず厚さ h を算出する (ステップ S T 17)。また、演算部 12 b は、ステップ S T 16 で得られた初期カール半径 r_0 と、ステップ S T 17 で得られた切りくず厚さ h とを、式 (1) に代入することにより、引張ひずみ ε を導出する (ステップ S T 18)。
- [0067] このとき、選択されたチップのチャンファ幅又は刃先丸み半径 b が切取り厚さ t に対し、比較的大きいと判定された場合には、式 (1) の引張ひずみ ε として、式 (2) によって算出される補正引張ひずみ ε' が代替的に用いられる (ステップ S T 19)。
- [0068] 導出された引張ひずみ ε (又は補正引張ひずみ ε') の値は、入出力部 16 の結果出力領域 22 における分断予測値の欄 22 c に表示される。また、破断ひずみ ε_0 の値は、入出力部 16 の結果出力領域 22 における破断境界の

欄 2 2 d に表示される（ステップ S T 2 0）。

[0069] そして、演算部 1 2 b は、ステップ S T 1 8 において導出された引張ひずみ ε （又は補正引張ひずみ ε' ）と格納部 1 4 に格納されている破断ひずみ ε_c とを比較することにより、切りくず 3 0 の分断性を判定する（ステップ S T 2 1）。

[0070] 通信部 1 2 c は入出力部 1 6 と通信する。これにより、導出された引張ひずみ ε （又は補正引張ひずみ ε' ）と破断ひずみ ε_c との比較結果に基づいて、入出力部 1 6 の結果出力領域 2 2 における分断可否の欄 2 2 b に、○△×等の分断性を示す印が表示される（ステップ S T 2 2）。例えば、引張ひずみ ε （又は補正引張ひずみ ε' ）の値が破断ひずみ ε_c と比べて所定値以上大きな場合に、「○」の表示がなされる。つまり、この場合には、切りくずが分断すると予測されるとの結果が表示される。

[0071] また、演算部 1 2 b は、選択された切込み量 d 及び送り速度 f だけでなく、これらの値を含む所定範囲にある切込み量 d 及び送り速度 f の場合についても、同様に、引張ひずみ ε （又は補正引張ひずみ ε' ）を導出する。すなわち、演算部 1 2 b は、等高線図に表示される範囲の送り速度及び切込み量の範囲で切削加工の条件を変えたときのそれぞれの場合に対する切りくずの分断可否を予測するための情報を導出する。また、演算部 1 2 b は、これらの範囲における切込み量 d 及び送り速度 f の場合の破断ひずみ ε_c を抽出する。

[0072] そして、通信部 1 2 c は、この所定範囲の切込み量 d 及び送り速度 f の場合の引張ひずみ ε （又は補正引張ひずみ ε' ）についての等高線図を作成するための情報を出力する。また、通信部 1 2 c は、等高線図の画像が入出力部 1 6 における表示部 1 6 a の表示画面 2 0 に表示されるようにするための情報を出力するように、入出力部 1 6 と通信する（ステップ S T 2 3）。そして、表示部 1 6 a の表示画面 2 0 に等高線図が表示される。この等高線図の画像には、各切込み量 d 及び送り速度 f のときの破断ひずみ ε_c も表示される。すなわち、通信部 1 2 c は、演算部 1 2 b によって導出された情報に基

づき、入出力部 1 6 と通信する。これにより、入出力部 1 6 の表示部 1 6 a には、切削加工の条件を座標軸とした座標系において、切りくずに生じる引張ひずみ ε の分布が等高線により表示されるとともに切りくずの破断境界 2 2 f を表す画像が表示される。

[0073] また、演算部 1 2 b は、選択された被削材について、格納部 1 4 に格納された工具情報 1 4 b に含まれる全ての工具について、引張ひずみ ε （又は補正引張ひずみ ε' ）と破断ひずみ ε_c とを比較する。これにより、各工具に対して、切りくず 3 0 が分断するかどうか演算される。その結果、切りくずが分断しやすいと判定された順に、登録されているすべての工具が工具候補の欄 2 2 e に一覧表示される（ステップ S T 2 4）。

[0074] 入力された切削加工条件で切りくず 3 0 が分断すると判定された場合には、使用者は、入力された切削加工条件にて被削材の切削加工を行えばよい。一方、入力された切削加工条件では切りくず 3 0 が分断しないと判定された場合には、表示された等高線図を参照し、分断すると予測される切削条件に変更すればよい。あるいは切削加工条件を変更して再度、切りくず分断性予測装置 1 0 を用いて、きりくず分断性の予測を行ってもよい。あるいは、工具候補に表示された工具に変更して被削材の切削加工を行ってもよい。

[0075] 次に、切込み量 d 、送り速度 f を変えて行った切削試験で得られた分断性予測結果の一例を紹介する。図 1 5 は、切りくず分断性予測装置 1 0 により得られた等高線図に、図 1 2 に示す切りくずの分断状態を示す記号（○△×）を載せたものである。このように、予測結果は実験結果におおよそ一致している。なお、切込み量 1.2 mm 辺りから切込み量が小さくなるにつれて、分断と判定された箇所が滑らかに曲がっている。これは、工具のノーズ半径 R （1.2 mm）以下の切込み量 d では切りくず流出角度が急激に変化するためである。しかし、切りくず流出方向 θ_d におけるブレーカ形状（初期カール半径 r_0 ）及びすくい角 α を用いる手法を採用しているため、きりくずの分断性を予測することができていることが分かる。

[0076] 図 1 6 A～図 1 6 C は、引張ひずみ ε を補正引張ひずみ ε' によって代替

した場合の予測結果を示している。チャンファ幅 b が比較的大きな場合には、分断可否についての予測結果がずれる。しかし、引張ひずみ ε を補正引張ひずみ ε' で代替することにより、予測精度が向上することが分かる。また、 A^2 を用いた補正值の場合が、 A 又は A^3 を用いた補正值の場合よりも予測精度が向上していることが分かる。

[0077] また、図 17 にも、引張ひずみ ε を補正引張ひずみ ε' によって代替した場合の予測結果を示している。図 17 は、実際の切りくず写真と、引張ひずみ ε による等高線図と、補正引張ひずみ ε' による等高線図と、を示している。例えば、切りくず 30 が分断していない No. 4 の試験例では、引張ひずみ ε による分断性予測では分断すると予測される一方で、補正引張ひずみ ε' による分断性予測では分断しない、と予測された結果となっている。したがって、引張ひずみ ε を補正引張ひずみ ε' によって代替することにより、予測精度が向上することが分かる。

[0078] 図 18 は、切りくず厚さ h が、刃先 32 からブレーカの頂点 29 までの距離 L よりも大きい場合に、演算部 12b が、切りくず 30 が分断しないと予測することを示す情報を出力する場合の結果の一例を示す。図中の右上の部分では、分断しないことを示す領域となっている。一方、実験結果で得られている $\bigcirc \Delta \times$ については、当該領域内において Δ 表示となっている。このため、切りくず 30 が厚くなり過ぎて分断しなくなることを予測できていると言える。

[0079] また、図 19 も、切りくず厚さ h が、刃先 32 からブレーカ頂点 29 までの距離 L よりも大きい場合の結果の一例である。この例は、工具を変えて行った場合の結果であり、切りくず写真も合わせて示している。切りくずの写真と、予測結果とが一致していることが分かる。

[0080] 以上説明したように、本実施形態に係る切りくず分断性予測装置 10 では、受付部 12a が、被削材及び工具に関する情報と、送り速度及び切込み量を示す情報とを受け取る。そして、演算部 12b により、受付部 12a が受け取った情報が示す被削材、工具、送り速度 f 及び切込み量 d の場合での切

りくず30の分断可否を予測するための情報が導出される。この導出された情報は表示部16aに表示される。このため、試験者は、表示部16aに表示された情報から、切りくず30が分断するか否かを判断することが可能である。また、切りくず30が分断しないと予測された場合でも、送り速度f及び切込み量dの少なくとも一方を変更することにより、分断予測に関する情報が再度得られる。したがって、切削加工を行う場合の条件出しを容易に行うことができる。

[0081] また本実施形態では、工具のチャンファ幅又は刃先丸み半径bが切取り厚さtに対して比較的大きな場合には、引張ひずみ ε が補正引張ひずみ ε' で代替される。つまり、工具のチャンファ幅又は刃先丸み半径bの大きさによって切りくず30の引張ひずみ ε が受ける影響が考慮される。このため、切りくず30の分断予測性をより向上できる。

[0082] なお、本実施形態では、表示部16aの結果出力領域22において、等高線図と、判断可否と、分断予測値と、破断境界22fと、が表示されるが、これに限られない。表示部16aは、例えば、等高線図のみを表示してもよく、あるいは、判断可否のみを表示してもよく、あるいは、分断予測値及び破断境界22fのみを表示してもよい。また、工具候補の表示を省略してもよい。

[0083] また、本実施形態では、引張ひずみ ε を補正引張ひずみ ε' で代替する処理を行っているが、切取り厚さtがチャンファ幅又は刃先丸み半径b以下であることが分かっている場合には、この処理を省略してもよい。

[0084] また、本実施形態では、演算部12bが、切削加工による切りくず流出方向 θd における初期カール半径 r_0 及びすくい角 α を算出するとともに、この算出された初期カール半径 r_0 及びすくい角 α を用いて分断性予測の演算を行っている。しかし、これに限られない。すなわち、予測精度が低下するものの、切りくず流出方向 θd における初期カール半径 r_0 及びすくい角 α を導出しないようにしてもよい。この場合、例えば、横切れ刃に垂直な方向 $\theta 1$ における初期カール半径 r_0 及びすくい角 α が用いられてもよく、あるいは、チ

ップの先端角の二等分線に沿う方向 θ_2 における初期カール半径 r_0 及びすくい角 α が用いられてもよい。

[0085] (第2実施形態)

第2実施形態は、図20に示すように、切削加工における切りくずの分断性を予測するための予測システム40に設けられる制御装置41である。尚、ここでは第1実施形態と同じ構成要素には同じ符号を付し、その詳細な説明を省略する。

[0086] 制御装置41は、例えばコンピュータネットワークNWを介して、入出力装置42と通信可能に接続される。制御装置41は、演算処理を行うための制御部12と、処理プログラムやデータなどを格納する格納部14と、を備えている。

[0087] 入出力装置42は、表示画面20を有する表示部16aと、キーボード等の入力部16bとを有する。表示部16aは、切削加工条件や演算結果を表示するように構成されている。表示部16aの表示画面20には、第1実施形態の表示画面20（図2参照）と同様に、入力領域21と結果出力領域22とが含まれている。入力領域21には、入力部16bによる操作によって入力された情報が表示される。この入力された情報は、例えばコンピュータネットワークNWを介して、制御装置41の格納部14に一時的に記憶される。なお、入力部16bは、表示部16aと一体的に構成されていてもよい。

[0088] 格納部14には、切削加工における被削材に関する情報（被削材情報14a）及び工具に関する情報（工具情報14b）が格納されている。また、格納部14には、入出力装置42から送信された情報や、演算部12bによる演算で用いられるデータや情報が一時的に記憶されることもある。

[0089] 制御部12により実行される機能には、受付部12aと演算部12bと通信部12cとが含まれている。通信部12cは、格納部14に格納された情報が示す被削材及び工具が入出力装置42の表示画面20に表示されるように、必要な制御情報を入出力装置42に対して送信する。

- [0090] 制御部 1 2 は、演算を行うに際して、格納部 1 4 に格納されている情報、及び、入出力装置 4 2 から出力されてコンピュータネットワーク NW を介して格納部 1 4 に一時的に記憶された情報を用いる。
- [0091] 受付部 1 2 a は、切削加工条件等の、切りくずが分断するかどうかについて影響を与える因子についての情報を入出力装置 4 2 から受け取る。具体的に、受付部 1 2 a には、入出力装置 4 2 の入力領域 2 1 において選択された被削材及び工具と一致する被削材及び工具に関する情報が格納部 1 4 から入力される。また、受付部 1 2 a には、入出力装置 4 2 の入力領域 2 1 において入力された送り速度 f 及び切込み量 d を示す情報が入出力装置 4 2 から入力される。すなわち、受付部 1 2 a は、格納部 1 4 に格納された情報が示す被削材及び工具のうち、入出力装置 4 2 において選択された切削加工の対象となる被削材及び使用する工具に関する情報を受け取るとともに、切削加工での送り速度 f 及び切込み量 d を示す情報を受け取る。
- [0092] 演算部 1 2 b は、受付部 1 2 a が受け取った情報を使用して切りくずの分断可否を予測するための情報を導出する。
- [0093] 通信部 1 2 c は、演算部 1 2 b によって導出された切りくずの分断可否を予測するための情報が、入出力装置 4 2 の表示部 1 6 a の表示画面 2 0 における結果出力領域 2 2 に表示されるように、入出力装置 4 2 と通信する。
- [0094] 第 2 実施形態に係る制御装置 4 1 では、図 1 4 に示す制御ステップのうち、ステップ ST 1 3 ~ ST 1 9、ST 2 1 が行われる。また、入出力装置 4 2 において、ステップ ST 2 0、ST 2 2 ~ 2 4 が行われるように、制御装置 4 1 は入出力装置 4 2 と通信する。
- [0095] その他の構成、作用及び効果はその説明を省略するが、第 1 実施形態の説明を第 2 実施形態に援用することができる。
- [0096] (その他の実施形態)

なお、今回開示された実施形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明は、前記実施形態に限られるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲で種々変更、改良等が可能である。

[0097] ここで、前記実施形態について概説する。

[0098] (1) 前記実施形態に係る切りくず分断性予測装置は、切削加工における被削材及び工具に関する情報が格納された格納部と、前記格納部に格納された前記情報中に示された被削材及び工具から選択される切削加工の対象となる被削材及び使用する工具に関する情報を受け取るとともに、前記切削加工での送り速度及び切込み量を示す情報を受け取るように構成された受付部と、前記受付部が受け取った情報を使用して切りくずの分断可否を予測するための情報を導出するように構成された演算部と、前記演算部によって導出された、前記切りくずの分断可否を予測するための前記情報を表示するように構成された表示部と、を備える。

[0099] 前記切りくず分断性予測装置では、受付部が、切削対象の被削材及び使用する工具に関する情報と、送り速度及び切込み量を示す情報とを受け取る。そして、演算部により、受付部が受け付けた情報が示す被削材、工具、送り速度及び切込み量の場合での切りくずの分断可否を予測するための情報が導出される。この導出された情報は表示部に表示されるため、表示部に表示された情報から、切りくずが分断するか否かを判断することが可能となる。また、切りくずが分断しないと予測された場合でも、送り速度及び切込み量の少なくとも一方が変更されることにより、分断予測に関する情報が再度得られる。したがって、切削加工を行う場合の条件出しを容易に行うことができる。

[0100] (2) 前記演算部は、前記切削加工による切りくずに生じる引張ひずみを、切りくずの初期カール半径及び切りくず厚さに基づいて算出するように構成されるとともに、前記受付部が受け取った前記情報が示す前記工具のチャンファ幅又は刃先丸み半径、及び、前記受付部が受け取った前記情報が示す前記工具のノーズ半径と前記工具の横切れ刃角と前記送り速度と前記切込み量とから得られる切取り厚さ、を用いて前記引張ひずみを補正するように構成されていてもよい。

[0101] この態様では、工具のチャンファ幅又は刃先丸み半径及び切取り厚さによ

り切りくずの引張ひずみに与えられる影響が考慮されるため、切りくずの分断予測性をより向上できる。

[0102] すなわち、切削条件により決定される切取り厚さに比べて比較的大きなチャンファや刃先丸みがある場合には、その後方に控えるチップブレイカに関係なくチャンファや刃先丸みによって切りくず形状が決定される。このため、当初の想定（チップブレイカにより幾何学的に切りくず初期カール半径が決定されること）とは異なり、切りくず分断可否の予測精度が低下する虞がある。これに対し、本態様では、引張ひずみを補正するようにしているため、予測精度が低下するような事態が生ずることを回避できる。

[0103] （３）前記演算部は、前記受付部が受け取った前記情報が示す工具における横切れ刃に垂直な方向の断面と前記工具の先端角の二等分線の断面とから、各々の断面での初期カール半径及びすくい角を取得するように構成されるとともに、前記取得した各々の断面での前記初期カール半径及び前記すくい角から、前記切削加工による切りくず流出方向における初期カール半径及びすくい角を、内挿又は外挿により算出するように構成されていてもよい。

[0104] この態様では、切りくずの流出方向を加味した初期カール半径及びすくい角が用いられるため、切りくずの分断予測性をより向上できる。

[0105] すなわち、同じ工具が用いられる場合であっても、切削条件や被削材により切りくず流出方向が変化する。このため、切りくず流出方向での工具の断面が変化するため、切りくずの分断性に影響を与えるチップブレイカ断面形状は変化する。このため実際には工具形状を三次元的に捉える必要があるが、その場合には、３Ｄデータの保管と、切削加工の条件ごとにデータ処理が必要となり、複雑な手順を要することになる。これに対し、本態様では、切削加工による切りくず流出方向における初期カール半径及びすくい角を、取得されている各々の断面での初期カール半径及びすくい角から内挿又は外挿により算出する。このため、複雑な手順を不要にすることができる。また、ＦＥＭ解析を用いた手法のように、一条件あたりの解析時間が長くなることもない。

- [0106] (4) 前記表示部は、前記切削加工の条件を座標軸とした座標系において、切りくずに生じる引張ひずみの分布を等高線により表すとともに切りくずの破断境界を表す画像を、前記切りくずの分断性を予測するための前記情報として表示するように構成されてもよい。
- [0107] この態様では、演算部によって導出された情報が、切りくずが分断しないと予測するものであった場合に、表示部に表示された画像を参考にすることにより、切りくずが分断する切削加工の条件を容易に推測することができる。
- [0108] (5) 前記表示部は、切りくずに生じる引張ひずみの分布を色彩、色相の濃淡、及び輝度から選択される1つ以上の方法で表示するように構成されてもよい。
- [0109] この態様では、表示部に表示される画像において、引張ひずみの分布を識別しやすくすることができる。
- [0110] (6) 前記演算部は、前記工具の刃先からブレーカ頂点までの距離と切りくず厚さとを比較し、前記切りくず厚さの方が大きい場合には切りくずが分断しないと予測するように構成されてもよい。
- [0111] ブレーカ形状に対して切りくず厚さが大きい場合には、切りくずの剛性が高すぎてブレーカの谷に切りくずが入り込まない。このため、切りくずがブレーカに沿った想定形状にならないことが生じて、分断性の予測精度が低下する虞がある。これに対し、本態様では、切削工具の刃先からブレーカ頂点までの距離と切削加工時の切りくず厚さとを比較して分断性を予測する。このため、予測精度が低下することを防止できる。
- [0112] (7) 前記演算部は、前記格納部に格納された情報が示す工具の全てについて、切りくずの分断性を演算するように構成されていてもよい。また、前記表示部は、前記演算部によって導出された前記情報に基づいて、各工具の切りくずの分断性を一覧表示するように構成されていてもよい。
- [0113] この態様では、表示部に、各工具の切りくずの分断性が一覧表示される。このため、演算部によって導出された情報が、切りくずが分断しないと予測

するものであったとしても、表示部に表示された工具の分断性についての一覧を元に改善の見込まれる工具を判断できる。したがって、切りくずの分断性の改善が期待される。

[0114] (8) 前記実施形態に係る制御装置は、切削加工における切りくずの分断性を予測するための予測システムに設けられ、入出力装置と通信可能に接続される制御装置であって、切削加工における被削材及び工具に関する情報が格納された格納部と、前記格納部に格納された前記情報中に示された被削材及び工具のうち、前記入出力装置において選択された切削加工の対象となる被削材及び使用する工具に関する情報を前記入出力装置から受け取るとともに、前記切削加工での送り速度及び切込み量を示す情報を前記入出力装置から受け取るように構成された受付部と、前記受付部が受け取った前記情報を使用して切りくずの分断可否を予測するための情報を導出するように構成された演算部と、前記演算部によって導出された、前記切りくずの分断可否を予測するための前記情報が前記入出力装置の表示部に表示されるように、前記入出力装置と通信するように構成された通信部と、を備える。

[0115] 前記制御装置では、受付部が、切削加工の対象となる被削材及び使用する工具に関する情報と、送り速度及び切込み量を示す情報とを受け取る。そして、演算部により、受付部が受け取った情報が示す被削材、工具、送り速度及び切込み量の場合での切りくずの分断可否を予測するための情報が導出される。この導出された情報は通信部から出力され、この情報は入出力装置に入力される。入出力装置の表示部に表示された情報により、切りくずが分断するか否かを判断することが可能となる。また、切りくずが分断しないと予測された場合でも、送り速度及び切込み量の少なくとも一方が変更されることにより、分断予測に関する情報が再度得られる。したがって、切削加工を行う場合の条件出しを容易に行うことができる。

[0116] (9) 前記演算部は、前記切削加工による切りくずに生じる引張ひずみを、切りくずの初期カール半径及び切りくず厚さに基づいて算出するように構成されるとともに、前記受付部が受け取った前記情報が示す前記工具のチャ

ンファ幅又は刃先丸み半径、及び、前記受付部が受け取った前記情報が示す前記工具のノーズ半径と前記工具の横切れ刃角と前記送り速度と前記切込み量とから得られる切取り厚さ、を用いて前記引張ひずみを補正するように構成されていてもよい。

[0117] (10) 前記演算部は、前記受付部が受け取った前記情報が示す工具における横切れ刃に垂直な方向の断面と前記工具の先端角の二等分線の断面とから、各々の断面での初期カール半径及びすくい角を取得するように構成されるとともに、前記取得した各々の断面での前記初期カール半径及び前記すくい角から、前記切削加工による切りくず流出方向における初期カール半径及びすくい角を、内挿又は外挿により算出するように構成されていてもよい。

[0118] (11) 前記通信部は、前記切削加工の条件を座標軸とした座標系において、切りくずに生じる引張ひずみの分布を等高線により表すとともに切りくずの破断境界を表す画像が、前記表示部に表示されるように、前記入出力装置と通信ように構成されてもよい。

[0119] (12) 前記通信部は、切りくずに生じる引張ひずみの分布が、色彩、色相の濃淡、及び輝度から選択される1つ以上の方法で前記表示部に表示されるように、前記入出力装置と通信ように構成されてもよい。

[0120] (13) 前記演算部は、前記工具の刃先からブレーカ頂点までの距離と切りくず厚さとを比較し、前記切りくず厚さの方が大きい場合には切りくずが分断しないと予測ように構成されてもよい。

[0121] ブレーカ形状に対して切りくず厚さが大きい場合には、切りくずの剛性が高すぎてブレーカの谷に切りくずが入り込まない。このため、切りくずがブレーカに沿った想定形状にならないことが生じて、分断性の予測精度が低下する虞がある。これに対し、本態様では、切削工具の刃先からブレーカ頂点までの距離と切削加工時の切りくず厚さとを比較して分断性を予測するため、予測精度が低下することを防止できる。

[0122] (14) 前記演算部は、前記格納部に格納された情報が示す工具の全てについて、きりくずの分断性を演算するように構成されてもよい。また、前記

通信部は、前記演算部による演算結果に基づいて、各工具の切りくずの分断性の一覧が前記表示部に表示されるように、前記入出力装置と通信してもよい。

[0123] (15) 前記実施形態に係る切りくず分断性予測方法は、格納部に格納された情報中に示された切削加工における被削材及び工具から選択された切削加工の対象となる被削材及び使用する工具に関する情報を受付部によって受け取るとともに、前記切削加工での送り速度及び切込み量を示す情報を前記受付部によって受け取り、前記受付部が受け取った前記情報を使用して、演算部により、切りくずの分断可否を予測するための情報を導出し、前記演算部によって導出された前記情報を表示部に表示する。

[0124] 前記切りくず分断性予測方法では、受付部が、被削材及び工具に関する情報と、送り速度及び切込み量を示す情報とを受け取り、演算部は、この受付部が受け取った情報を使用して、切りくずの分断可否を予測するための情報を導出する。この導出された情報は表示部に表示される。このため、表示部に表示された情報から、切りくずが分断するか否かを判断することが可能となる。また、切りくずが分断しないと予測された場合でも、送り速度及び切込み量の少なくとも一方が変更されることにより、分断予測に関する情報が再度得られる。したがって、切削加工を行う場合の条件出しを容易に行うことができる。

[0125] (16) 前記切りくず分断性予測方法において、前記演算部により、前記切削加工による切りくずに生じる引張ひずみを、切りくずの初期カール半径及び切りくず厚さに基づいて算出してもよい。この場合、前記受付部が受け取った前記情報が示す前記工具のチャンファ幅又は刃先丸み半径、及び、前記受付部が受け取った前記情報が示す前記工具のノーズ半径と前記工具の横切れ刃角と前記送り速度と前記切込み量とから得られる切取り厚さ、を用いて、前記演算部により前記引張ひずみを補正してもよい。

[0126] (17) 前記切りくず分断性予測方法において、前記受付部が受け取った前記情報が示す工具における横切れ刃に垂直な方向の断面と前記工具の先端

角の二等分線の断面とから、前記演算部により、各々の断面での初期カール半径及びすくい角を取得し、前記取得した各々の断面での前記初期カール半径及び前記すくい角から、前記演算部により、前記切削加工による切りくず流出方向における初期カール半径及びすくい角を、内挿又は外挿により算出してもよい。

[0127] (18) 前記切りくず分断性の予測方法において、前記演算部により、切削工具の刃先からブレーカ頂点までの距離と切りくず厚さとを比較し、前記切りくず厚さの方が大きい場合には切りくずが分断しないと予測してもよい。

[0128] ブレーカ形状に対して切りくず厚さが大きい場合には、切りくずの剛性が高すぎてブレーカの谷に切りくずが入り込まない。このため、切りくずがブレーカに沿った想定形状にならないことが生じて、分断性の予測精度が低下する虞がある。これに対し、本態様では、切削工具の刃先からブレーカ頂点までの距離と切削加工時の切りくず厚さとを比較して分断性を予測するため、予測精度が低下することを防止できる。

[0129] (19) 前記実施形態に係る切りくず分断性予測方法は、格納部に格納された情報中に示された切削加工における被削材及び工具から選択される、切削加工の対象となる被削材及び使用する工具に関する情報を入出力装置から受け取るとともに、前記切削加工での送り速度及び切込み量を示す情報を前記入出力装置から受け取り、前記入出力装置から受け取った前記情報が示す被削材、工具、送り速度及び切込み量の場合の切りくずの分断可否を予測するための情報を前記演算部により導出し、前記前記演算部によって導出された前記情報が前記入出力装置の表示部に表示されるように、通信部により、前記入出力装置と通信する。

[0130] 前記切りくず分断性予測方法では、被削材、工具、送り速度及び切込み量を示す情報を受け取り、この情報が示す被削材、工具、送り速度及び切込み量の場合での切りくずの分断可否を予測するための情報を導出する。この導出された情報は、入出力装置の表示部との通信により、表示部に表示される

。この表示された情報により、切りくずが分断するか否かを判断することが可能となる。また、切りくずが分断しないと予測された場合でも、送り速度及び切込み量の少なくとも一方を変更することにより、分断予測に関する情報が再度得られる。したがって、切削加工を行う場合の条件出しを容易に行うことができる。

[0131] 以上説明したように、前記実施形態によれば、切削加工を行うに際して、切削加工の条件出しを容易に行うことができるようになる。

[0132] この出願は、2023年11月22日に日本国特許庁に出願された特願2023-198389号を基礎とするものであり、その内容は参照により本願に組み込まれる。

請求の範囲

- [請求項1] 切削加工における被削材及び工具に関する情報が格納された格納部と、
- 前記格納部に格納された前記情報中に示された被削材及び工具から選択される切削加工の対象となる被削材及び使用する工具に関する情報を受け取るとともに、前記切削加工での送り速度及び切込み量を示す情報を受け取るように構成された受付部と、
- 前記受付部が受け取った情報を使用して切りくずの分断可否を予測するための情報を導出するように構成された演算部と、
- 前記演算部によって導出された、前記切りくずの分断可否を予測するための前記情報を表示するように構成された表示部と、を備える切りくず分断性予測装置。
- [請求項2] 前記演算部は、
- 前記切削加工による切りくずに生じる引張ひずみを、切りくずの初期カール半径及び切りくず厚さに基づいて算出するように構成されるとともに、
- 前記受付部が受け取った前記情報が示す前記工具のチャンファ幅又は刃先丸み半径、及び、前記受付部が受け取った前記情報が示す前記工具のノーズ半径と前記工具の横切れ刃角と前記送り速度と前記切込み量とから得られる切取り厚さ、を用いて前記引張ひずみを補正するように構成されている
- 請求項1に記載の切りくず分断性予測装置。
- [請求項3] 前記演算部は、
- 前記受付部が受け取った前記情報が示す工具における横切れ刃に垂直な方向の断面と前記工具の先端角の二等分線の断面とから、各々の断面での初期カール半径及びすくい角を取得するように構成されるとともに、
- 前記取得した各々の断面での前記初期カール半径及び前記すくい

角から、前記切削加工による切りくず流出方向における初期カール半径及びすくい角を、内挿又は外挿により算出するように構成されている

請求項 1 に記載の切りくず分断性予測装置。

[請求項4] 前記表示部は、前記切削加工の条件を座標軸とした座標系において、切りくずに生じる引張ひずみの分布を等高線により表すとともに切りくずの破断境界を表す画像を、前記切りくずの分断性を予測するための前記情報として表示するように構成されている

請求項 1 に記載の切りくず分断性予測装置。

[請求項5] 前記表示部は、切りくずに生じる引張ひずみの分布を色彩、色相の濃淡、及び輝度から選択される 1 つ以上の方法で表示するように構成されている

請求項 4 に記載の切りくず分断性予測装置。

[請求項6] 前記演算部は、前記工具の刃先からブレーカ頂点までの距離と切りくず厚さとを比較し、前記切りくず厚さの方が大きい場合には切りくずが分断しないと予測するように構成されている

請求項 1 に記載の切りくず分断性予測装置。

[請求項7] 前記演算部は、前記格納部に格納された情報が示す工具の全てについて、切りくずの分断性を演算するように構成され、

前記表示部は、前記演算部によって導出された前記情報に基づいて、各工具の切りくずの分断性を一覧表示するように構成されている

請求項 1 に記載の切りくず分断性予測装置。

[請求項8] 切削加工における切りくずの分断性を予測するための予測システムに設けられ、入出力装置と通信可能に接続される制御装置であって、
切削加工における被削材及び工具に関する情報が格納された格納部と、

前記格納部に格納された前記情報中に示された被削材及び工具のうち、前記入出力装置において選択された切削加工の対象となる被削材

及び使用する工具に関する情報を前記入出力装置から受け取るとともに、前記切削加工での送り速度及び切込み量を示す情報を前記入出力装置から受け取るように構成された受付部と、

前記受付部が受け取った前記情報を使用して切りくずの分断可否を予測するための情報を導出するように構成された演算部と、

前記演算部によって導出された、前記切りくずの分断可否を予測するための前記情報が前記入出力装置の表示部に表示されるように、前記入出力装置と通信するように構成された通信部と、を備える制御装置。

[請求項9]

前記演算部は、

前記切削加工による切りくずに生じる引張ひずみを、切りくずの初期カール半径及び切りくず厚さに基づいて算出するように構成されるとともに、

前記受付部が受け取った前記情報が示す前記工具のチャンファ幅又は刃先丸み半径、及び、前記受付部が受け取った前記情報が示す前記工具のノーズ半径と前記工具の横切れ刃角と前記送り速度と前記切込み量とから得られる切取り厚さ、を用いて前記引張ひずみを補正するように構成されている

請求項8に記載の制御装置。

[請求項10]

前記通信部は、前記切削加工の条件を座標軸とした座標系において、切りくずに生じる引張ひずみの分布を等高線により表すとともに切りくずの破断境界を表す画像が、前記表示部に表示されるように、前記入出力装置と通信するように構成されている

請求項8に記載の制御装置。

[請求項11]

前記通信部は、切りくずに生じる引張ひずみの分布が、色彩、色相の濃淡、及び輝度から選択される1つ以上の方法で前記表示部に表示されるように、前記入出力装置と通信するように構成されている

請求項10に記載の制御装置。

- [請求項12] 前記演算部は、前記格納部に格納された情報が示す工具の全てについて、きりくずの分断性を演算するように構成され、
- 前記通信部は、前記演算部による演算結果に基づいて、各工具の切りくずの分断性の一覧が前記表示部に表示されるように、前記入出力装置と通信するように構成されている
- 請求項 8 に記載の制御装置。
- [請求項13] 格納部に格納された情報中に示された切削加工における被削材及び工具から選択された、切削加工の対象となる被削材及び使用する工具に関する情報を受付部によって受け取るとともに、前記切削加工での送り速度及び切込み量を示す情報を前記受付部によって受け取り、
- 前記受付部が受け取った前記情報を使用して、演算部により、切りくずの分断可否を予測するための情報を導出し、
- 前記演算部によって導出された前記情報を表示部に表示する
- 切りくず分断性予測方法。
- [請求項14] 前記演算部により、前記切削加工による切りくずに生じる引張ひずみを、切りくずの初期カール半径及び切りくず厚さに基づいて算出し、
- 前記受付部が受け取った前記情報が示す前記工具のチャンファ幅又は刃先丸み半径、及び、前記受付部が受け取った前記情報が示す前記工具のノーズ半径と前記工具の横切れ刃角と前記送り速度と前記切込み量とから得られる切取り厚さ、を用いて、前記演算部により前記引張ひずみを補正する
- 請求項 1 3 に記載の切りくず分断性予測方法。
- [請求項15] 格納部に格納された情報中に示された切削加工における被削材及び工具から選択される、切削加工の対象となる被削材及び使用する工具に関する情報を入出力装置から受け取るとともに、前記切削加工での送り速度及び切込み量を示す情報を前記入出力装置から受け取り、
- 前記入出力装置から受け取った前記情報が示す被削材、工具、送り

速度及び切込み量の場合の切りくずの分断可否を予測するための情報を演算部により導出し、

前記演算部によって導出された前記情報が前記入出力装置の表示部に表示されるように、通信部により、前記入出力装置と通信する切りくず分断性予測方法。