(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2021年3月11日(11.03.2021)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2021/044989 A1

(51) 国際特許分類:
B23B 27/00 (2006.01) *B23B 51/00* (2006.01)
B23C 9/00 (2006.01) *B23Q 17/09* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2020/032804

(22) 国際出願日： 2020年8月31日(31.08.2020)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

(30) 優先権データ：
特願 2019-160746 2019年9月3日(03.09.2019) JP

(71) 出願人: 住友電気工業株式会社 **(SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.)** [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 Osaka (JP).

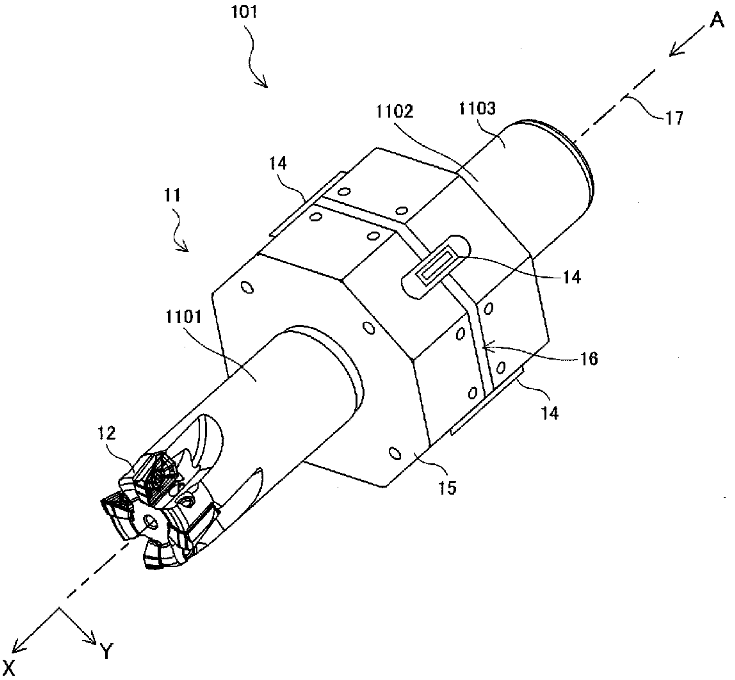
(72) 発明者: 小池雄介 **(KOIKE,Yusuke)**; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目５番３３号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人ワンディーＩＰパートナーズ **(ONEDEE IP PARTNERS)**; 〒5320003 大阪府大阪市淀川区宮原四丁目１番４号 ＫＤＸ新大阪ビル Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能)： AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) **Title:** CUTTING TOOL, MODULE, CUTTING TOOL UNIT, AND CUTTING SYSTEM

(54) 発明の名称： 切削工具、モジュール、切削工具ユニットおよび切削システム



(57) **Abstract:** This cutting tool is provided with a shaft, wherein the shaft includes an expanded diameter part having a greater diameter than the other portions in the shaft, and the expanded diameter part has a recess part formed in the peripheral surface of the expanded diameter part.

(57) 要約：切削工具は、シャフト部を備え、前記シャフト部は、前記シャフト部のうちの他の部分よりも径が太い拡径部を含み、前記拡径部は、前記拡径部の周面に形成された凹部を有する。

WO 2021/044989 A1

［続葉有］

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

— 国際調査報告（条約第21条(3)）

明 細 書

発明の名称 ：

切削工具、モジュール、切削工具ユニットおよび切削システム

技術分野

[0001] 本開示は、切削工具、モジュール、切削工具ユニットおよび切削システムに関する。

この出願は、２０１９年９月３日に出願された日本出願特願２０１９－１６０７４６号を基礎とする優先権を主張し、その開示のすべてをここに取り込む。

背景技術

[0002] 特許文献１（特開２０１０－１０５０９５号公報）には、以下のような切削工具が開示されている。すなわち、切削工具は、本体部の先端に切れ刃を設け、さらに、本体部の外周に前記切れ刃に沿った位置から本体部の背面に至る切屑溝を設けたヘッドピースを有しており、そのヘッドピースを、切屑排出用の気流が内部に通される中空シャフトの先端に連結した切屑回収式切削工具において、前記ヘッドピースに、本体部の後部外径を変化させる段部とその段部よりも後方に配置される小径部を設け、前記小径部を前記中空シャフトの先端側で貫通孔に嵌合させ、さらに、前記段部を前記中空シャフトの先端に当接させたものである。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１０－１０５０９５号公報

発明の概要

[0004] 本開示の切削工具は、シャフト部を備え、前記シャフト部は、前記シャフト部のうちの他の部分よりも径が太い拡径部を含み、前記拡径部は、前記拡径部の周面に形成された凹部を有する。

[0005] 本開示の切削工具は、シャフト部を備え、前記シャフト部は、前記シャフ

ト部の周面に形成された凹部と、前記凹部近傍に設けられ、歪センサを取付可能なセンサ取付部とを含む。

[0006] 本開示のモジュールは、シャフト部を備える切削工具の前記シャフト部に取付可能なモジュールであって、前記シャフト部が挿通可能な円筒形状を有し、内周面が前記シャフト部の周面を覆うように前記シャフト部に取付可能な本体を備え、前記本体は、前記本体の外周面に形成された凹部を有する。

[0007] 本開示のモジュールは、シャフト部を備える切削工具の前記シャフト部に取付可能なモジュールであって、前記シャフト部の軸方向に沿って前記シャフト部に取付可能な柱状の本体を備え、前記本体は、前記本体の周面に形成された凹部と、前記凹部近傍に設けられ、歪センサを取付可能なセンサ取付部とを含む。

[0008] 本開示の切削工具ユニットは、シャフト部を含む切削工具と、前記シャフト部に取付可能なモジュールとを備え、前記モジュールは、前記シャフト部が挿通可能な円筒形状を有し、内周面が前記シャフト部の周面を覆うように前記シャフト部に取付可能な本体を含み、前記本体はその外周面に凹部を有する。

[0009] 本開示の切削工具ユニットは、シャフト部を含む切削工具と、前記シャフト部に取付可能なモジュールとを備え、前記モジュールは、前記シャフト部の軸方向に沿って前記シャフト部に取付可能な柱状の本体を含み、前記本体は、前記本体の周面に形成された凹部と、前記凹部近傍に設けられ、歪センサを取付可能なセンサ取付部とを含む。

[0010] 本開示の切削システムは、切削工具と、管理装置とを備え、前記切削工具は、シャフト部を含み、前記シャフト部は、前記シャフト部のうちの他の部分よりも径が太い拡径部を有し、前記拡径部はその周面に凹部を有し、前記切削工具は、さらに、前記シャフト部に取り付けられた歪センサを含み、前記切削工具は、前記歪センサの計測結果を示すセンサ情報を送信し、前記管理装置は、前記切削工具から前記センサ情報を受信し、受信した前記センサ情報が示す計測結果を処理する。

[0011] 本開示の切削システムは、切削工具ユニットと、管理装置とを備え、前記切削工具ユニットは、シャフト部を有する切削工具と、前記シャフト部に取付可能なモジュールとを含み、前記モジュールは、前記シャフト部が挿通可能な円筒形状を有し、内周面が前記シャフト部の周面を覆うように前記シャフト部に取付可能な本体を有し、前記本体はその外周面に凹部を有し、前記切削工具ユニットは、さらに、前記モジュールに取り付けられた歪センサを含み、前記切削工具ユニットは、前記歪センサの計測結果を示すセンサ情報を送信し、前記管理装置は、前記切削工具ユニットから前記センサ情報を受信し、受信した前記センサ情報が示す計測結果を処理する。

[0012] 本開示の切削システムは、切削工具ユニットと、管理装置とを備え、前記切削工具ユニットは、シャフト部を有する切削工具と、前記シャフト部に取付可能なモジュールとを含み、前記モジュールは、前記シャフト部の軸方向に沿って前記シャフト部に取付可能な柱状の本体を有し、前記本体は、前記本体の周面に形成された凹部と、前記凹部近傍に設けられ、歪センサを取付可能なセンサ取付部とを含み、前記切削工具ユニットは、さらに、前記モジュールに取り付けられた歪センサを含み、前記切削工具ユニットは、前記歪センサの計測結果を示すセンサ情報を送信し、前記管理装置は、前記切削工具ユニットから前記センサ情報を受信し、受信した前記センサ情報が示す計測結果を処理する。

[0013] 本開示の切削工具は、刃取付部と、前記刃取付部につながるシャフト部とを備え、前記シャフト部は、前記シャフト部の中心軸に垂直な断面において、円形または多角形の周面を持つ棒形状であり、前記シャフト部は、前記中心軸方向に沿った一部である第１区間と、前記中心軸方向において前記第１区間の一方側に隣り合う第２区間と、前記中心軸方向において前記第１区間の他方側に隣り合う第３区間とを含み、前記第１区間の剛性は、第２区間の剛性および第３区間の剛性よりも低い。

[0014] 本開示の切削工具は、シャフト部を備え、前記シャフト部は、前記シャフト部のうちの他の部分よりも径が太い拡径部を含み、前記拡径部は、前記拡

径部の内部に形成された空洞部を含む。

[0015] 本開示の切削工具は、シャフト部を備え、前記シャフト部は、前記シャフト部の内部に形成された空洞部と、前記シャフト部の周面において、歪センサを取付可能なセンサ取付部とを含み、前記センサ取付部は、前記シャフト部の中心軸方向に垂直な方向において前記空洞部を前記シャフト部の周面に投影した場合に、前記空洞部と重なる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]図１は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の構成を示す斜視図である。

[図2]図２は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具における歪の増幅について説明する模式図である。

[図3]図３は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具における歪の増幅について説明する模式図である。

[図4]図４は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の構成を示す側面図である。

[図5]図５は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具における拡径部を、歪センサを取り外した状態で示す側面図である。

[図6]図６は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の構成を示す図である。

[図7]図７は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具における凹部の機能について説明するための図である。

[図8]図８は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具における凹部の機能について説明するための図である。

[図9]図９は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の構成を示す図である。

[図10]図１０は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の構成の他の例を示す図である。

[図11]図１１は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の構成の他の例

を示す図である。

[図12]図１２は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具における歪センサの一例を示す図である。

[図13]図１３は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の構成を示す図である。

[図14]図１４は、本開示の第１の実施の形態に係る切削システムの構成を示す図である。

[図15]図１５は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具についてのシミュレーション結果を示すグラフである。

[図16]図１６は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具についてのシミュレーション結果を示すグラフである。

[図17]図１７は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の凹部の形状についてのシミュレーション結果を示すグラフである。

[図18]図１８は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の凹部の形状についてのシミュレーション結果を示すグラフである。

[図19]図１９は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の凹部の形状についてのシミュレーション結果を示すグラフである。

[図20]図２０は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の凹部の形状についてシミュレーションを行った結果を示すグラフである。

[図21]図２１は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の変形例１を示す斜視図である。

[図22]図２２は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の変形例１を示す矢視図である。

[図23]図２３は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の変形例１を示す側面図である。

[図24]図２４は、本開示の第１の実施の形態の変形例１に係る切削工具の構成を示す部分断面図である。

[図25]図２５は、本開示の第１の実施の形態の変形例１に係る切削工具の他

の例を示す部分断面図である。

[図26]図２６は、本開示の第１の実施の形態の変形例１に係る切削工具の他の例を示す部分断面図である。

[図27]図２７は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の変形例２を示す側面図である。

[図28]図２８は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の変形例２を分割した状態で示す側面図である。

[図29]図２９は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の変形例３を示す側面図である。

[図30]図３０は、図２９における拡径部付近を拡大して示す側面図である。

[図31]図３１は、本開示の第２の実施の形態に係る切削工具の構成を示す斜視図である。

[図32]図３２は、本開示の第２の実施の形態に係る切削工具の構成を示す側面図である。

[図33]図３３は、本開示の第２の実施の形態に係る切削工具の構成を示す矢視図である。

[図34]図３４は、本開示の第２の実施の形態に係る切削工具の構成の他の例を示す側面図である。

[図35]図３５は、本開示の第２の実施の形態に係る切削工具の構成の他の例を示す斜視図である。

[図36]図３６は、本開示の第２の実施の形態に係る切削工具の構成の他の例を示す側面図である。

[図37]図３７は、本開示の第２の実施の形態に係る切削工具の構成の他の例を示す側面図である。

[図38]図３８は、本開示の第２の実施の形態に係る切削工具の変形例１を示す斜視図である。

[図39]図３９は、本開示の第２の実施の形態に係る切削工具の変形例１を示す側面図である。

[図40]図４０は、本開示の第２の実施の形態に係る切削工具の変形例１を示す矢視図である。

[図41]図４１は、本開示の第３の実施の形態に係る切削工具ユニットの構成を示す斜視図である。

[図42]図４２は、本開示の第３の実施の形態に係る切削工具ユニットの構成を示す矢視図である。

[図43]図４３は、本開示の第４の実施の形態に係る切削工具ユニットの構成を示す斜視図である。

[図44]図４４は、本開示の第４の実施の形態に係る切削工具ユニットを分割した状態で示す側面図である。

[図45]図４５は、本開示の第４の実施の形態に係る切削工具を示す斜視図である。

[図46]図４６は、本開示の第５の実施の形態に係る切削工具の構成を示す斜視図である。

[図47]図４７は、図４６の切削工具をシャフト部の中心軸を含む面で切断した断面図である。

[図48]図４８は、本開示の第５の実施の形態に係る切削工具についてシミュレーションを行った結果を示すグラフである。

[図49]図４９は、本開示の第５の実施の形態に係る切削工具についてシミュレーションを行った結果を示すグラフである。

[図50]図５０は、本開示の第５の実施の形態に係る切削工具の空洞部の形状についてシミュレーションを行った結果を示すグラフである。

[図51]図５１は、本開示の第５の実施の形態に係る切削工具の空洞部の形状についてシミュレーションを行った結果を示すグラフである。

[図52]図５２は、本開示の第５の実施の形態に係る切削工具の空洞部の形状についてシミュレーションを行った結果を示すグラフである。

[図53]図５３は、本開示の第５の実施の形態に係る切削工具の空洞部の形状についてシミュレーションを行った結果を示すグラフである。

[図54]図５４は、本開示の第５の実施の形態の変形例１に係る切削工具の構成を示す斜視図である。

[図55]図５５は、本開示の第５の実施の形態の変形例１に係る切削工具をシャフト部の中心軸を含む面で切断した断面図である。

[図56]図５６は、本開示の第２の実施の形態に係る切削工具の別例を示す側面図である。

発明を実施するための形態

[0017] 従来、たとえばフライスカッターおよびドリルのような切削工具が開発されている。

[0018] ［本開示が解決しようとする課題］

切削によって生じる切削工具の歪を計測することにより、たとえば切削抵抗を把握することができる。このような歪を計測可能な優れた技術が望まれる。

[0019] 本開示は、上述の課題を解決するためになされたもので、その目的は、切削によって生じる切削工具の歪を精度よく計測することが可能な切削工具、モジュール、切削工具ユニットおよび切削システムを提供することである。

[0020] ［本開示の効果］

本開示によれば、切削によって生じる切削工具の歪を精度よく計測することができる。

[0021] ［本開示の実施形態の説明］

最初に、本開示の実施形態の内容を列記して説明する。

[0022] （１）本開示の実施の形態に係る切削工具は、シャフト部を備え、前記シャフト部は、前記シャフト部のうちの他の部分よりも径が太い拡径部を含み、前記拡径部は、前記拡径部の周面に形成された凹部を有する。

[0023] このように、シャフト部が拡径部を含み、拡径部が凹部を有する構成により、拡径部の剛性を局所的に低下させることができる。これにより、切削時において生じる歪が局所的に増大する。したがって、剛性が局所的に低下した箇所に歪センサを取り付けることにより、切削によって生じる切削工具の

歪を精度よく計測することができる。

[0024] （２）本開示の実施の形態に係る切削工具は、シャフト部を備え、前記シャフト部は、前記シャフト部の周面に形成された凹部と、前記凹部近傍に設けられ、歪センサを取付可能なセンサ取付部とを含む。

[0025] このように、シャフト部にセンサ取付部を設けることで、凹部および凹部周辺において生じる歪を歪センサにより検出可能になる。また、このような構成により、たとえばシャフト部全体の剛性が一定程度確保されている場合にシャフト部の剛性を局所的に低下させることができる。これにより、切削時において生じる歪が局所的に増大する。したがって、剛性が局所的に低下した箇所に歪センサを取り付けることにより、切削によって生じる切削工具の歪を精度よく計測することができる。

[0026] （３）好ましくは、前記凹部は、前記シャフト部の周方向に沿って形成され、前記シャフト部の中心軸を含む断面視で矩形である。

[0027] このような構成により、シャフト部の周方向における剛性の調節を行いやすくなるため、周方向における歪の調節を行いやすくなる。また、凹部の加工は比較的容易である。したがって、切削工具の歪計測の精度確保の両立をより確実に行うことができる。

[0028] （４）好ましくは、前記凹部は、前記シャフト部の中心軸を法線とする平面において、前記中心軸と前記平面との交点に対して点対称をなす形状を有する。

[0029] このような構成により、異方性のある歪の発生を抑制することができるため、たとえば、シャフト部の周面に複数の歪センサが取り付けられる場合に、切削工具の状態を各歪センサの計測値により正確に反映させることができる。

[0030] （５）好ましくは、前記シャフト部は、前記シャフト部の中心軸を法線とする平面において、前記中心軸と前記平面との交点に対して点対称をなす位置に設けられた少なくとも１組の前記凹部を有する。

[0031] このような構成により、異方性のある歪の発生を抑制することができるた

め、たとえば、シャフト部の周面に複数の歪センサが取り付けられる場合に、切削工具の状態を各歪センサの計測値により正確に反映させることができる。

[0032] （６）より好ましくは、前記１組の前記凹部は、互いに、幅が同じであり、かつ深さが同じである。

[0033] このような構成により、異方性のある歪の発生をより確実に抑制することができるため、たとえば、シャフト部の周面に複数の歪センサが取り付けられる場合に、切削工具の状態を各歪センサの計測値にさらに正確に反映させることができる。

[0034] （７）好ましくは、前記シャフト部の中心軸を含む断面における前記凹部の底面の形状が丸みを帯びている。

[0035] このような構成により、凹部の底面付近に必要以上の応力集中が生じることを抑制することができるため、切削工具の耐久性を向上させることができる。

[0036] （８）好ましくは、前記シャフト部に、歪センサを取り付ける位置を示す目印が設けられる。

[0037] このような構成により、ユーザは、シャフト部の適切な位置に歪センサを取り付けることができる。したがって、歪センサの取付位置のズレにより計測値への影響が生じることを抑制することができる。

[0038] （９）好ましくは、前記凹部の底面から前記シャフト部の中心軸までの距離は、前記シャフト部における前記拡径部以外の部分の半径以上である。

[0039] このような構成により、凹部の深さが刃先の変位に及ぼす影響を小さくすることができるため、切削時における刃先の変位量を小さく保つことができる。

[0040] （１０）好ましくは、前記凹部の底面から前記シャフト部の中心軸までの距離は、前記シャフト部における前記拡径部以外の部分の半径より小さい。

[0041] このような構成により、切削時に局所的に生じる歪の増大が促進されるため、歪をより一層精度よく計測することができる。

[0042]　（１１）好ましくは、前記切削工具は、さらに、前記シャフト部に取り付けられた歪センサを備える。

[0043]　このような構成により、歪センサを用いて、切削時にシャフト部において生じる歪を精度よく計測することができる。

[0044]　（１２）より好ましくは、前記歪センサは、前記凹部を跨ぐように前記シャフト部に取り付けられる。

[0045]　このような構成により、歪がより大きく現れやすい部分に歪センサを配置することができるため、切削によって生じる切削工具の歪をさらに精度よく計測することができる。

[0046]　（１３）好ましくは、前記凹部の幅は、０．１ｍｍ以上かつ１０ｍｍ以下である。

[0047]　このような構成により、凹部の幅による以下の効果を奏することができる。すなわち、このような幅を採用することにより、凹部の幅が刃先の変位に及ぼす影響を小さくすることができるため、切削時における刃先の変位量を小さく保つことができる。また、切削時において凹部の相対向する壁面が互いに接触する可能性を低くすることができる。また、歪センサが凹部を跨ぐように取り付けられる、つまり歪センサが橋状に取り付けられる場合、歪センサの比較的広い範囲が宙に浮いた状態となるため、歪センサの中央付近における応力分布が均一に近くなり、歪センサの取付位置のズレによる計測値への影響を小さくすることができる。

[0048]　（１４）好ましくは、前記凹部の深さは、２ｍｍ以上かつ４０ｍｍ以下である。

[0049]　このような構成により、凹部の深さによる以下の効果を奏することができる。すなわち、このような深さを採用することにより、凹部の深さが刃先の変位に及ぼす影響を小さくすることができるため、切削時における刃先の変位量を小さく保つことができる。また、歪の増幅効果が大きくなるため、歪をより一層精度よく計測することができる。

[0050]　（１５）本開示の実施の形態に係るモジュールは、シャフト部を備える切

削工具の前記シャフト部に取付可能なモジュールであって、前記シャフト部が挿通可能な円筒形状を有し、内周面が前記シャフト部の周面を覆うように前記シャフト部に取付可能な本体を備え、前記本体は、前記本体の外周面に形成された凹部を有する。

[0051] このように、シャフト部の周面に取付可能である円筒状の本体を備え、本体に凹部が形成される構成により、モジュールの剛性が局所的に低下する。このため、モジュールをシャフト部に取り付けた状態で切削を行うことにより、切削時にモジュールにおいて生じる歪が局所的に増大する。したがって、剛性が局所的に低下した箇所に歪センサを取り付けることにより、切削によって生じる歪を精度よく計測することができる。

[0052] （１６）本開示の実施の形態に係るモジュールは、シャフト部を備える切削工具の前記シャフト部に取付可能なモジュールであって、前記シャフト部の軸方向に沿って前記シャフト部に取付可能な柱状の本体を備え、前記本体は、前記本体の周面に形成された凹部と、前記凹部近傍に設けられ、歪センサを取付可能なセンサ取付部とを含む。

[0053] このように、シャフト部に取付可能な柱状の本体を備え、本体の周面に凹部が形成される構成により、モジュールの剛性が局所的に低下する。このため、モジュールをシャフト部に取り付けた状態で切削を行うことにより、切削時にモジュールにおいて生じる歪が局所的に増大する。したがって、剛性が局所的に低下した箇所に歪センサを取り付けることにより、切削によって生じる歪を精度よく計測することができる。

[0054] （１７）本開示の実施の形態に係る切削工具ユニットは、シャフト部を含む切削工具と、上記（１５）に記載のモジュールとを備える。

[0055] このように、シャフト部の周面に取付可能である筒状の本体を含み、本体に凹部が形成されたモジュールを備える構成により、モジュールの剛性が局所的に低下する。このため、モジュールをシャフト部に取り付けた状態で切削を行うことにより、切削時にモジュールにおいて生じる歪が局所的に増大する。したがって、剛性が局所的に低下した箇所に歪センサを取り付けるこ

とにより、切削によって生じる歪を精度よく計測することができる。

[0056] （１８）本開示の実施の形態に係る切削工具ユニットは、シャフト部を含む切削工具と、上記（１６）に記載のモジュールとを備える。

[0057] このように、シャフト部に取付可能な柱状の本体を含み、本体の周面に凹部が形成されたモジュールを備える構成により、モジュールの剛性が局所的に低下する。このため、モジュールをシャフト部に取り付けた状態で切削を行うことにより、切削時にモジュールにおいて生じる歪が局所的に増大する。したがって、モジュールにおいて剛性が局所的に低下した箇所に歪センサを取り付けることにより、切削によって生じる歪を精度よく計測することができる。

[0058] （１９）本開示の実施の形態に係る切削システムは、上記（１１）に記載の切削工具と、管理装置とを備え、前記切削工具は、前記歪センサの計測結果を示すセンサ情報を送信し、前記管理装置は、前記切削工具から前記センサ情報を受信し、受信した前記センサ情報が示す計測結果を処理する。

[0059] このように、センサ情報が示す計測結果を処理する構成により、たとえば、シャフト部における歪が生じている位置および歪の大きさに基づいて、刃部に破損が生じているか否か、および刃部の寿命を推定することができる。

[0060] （２０）本開示の実施の形態に係る切削システムは、上記（１７）または上記（１８）に記載の切削工具ユニットと、管理装置とを備え、前記切削工具ユニットは、さらに、前記モジュールに取り付けられた歪センサを含み、前記切削工具ユニットは、前記歪センサの計測結果を示すセンサ情報を送信し、前記管理装置は、前記切削工具ユニットから前記センサ情報を受信し、受信した前記センサ情報が示す計測結果を処理する。

[0061] このように、センサ情報が示す計測結果を処理する構成により、たとえば、モジュールにおける歪が生じている位置および歪の大きさに基づいて、刃部に破損が生じているか否か、および刃部の寿命を推定することができる。

[0062] （２１）本開示の実施の形態に係る切削工具は、刃取付部と、前記刃取付部につながるシャフト部とを備え、前記シャフト部は、前記シャフト部の中

心軸に垂直な断面において、円形または多角形の周面を持つ棒形状であり、前記シャフト部は、前記中心軸方向に沿った一部である第１区間と、前記中心軸方向において前記第１区間の一方側に隣り合う第２区間と、前記中心軸方向において前記第１区間の他方側に隣り合う第３区間とを含み、前記第１区間の剛性は、第２区間の剛性および第３区間の剛性よりも低い。

[0063] このように、シャフト部が第１区間を備える構成により、シャフト部の剛性を局所的に低下させることができる。これにより、切削時において生じる歪が局所的に増大する。したがって、剛性が局所的に低下した箇所に歪センサを取り付けることにより、切削によって生じる切削工具の歪を精度よく計測することができる。

[0064] （２２）好ましくは、前記シャフト部は、前記刃取付部に連続する切削側区間と、前記刃取付部側の端部とは異なる端部を含む把持側区間と、前記切削側区間と前記把持側区間との間に位置する中間区間とを含み、前記中間区間は、前記切削側区間および前記把持側区間よりも太い形状を有し、前記第１区間、前記第２区間および前記第３区間は、前記中間区間に設けられている。

[0065] このような構成により、シャフト部において他の部分よりも拡径した中間区間の剛性を局所的に低下させることができる。これにより、切削時において生じる歪が局所的に増大する。したがって、剛性が局所的に低下した箇所に歪センサを取り付けることにより、切削によって生じる切削工具の歪を精度よく計測することができる。

[0066] （２３）好ましくは、前記第１区間は、前記第１区間の周面に形成された凹部と、前記凹部近傍に設けられ、歪センサを取付可能なセンサ取付部とを含む。

[0067] このように、シャフト部にセンサ取付部を設けることで、凹部および凹部周辺において生じる歪を歪センサにより検出可能になる。また、このような構成により、たとえばシャフト部全体の剛性が一定程度確保されている場合にシャフト部の剛性を局所的に低下させることができる。これにより、切削

時において生じる歪が局所的に増大する。したがって、剛性が局所的に低下した箇所に歪センサを取り付けることにより、切削によって生じる切削工具の歪を精度よく計測することができる。

[0068] （２４）好ましくは、前記第１区間は、前記第１区間の周面に形成された凹部を有する。

[0069] このように、シャフト部における第１区間が凹部を有する構成により、シャフト部の剛性を局所的に低下させることができる。これにより、切削時において生じる歪が局所的に増大する。したがって、剛性が局所的に低下した箇所に歪センサを取り付けることにより、切削によって生じる切削工具の歪を精度よく計測することができる。

[0070] （２５）好ましくは、前記第１区間は、前記第１区間の内部に形成された空洞部を含む。

[0071] このように、第１区間の内部に空洞部が形成されるため、加工熱は、シャフト部の内部において空洞部を避けるように伝わり、シャフト部の周面近傍を伝わる。したがって、シャフト部の周面の温度を測定することで、シャフト部に生じる熱歪を把握することができ、より正確に歪を測定することができる。

[0072] （２６）本開示の実施の形態に係る切削工具は、シャフト部を備え、前記シャフト部は、前記シャフト部のうちの他の部分よりも径が太い拡径部を含み、前記拡径部は、前記拡径部の内部に形成された空洞部を含む。

[0073] このように、拡径部の内部に空洞部が形成されるため、加工熱は、拡径部の内部において空洞部を避けるように伝わり、拡径部の周面近傍を伝わる。したがって、拡径部の周面の温度を測定することで、拡径部に生じる熱歪を把握することができ、より正確に歪を測定することができる。

[0074] （２７）本開示の実施の形態に係る切削工具は、シャフト部を備え、前記シャフト部は、前記シャフト部の内部に形成された空洞部と、前記シャフト部の周面において、歪センサを取付可能なセンサ取付部とを含み、前記センサ取付部は、前記シャフト部の中心軸方向に垂直な方向において前記空洞部

を前記シャフト部の周面に投影した場合に、前記空洞部と重なる。

[0075] このように、シャフト部の内部に空洞部が形成されるため、加工熱は、シャフト部の内部において空洞部を避けるように伝わり、シャフト部の周面近傍を伝わる。したがって、シャフト部の周面の温度を測定することで、シャフト部に生じる熱歪を把握することができ、より正確に歪を測定することができる。

[0076] 以下、本開示の実施の形態について図面を用いて説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰り返さない。また、以下に記載する実施の形態の少なくとも一部を任意に組み合わせてもよい。

[0077] ＜第１の実施の形態＞

図１は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の構成を示す斜視図である。

[0078] 切削工具１０１は、たとえば、フライス盤等において使用されるエンドミルであり、金属等からなる切削対象物を切削するために使用される。

[0079] 図１を参照して、切削工具１０１は、シャフト部１１と、刃取付部１２と、図示しない刃部と、歪センサ１４とを備える。なお、切削工具１０１は、刃部を備えていない構成であってもよい。また、刃部は、刃取付部１２に一体に固定されたものであってもよいし、刃取付部１２に着脱可能に取り付けられるものであってもよい。

[0080] 図４に示す例では、シャフト部１１と刃取付部１２との境界を二点鎖線４１により示している。

[0081] シャフト部１１は、その中心軸１７に垂直な断面において、円形または多角形の周面を持つ棒形状である。シャフト部１１の基材は、たとえば、切削工具用の超硬合金または金型用鋼により構成されている。

[0082] ［課題］

切削によって生じる切削工具の歪を計測することにより、たとえば切削抵抗を把握することができる。このような歪を計測可能な優れた技術が望まれる。しかしながら、切削工具は剛性が高く製造されているため、発生する歪

が小さく、そのままでは歪を計測することが困難な場合がある。

[0083] このような課題を解決するために、切削工具の剛性を意図的に低下させることが考えられる。しかしながら、単に切削工具の剛性を低下させるだけでは、切削抵抗による切削工具の変位が大きくなるため、精密な切削加工が困難になるとともに、切削工具の耐久性が低下する可能性がある。

[0084] そこで、本開示の実施の形態に係る切削工具では、以下のような構成により、このような課題を解決する。

[0085] シャフト部１１は、シャフト部１１のうちの他の部分よりも径が太い拡径部１５を含む。

[0086] 詳細には、シャフト部１１において、切削工具１０１の軸方向、具体的には長手方向Ｘに沿った一部の領域（中間区間）に、長手方向Ｘと直交する方向である直交方向Ｙにシャフト部１１の径を拡大する拡径部１５が設けられる。

[0087] シャフト部１１において、中間区間である拡径部１５の刃取付部１２側には切削側区間１１０１が設けられる。切削側区間１１０１は、拡径部１５から刃取付部１２に向かって延び、シャフト部１１の一方側の端部、すなわち刃取付部１２側の端部を含む。刃取付部１２側の端部において、シャフト部１１は刃取付部１２とつながる。

[0088] シャフト部１１において、中間区間である拡径部１５の刃取付部１２側と反対側には把持側区間１１０２が設けられる。把持側区間１１０２は、拡径部１５から切削側区間１１０１とは逆方向に延び、シャフト部１１の他方側の端部、すなわち刃取付部１２側の端部とは異なる端部を含む。把持側区間１１０２において、シャフト部１１の端部から所定の距離の部分はシャンク１１０３を構成する。

[0089] 切削工具１０１の長手方向Ｘは、シャフト部１１の長手方向に沿っている。たとえば、切削工具１０１の長手方向Ｘおよびシャフト部１１の長手方向は、互いに平行である。

[0090] 拡径部１５は、たとえば多角柱状、具体的には正多角柱状に形成されてい

る。拡径部１５の中心軸は、シャフト部１１の中心軸１７上に位置している。

[0091] より具体的には、たとえば、拡径部１５は八角柱状に形成されている。なお、拡径部１５は、八角柱状であるのが好ましいが、たとえば、四角柱状、六角柱状、十角柱状、または十二角柱状等であってもよい。また、拡径部１５は、円柱状であってもよい。

[0092] 拡径部１５は、シャフト部１１の径を、シャフト部１１の周方向全体にわたり拡大している。つまり、拡径部１５の径は、シャフト部１１における拡径部１５以外の部分の径よりも大きい。換言すれば、拡径部１５は、シャフト部１１における拡径部１５以外の部分よりも太い。なお、拡径部１５の径は、中心軸１７方向視で、中心軸１７を通り、拡径部１５の周面上に両端がある線分のうち最大のものを言う。図１に示す例では、拡径部１５の径は、八角柱の端面における対角線に相当する。

[0093] 拡径部１５は、シャフト部１１の剛性を高める部分である。シャフト部１１に歪センサ１４を取り付けるためにシャフト部１１の長さを延ばしたとしても、拡径部１５を設けることにより、シャフト部１１の剛性の低下を抑えることができる。

[0094] 拡径部１５は、その周面（外周面）に凹部１６を有する。この場合、凹部１６は、シャフト部１１の中心軸１７に向かって凹となるように形成される。

[0095] 図１に示す例では、凹部１６は、シャフト部１１の周方向に沿って形成され、シャフト部１１の中心軸１７を含む断面視で矩形である。凹部１６は、たとえば、シャフト部１１の周方向全体にわたり連続的に形成されている。なお、シャフト部１１の周方向は、シャフト部１１の中心軸１７を法線とする平面上にシャフト部１１を投影した場合に、シャフト部１１の周面に沿う方向を意味する。

[0096] このような構成により、シャフト部１１の周方向における剛性の調節を行いやすくなるため、周方向における歪の調節を行いやすくなる。また、凹部

１６の加工は比較的容易である。これにより、切削工具１０１の剛性の確保および切削工具１０１の歪計測の精度確保の両立をより確実に行うができる。

[0097] 凹部１６は、シャフト部１１の中心軸１７方向において、拡径部１５の中央部分（第１区間）に形成される。拡径部１５において、第１区間に隣接する部分のうち、シャンク１１０３側の部分は第２区間であり、刃取付部１２側の部分は第３区間である。

[0098] 凹部１６は、拡径部１５において生じる歪を局所的に増大させる機能を有する部分である。具体的には、凹部１６は、（ｉ）拡径部１５の第１区間の剛性を第２区間および第３区間の剛性よりも低下させる、つまり拡径部１５の剛性を局所的に低下させ、（ｉｉ）シャフト部１１の中心軸１７から歪センサ１４が取り付けられる位置までの距離を、シャフト部１１の中心軸１７から拡径部１５における凹部１６の底面までの距離よりも大きくし、（ｉｉｉ）拡径部１５に局所的に応力集中を生じさせる部分である。

[0099] すなわち、上記（ｉ）に関しては、拡径部１５の断面係数を局所的に小さくすることで、拡径部１５の剛性を局所的に小さくし、これにより、拡径部１５において発生する歪を局所的に大きくすることができる。したがって、拡径部１５の凹部１６または凹部１６近傍に歪センサ１４を取り付けることで、歪センサ１４は、シャフト部１１における拡径部１５以外の位置に取り付けられる場合と比べて、より大きな値の歪を計測することができる。

[0100] 歪センサ１４は、たとえば、凹部１６を跨ぐように、すなわち橋状にシャフト部１１に取り付けられる。この場合、歪センサ１４は、シャフト部１１の中心軸１７に沿って凹部１６を跨いでもよいし、シャフト部１１の中心軸１７に対して傾斜する方向に凹部１６を跨いでもよい。傾斜角度は、たとえば、シャフト部１１の中心軸１７に対して４５°とすることができる。

[0101] なお、歪センサ１４は、凹部１６を跨がないようにシャフト部１１に取り付けられてもよい。この場合、歪センサ１４は、たとえば、シャフト部１１における、凹部１６近傍に取り付けられる。

[0102] 上記（ｉｉ）に関しては、拡径部１５の周面に歪センサ１４を取り付けることにより、歪センサ１４の取付位置および切削工具１０１の中心軸１７間の距離が、拡径部１５における凹部１６の底および切削工具１０１の中心軸１７間の距離よりも大きくなる。以下、具体的に説明する。

[0103] 図２は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具における歪の増幅について説明する模式図である。詳細には、図２は、切削工具１０１の中心軸１７からの距離に応じて、切削工具１０１において生じる歪の大きさが異なることを模式的に示す図である。

[0104] 図２を参照して、シャフト部１１において生じる歪は、中心軸１７からの距離が大きいほど大きくなる。つまり、中心軸１７から遠い位置の歪εａは、中心軸１７から近い位置の歪εｂより大きい。したがって、拡径部１５の周面に歪センサ１４を取り付けることで、歪センサ１４は、より大きな値の歪を計測することができる。

[0105] 図３は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具における歪の増幅について説明する模式図である。具体的には、拡径部１５において凹部１６の周辺に応力集中が生じる様子を力の流れにより模式的に示す図である。

[0106] 上記（ｉｉｉ）に関しては、図３に示すように、拡径部１５における凹部１６近傍において、力の流れを示す流線３０の密度が高く、または流線３０が曲がっている。このような箇所には応力集中が生じるため、歪が大きくなり易い。特に、凹部１６の底付近の部分４０では、流線３０の密度が高く、かつ流線３０が曲がっている。したがって、凹部１６または凹部１６近傍に歪センサ１４を取り付けることで、歪センサ１４は、より大きな歪を計測することができる。

[0107] このように、凹部１６が有する上記（ｉ）～（ｉｉｉ）の機能により、歪を増幅、すなわち凹部１６および凹部１６近傍において歪が局所的に大きく現れるようにする。剛性が局所的に低下した箇所に歪センサ１４を取り付けることにより、切削工具１０１の剛性を確保しながら、切削によって生じる切削工具１０１の歪、たとえば切削抵抗によって生じる歪を精度よく計測す

ることができる。

[0108] 歪センサ１４は、凹部１６を跨ぐようにシャフト部１１に取り付けられた場合には、凹部１６を跨がないようにシャフト部１１に取り付けられた場合と比べて、より増幅された歪を計測することができるため、計測の精度をより高めることができる。

[0109] 刃取付部１２は、たとえば、シャフト部１１と一体に形成されている。刃取付部１２の基材は、たとえば、切削工具用の超硬合金または金型用鋼により構成されている。

[0110] 刃取付部１２は、刃部を着脱可能に取り付けることが可能に構成されている。具体的には、たとえば、刃取付部１２および刃部には、ネジ穴がそれぞれ形成されている。刃取付部１２および刃部の各ネジ穴を位置合わせした状態において、各ネジ穴にネジを螺合することにより、刃取付部１２に刃部を取り付けることができる。

[0111] 図４は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の構成を示す側面図である。

[0112] 拡径部１５をシャフト部１１の中心軸１７を通る平面２０で切断したときの凹部１６の断面の大きさおよび形状は、シャフト部１１の周方向全体にわたり同じになっている。なお、図４においては、平面２０を想像線である二点鎖線により示している。

[0113] なお、凹部１６は、シャフト部１１の周方向に沿って断続的に形成されてもよい。すなわち、複数の凹部１６が、互いに不連続の状態で形成されてもよい。

[0114] 図５は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具における拡径部を、歪センサを取り外した状態で示す側面図である。

[0115] 図５を参照して、シャフト部１１には、歪センサ１４を取り付ける位置を示す目印（センサ取付部）２１が設けられる。目印２１は、たとえば、歪センサ１４が取り付けられる領域を示す輪郭線である。

[0116] このような構成により、ユーザは、シャフト部１１の適切な位置に歪セン

サ１４を取り付けることができる。したがって、歪センサ１４の取付位置のズレにより計測値への影響が生じることを抑制することができる。

[0117] 図６は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の構成を示す図である。詳細には、図６は、図１におけるＡ方向から見た矢視図である。

[0118] 図６を参照して、凹部１６は、シャフト部１１の中心軸１７を法線とする平面１８において、中心軸１７と平面１８との交点１９に対して点対称をなす形状を有する。なお、図６においては、平面１８を想像線である二点鎖線により示している。

[0119] このような構成により、異方性のある歪の発生を抑制することができるため、たとえば、シャフト部１１の周面に複数の歪センサ１４が取り付けられる場合に、切削工具１０１を各歪センサ１４の計測値により正確に反映させることができる。

[0120] 図７は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具における凹部の機能について説明するための図である。詳細には、図７は、図１に示す切削工具を片持ち梁とみなした場合の切削工具の模式的断面図である。

[0121] 図７を参照して、切削工具１０１は、以下の係数および変数を有する片持ち梁であるとする。また、図７に示す例では、凹部１６は、拡径部１５の周方向に沿って形成され、シャフト部１１の中心軸１７を含む断面視で矩形であるとする。また、凹部１６の底面は円筒状の面であるとする。そして、切削工具１０１の長手方向Ｘにおける先端部４５に荷重、すなわち切削抵抗Ｆ［Ｎ］が加えられた場合、凹部１６の底面において生じる歪ε１[ε]、および凹部１６の開口部付近において生じる歪ε２[ε]は、それぞれ、以下の式（１）および式（２）により表される。なお、歪ε１および歪ε２はいずれも無名数である。しかしながら、本明細書では、ε１およびε２が歪であることを明示するために、ε１およびε２の後に［ε］を記載する。

[0122] [数1]

$$\varepsilon_1 = \frac{M}{EZ} = \frac{32FL}{E\pi D^3} \quad \cdot\cdot\cdot\cdot\cdot \quad (1)$$

[0123] [数2]

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_{1\times}\frac{e}{D/_2}a = \frac{64FLea}{E\pi D^4} \quad \cdot\cdot\cdot\cdot\cdot \quad (2)$$

[0124] ここで、Ｅはヤング係数［ＭＰａ］であり、Ｚは断面係数［ｍｍ＾３］であり、Ｍは曲げモーメント［Ｎｍｍ］であり、ｅは歪センサ１４の取付位置と切削工具１０１の中心軸１７との距離［ｍｍ］である。Ｄは、シャフト部１１において凹部１６が形成されて細くなっている部分、すなわちくびれている部分であるくびれ部の直径である。くびれ部は、言い換えれば、シャフト部１１の幅が局所的に狭くなっている幅狭部である。Ｆは切削工具の先端部４５に加えられる荷重、すなわち切削抵抗［Ｎ］であり、Ｌは切削工具の先端部４５と凹部１６の長手方向Ｘにおける中心位置との距離［ｍｍ］であり、ａは応力集中による歪増大の度合いを示す係数である。なお、シミュレーションの結果によると、凹部１６の幅が３ｍｍ以上である場合、ａは１．５である。また、演算子「＾」は、べき乗を表す。

[0125] 図８は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具における凹部の機能について説明するための図である。詳細には、図８は、凹部１６が形成されていない拡径部１５を有する切削工具を片持ち梁とみなした場合の切削工具の模式的断面図である。

[0126] 図８を参照して、切削工具１０１Ａは、拡径部１５が四角柱状である片持ち梁であるとする。具体的には、拡径部１５において、切削工具１０１の長手方向Ｘと直交する断面は、正方形状である。切削工具１０１Ａの先端部に荷重Ｆすなわち切削抵抗が加えられた場合、拡径部１５の周面において生じる歪εｏｒｉｇｉｎ［ε］は、以下の式（３）により表される。なお、歪εｏｒｉｇｉｎは無名数である。しかしながら、本明細書では、εｏｒｉｇｉｎが歪であることを明示するために、εｏｒｉｇｉｎの後に［ε］を記載する。

[0127]

[数3]

$$\varepsilon_{origin} = \frac{M}{EZ} = \frac{6FL}{EH^3} \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (3)$$

[0128] ここで、Ｅはヤング係数［ＭＰａ］、Ｚは断面係数［ｍｍ＾３］、Ｍは曲げモーメント［Ｎｍｍ］、ｅは歪センサ１４の取付位置と切削工具１０１の中心軸１７との距離［ｍｍ］、Ｈは、拡径部１５において、切削工具１０１の長手方向Ｘと直交する正方形状の断面の一辺の長さ［ｍｍ］、Ｆは切削工具の先端部に加えられる荷重、すなわち切削抵抗［Ｎ］、Ｌは切削工具の長手方向Ｘにおける切削工具の先端部と歪センサ１４との距離［ｍｍ］である。

[0129] 式（２）および式（３）から、歪ε２［ε］は、以下の式（４）により表される。

[0130] [数4]

$$\varepsilon_2 = \frac{6FL}{EH^3} \times \frac{32H^3ea}{3\pi D^4} = \frac{32H^3ea}{3\pi D^4} \times \varepsilon_{origin} \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (4)$$

[0131] すなわち、εｏｒｉｇｉｎ［ε］に対するε２［ε］の倍率αは、以下の式（５）により表される。

[0132] [数5]

$$\alpha = \frac{32H^3ea}{3\pi D^4} \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (5)$$

[0133] 式（５）を参照して、拡径部１５に凹部１６を形成することにより、歪がα倍に増大することがわかる。また、式（２）において、ｅ／（Ｄ／２）の値が大きいほど、ε２［ε］の値が大きくなることから、凹部１６の深さが大きいほど、ε２［ε］の値が大きくなることがわかる。

[0134] 図９は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の構成を示す図である。詳細には、図９は、シャフト部の一部を、シャフト部の中心軸を含む平面

で切断した状態で示す部分断面図である。

[0135] 図９を参照して、凹部１６の幅Ｗ１について説明する。凹部１６の幅Ｗ１は、凹部１６における２つの開口端間の中心軸１７方向の距離である。図９に示す例では、凹部１６の幅Ｗ１は、シャフト部１１の周方向にわたって一定である。なお、凹部１６の幅Ｗ１が一定ではない場合、凹部１６の幅Ｗ１は、凹部１６における２つの開口端間の中心軸１７方向の距離のうち、最長のものとする。また、凹部１６が、シャフト部１１の周面に円形状に開口する円筒状の孔または四角形状に開口する四角筒状の孔である場合、凹部１６の幅Ｗ１は、凹部１６の開口縁のさし渡し長さのうち、最長のものとする。

[0136] 凹部１６の幅Ｗ１が小さいほど、刃先の剛性への影響が小さくなるため、切削作業時における刃先の変位量を小さく保つことができる。その一方で、切削抵抗による変形により凹部１６が閉じる方向に大きく変位し、凹部１６を形成する、相対向する壁面が互いに接触する可能性が高くなる。また、凹部１６および凹部１６周辺における応力分布内における応力変化が大きくなり、歪センサ１４の取付位置のズレによる計測値への影響が大きくなる。

[0137] また、幅Ｗ１が大きいほど、凹部１６において生じる応力集中の度合いが高まって、歪センサ１４の感度が高くなる。また、たとえば、凹部１６を跨ぐように、つまり橋状に歪センサ１４を取り付ける場合、歪センサ１４の比較的広い範囲が宙に浮いた状態となるため、歪センサ１４の中央位置における応力分布が均一に近くなり、歪センサ１４の取付位置のズレによる計測値への影響が小さくなる。その一方で、刃先の剛性への影響が大きくなるため、切削作業時における刃先の変位量が大きくなる。

[0138] 凹部１６の幅Ｗ１の大小による、このようなメリットおよびデメリットを比較考量して、幅Ｗ１が適切に設定される。幅Ｗ１は、たとえば、０．１ｍｍ以上かつ１０ｍｍ以下であり、好ましくは、０．５ｍｍ以上かつ４ｍｍ以下であり、より好ましくは、１ｍｍ以上かつ３ｍｍ以下である。なお、幅Ｗ１は、０．１ｍｍ未満であってもよいし、１０ｍｍより大きくてもよい。

[0139] このような構成により、凹部１６の幅による以下の効果を奏することがで

きる。すなわち、このような幅を採用することにより、凹部１６の幅が刃先の変位に及ぼす影響を小さく抑えることができるため、切削時における刃先の変位量を小さく保つことができる。また、切削時において凹部１６の相対向する壁面が互いに接触する可能性を低くすることができる。また、歪センサ１４が凹部１６を跨ぐように取り付けられる、つまり歪センサ１４が橋状に取り付けられる場合、歪センサ１４の比較的広い範囲が宙に浮いた状態となるため、歪センサ１４の中央付近における応力分布が均一に近くなり、歪センサ１４の取付位置のズレによる計測値への影響を小さくすることができる。

[0140] 次に、凹部１６の深さＤｅ１について説明する。凹部１６の深さＤｅ１は、シャフト部１１の半径方向に沿った、拡径部１５の周面から凹部１６の底面３４までの距離である。図９に示す例では、凹部１６の深さＤｅ１は、シャフト部１１の周方向にわたって一定である。凹部１６がシャフト部１１の拡径部１５以外の部分に設けられる場合、凹部１６の深さＤｅ１はシャフト部１５の周面から凹部１６の底面３４までの距離となる。要するに、凹部１６の深さＤｅ１は、シャフト部１１の半径方向に沿った、凹部１６が開口するシャフト部１１の面から凹部１６の底面３４までの距離である。なお、凹部１６の底面３４が湾曲している場合、凹部１６の深さＤｅ１は、凹部１６が開口するシャフト部１１の面から凹部１６の底面３４までの距離のうち、最長のものとする。

[0141] 凹部１６の深さＤｅ１が小さいほど、刃先の剛性への影響が小さくなるため、切削作業時における刃先の変位量を小さく保つことができる。その一方で、断面二次モーメントの低減による効果と、切削工具１０１の中心軸１７からシャフト部１１における拡径部１５以外の部分の周面までの距離に比べて、中心軸１７から歪センサ１４の位置までの距離が大きいことによる効果とが小さくなるため、歪量の増幅効果が小さくなる。すなわち、歪センサ１４の感度が低くなる。

[0142] また、凹部１６の深さＤｅ１が大きいほど、断面二次モーメントの低減に

による効果と、切削工具１０１の中心軸１７からシャフト部１１における拡径部１５以外の部分の周面までの距離に比べて、中心軸１７から歪センサ１４の位置までの距離が大きいことによる効果とが大きくなり、また、凹部１６において生じる応力集中の度合いが高まるため、歪量の増幅効果が大きくなる。すなわち、歪センサ１４の感度が高くなる。その一方で、刃先の剛性への影響が大きくなるため、切削作業時における刃先の変位量が大きくなる。

[0143] 凹部１６の深さＤｅ１の大小による、このようなメリットおよびデメリットを比較考量して、深さＤｅ１が適切に設定される。深さＤｅ１は、たとえば、２ｍｍ以上かつ４０ｍｍ以下であり、好ましくは、２ｍｍ以上かつ２０ｍｍ以下であり、より好ましくは、２．５ｍｍ以上かつ１０ｍｍ以下である。なお、深さＤｅ１は、２ｍｍ未満であってもよいし、４０ｍｍより大きくてもよい。

[0144] このような構成により、凹部１６の深さによる以下の効果を奏することができる。すなわち、このような深さを採用することにより、凹部１６の深さが刃先の変位に及ぼす影響を小さく抑えることができるため、切削時における刃先の変位量を小さく保つことができる。また、歪量の増幅効果が高くなるため、歪をより一層精度よく計測することができる。

[0145] また、拡径部１５をシャフト部１１の中心軸１７を通る平面２０で切断したときの、平面２０上における凹部１６の底面３４の形状は、図９に示すように、直線状となっている。

[0146] また、凹部１６の底面３４からシャフト部１１の中心軸１７までの距離Ｄ１は、たとえば、シャフト部１１における拡径部１５以外の部分の半径ｒ１以上である。なお、凹部１６の底面３４の形状が円弧状等の直線状ではない場合、距離Ｄ１は凹部１６の底面３４からシャフト部１１の中心軸１７までの距離のうち、最短のものとする。

[0147] このような構成により、凹部１６の深さが刃先の変位に及ぼす影響を小さく抑えることができるため、切削時における刃先の変位量を小さく保つことができる。

[0148] 図１０は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の構成の他の例を示す図である。詳細には、図１０は、シャフト部の一部を、切削工具の中心軸を含む平面で切断した状態で示す部分断面図である。

[0149] 拡径部１５をシャフト部１１の中心軸１７を通る平面で切断したときの、平面２０上における凹部１６の底面３４の形状は、直線状に限定されるものではなく、たとえば、図１０に示すように、丸みを帯びた形状、具体的には、円弧状等であってもよい。

[0150] このような構成により、凹部１６の底面付近に必要以上の応力集中が生じることを抑制することができるため、切削工具１０１の耐久性を向上させることができる。

[0151] 図１１は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の構成の他の例を示す図である。具体的には、シャフト部の一部を、切削工具の中心軸を含む平面で切断した状態で示す部分断面図である。

[0152] 図１１を参照して、距離Ｄ１は、半径ｒ１より小さくてもよい。

[0153] このような構成により、切削時に局所的に生じる歪の増大が促進されるため、歪をより一層精度よく計測することができる。

[0154] 図１２は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具における歪センサの一例を示す図である。

[0155] 図１２を参照して、歪センサ１４は、たとえば、半導体チップ３１と、支持部３２と、取付部３３とを含む。

[0156] 半導体チップ３１は、たとえば、センサ素子、制御回路、アンプ回路およびＡ／Ｄ（Ａｎａｌｏｇ　ｔｏ　Ｄｉｇｉｔａｌ）コンバータが集積された１つの半導体集積回路である。

[0157] 支持部３２は、半導体チップ３１を支持する金属製で板状の台座である。半導体チップ３１および支持部３２は、合成樹脂により封止されている。

[0158] 取付部３３は、半導体チップ３１および支持部３２を、取付対象物であるシャフト部１１に接着して取り付けるためのシート状の部材である。

[0159] 歪センサ１４は、接着剤等により、シャフト部１１に取り付けられる。具

体的には、たとえば、ユーザは、シャフト部１１において目印２１によって示される取付位置に、歪センサ１４を取り付けることができる。

[0160] このような構成により、歪センサ１４を用いて、切削時にシャフト部１１において生じる歪を精度よく計測することができる。

[0161] 歪センサ１４は、たとえば、凹部１６を跨ぐように、すなわち橋状に拡径部１５に取り付けられる。この場合、歪センサ１４は、凹部１６と直交する方向に沿って、すなわち切削工具１０１の長手方向Ｘに沿って取り付けられる。歪センサ１４は、歪センサ１４の重心がシャフト部１１の半径方向において凹部１６と対向する位置に取り付けられるのが好ましい。なお、歪センサ１４は、凹部１６を跨がないように拡径部１５に取り付けられてもよい。この場合、歪センサ１４は、たとえば、拡径部１５における、凹部１６近傍に取り付けられる。より詳細には、歪センサ１４は、凹部１６から中心軸１７方向に５ｍｍ以内の位置に取り付けられる。

[0162] 歪センサ１４は、凹部１６を跨ぐように拡径部１５に取り付けられた場合には、凹部１６を跨がないように拡径部１５に取り付けられた場合と比べて、より増幅された歪を計測することができるため、計測の精度をより高めることができる。

[0163] 歪センサ１４は、たとえば、切削工具１０１が切削対象物を切削しているときに、シャフト部１１において生じる引張歪および圧縮歪を計測することができる。

[0164] 歪センサ１４としては、たとえば、グローセル社製のものを使用することができる。

[0165] 図１３は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の構成を示す図である。詳細には、図１３は、切削工具が、図２に示す構成要素に加えて、さらに、電池、無線通信装置およびハウジングを備えた状態を示す図である。なお、図１３においては、電池、無線通信装置およびハウジングを想像線である二点鎖線により示している。

[0166] 図１３を参照して、切削工具１０１は、図４に示す構成に加えて、さらに

、電池２２と、無線通信装置２３と、ハウジング２４とを備える。

[0167] 電池２２は、図示しない電力線を介して、歪センサ１４および無線通信装置２３と接続されている。電池２２は、電力線を介して、歪センサ１４および無線通信装置２３へ電力を供給する。電力線には、電力供給のオンおよびオフを切り替えるスイッチが設けられている。

[0168] 無線通信装置２３は、図示しない信号線を介して、歪センサ１４と接続されている。歪センサ１４は、シャフト部１１に生じた歪を示す計測信号を信号線を経由して無線通信装置２３へ出力する。

[0169] 無線通信装置２３は、歪センサ１４から計測信号を受けると、受けた計測信号の示す計測結果を無線信号に含めて外部のパーソナルコンピュータ等の後述の管理装置へ送信する。管理装置は、たとえば、受信した計測結果を蓄積し、蓄積した計測結果を解析する。なお、管理装置は、計測結果の解析に限らず、他の種類の処理を行ってもよい。

[0170] ハウジング２４は、底板部２５と、側壁部２６とを含む。

[0171] ハウジング２４は、たとえば、拡径部１５の下面に固定される。ハウジング２４は、拡径部１５、電池２２、無線通信装置２３、電力線および信号線を収容した状態、具体的には、拡径部１５および電池２２等をこれらの下方および側方から覆った状態において、電池２２および無線通信装置２３を保持する。

[0172] 底板部２５は、たとえば、円板状に形成されている。底板部２５には、拡径部１５に対応する位置に、図示しない複数のネジ穴が形成されている。また、拡径部１５の下面にも複数のネジ穴が形成されている。

[0173] 底板部２５のネジ穴と拡径部１５のネジ穴とを位置合わせした状態において、底板部２５および拡径部１５の各ネジ穴にネジを螺合することにより、底板部２５を拡径部１５に固定することができる。

[0174] 側壁部２６は、たとえば、円筒状に形成されている。側壁部２６の下端部には、底板部２５の周縁部に対応する位置に、図示しない複数のネジ穴が形成されている。また、底板部２５の周縁部にも複数のネジ穴が形成されてい

る。

[0175] 底板部２５のネジ穴と側壁部２６のネジ穴とを位置合わせした状態において、底板部２５および側壁部２６の各ネジ穴にネジを螺合することにより、側壁部２６を底板部２５に固定することができる。

[0176] 図１４は、本開示の第１の実施の形態に係る切削システムの構成を示す図である。

[0177] 図１４を参照して、切削システム２１０は、フライス盤等の切削装置２１１と、管理装置２１３とを備える。

[0178] 切削装置２１１は、切削工具１０１と、図示しない駆動部と、駆動部を制御する図示しない制御部とを含む。駆動部は、切削工具１０１を駆動するモータ等である。制御部は、駆動部の回転数等を制御する。

[0179] 切削工具１０１は、歪センサ１４の計測結果を示すセンサ情報を含む無線信号を送信する。

[0180] 管理装置２１３は、切削工具１０１からセンサ情報を含む無線信号を受信し、受信したセンサ情報が示す計測結果を処理する。

[0181] 具体的には、管理装置２１３は、無線通信部２１４と、制御部２１５と、記憶部２１６と、操作入力部２１７と、表示部２１８とを含む。

[0182] 無線通信部２１４は、切削工具１０１の無線通信装置２３と無線による通信を行う。具体的には、無線通信部２１４は、切削工具１０１の無線通信装置２３から、センサ情報を含む無線信号を受信する。

[0183] 操作入力部３６は、キーボードおよびマウス等のユーザインタフェースを含む。操作入力部２１７は、ユーザからの指示およびデータ入力を受け付ける。

[0184] 記憶部２１６は、たとえば、ＨＤＤ（Ｈａｒｄ　Ｄｉｓｋ　Ｄｒｉｖｅ）等の記憶装置を含む。また、たとえば、記憶部２１６は、ＣＤ－ＲＯＭ（Ｃｏｍｐａｃｔ　Ｄｉｓｃ　Ｒｅａｄ　Ｏｎｌｙ　Ｍｅｍｏｒｙ）、ＤＶＤ－ＲＯＭ（Ｄｉｇｉｔａｌ　Ｖｅｒｓａｔｉｌｅ　Ｄｉｓｋ　Ｒｅａｄ　Ｏｎｌｙ　Ｍｅｍｏｒｙ）またはＢＤ－ＲＯＭ（Ｂｌｕ－ｒａｙ（登録商標）

Ｄｉｓｃ　Ｒｅａｄ　Ｏｎｌｙ　Ｍｅｍｏｒｙ）等の補助記憶装置を含む。また、たとえば、記憶部２１６は、ＲＡＭ（Ｒａｎｄｏｍ　Ａｃｃｅｓｓ　Ｍｅｍｏｒｙ）およびＲＯＭ（Ｒｅａｄ　Ｏｎｌｙ　Ｍｅｍｏｒｙ）等の半導体メモリを含む。

[0185]　記憶部２１６には、制御部２１５を動作させるためのプログラムおよびデータ、無線通信部２１４が切削工具１０１から受信した計測結果、ならびに制御部２１５の解析結果等が保存される。

[0186]　制御部２１５は、たとえば、ＣＰＵ（Ｃｅｎｔｒａｌ　Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ　Ｕｎｉｔ）を含む。制御部２１５は、歪センサ１４の計測結果を解析する。詳細には、制御部２１５は、記憶部２１６に蓄積された計測結果を解析する。また、制御部２１５は、管理装置２１３における各ユニットの制御を行う。

[0187]　具体的には、たとえば、制御部２１５は、シャフト部１１における歪が生じている位置および歪の大きさに基づいて、刃部に破損が生じているか否か、および刃部の寿命を推定する。

[0188]　表示部２１８は、たとえば、ディスプレイである。表示部２１８は、制御部２１５の解析結果を表示する。なお、表示部２１８は、管理装置２１３の外部に設けられてもよい。

[0189]　また、切削システム２１０は、切削装置２１１および管理装置２１３間の距離が長い等の理由により、両者の間において無線信号の送受信を直接行うことが困難である場合には、両者の間に中継装置を備えてもよい。この場合、切削装置２１１は、無線信号を中継装置経由で管理装置２１３へ送信する。

[0190]　［使用方法］

図１３および図１４を参照して、切削工具１０１の使用方法について説明する。

[0191]　まず、切削工具１０１のシャンク１１０３を、たとえば、フライス盤における、アーバ等のホルダに固定する。

[0192] 次に、電力線に設けられたスイッチをオフからオンへ切り替えることにより、電池２２から歪センサ１４および無線通信装置２３へ電力を供給する。

[0193] 次に、切削工具１０１を回転駆動することにより、切削工具１０１は、切削対象物の切削を開始する。

[0194] 切削が開始されると、切削工具１０１が切削対象物から受ける切削抵抗により、刃部、刃取付部１２およびシャフト部１１に応力が生じて歪が生じる。

[0195] 歪センサ１４は、シャフト部１１に生じた歪を示す計測信号を無線通信装置２３へ出力する。

[0196] 次に、無線通信装置２３は、歪センサ１４から受けた計測信号を示すセンサ情報を無線信号に含めて外部の管理装置２１３へ送信する。

[0197] 管理装置２１３において、無線通信部２１４は、無線通信装置２３から受信した無線信号に含まれるセンサ情報の示す計測結果を記憶部２１６に保存する。記憶部２１６は、無線通信部２１４が切削工具１０１から受信した計測結果を蓄積する。制御部２１５は、ユーザから操作入力部２１７を介して入力された指示に応じて、記憶部２１６に蓄積された計測結果を解析する。表示部２１８は、解析結果を表示する。

[0198] なお、凹部１６は上述した矩形、すなわち、拡径部１５の周方向に沿って形成され、シャフト部１１の中心軸１７を含む断面視で矩形でなくてもよい。具体的には、たとえば、凹部１６は、円形状に開口する円筒状の孔、四角形状に開口する四角筒状の孔等であってもよい。

[0199] また、歪センサ１４は、凹部１６に対して斜めの方向、すなわち切削工具１０１の長手方向Ｘに対して斜めの方向に沿って、拡径部１５に取り付けられてもよい。具体的には、たとえば、歪センサ１４は、長手方向Ｘに対して４５°の角度をなす方向に沿って拡径部１５に取り付けられてもよい。

[0200] また、複数の歪センサ１４が設けられる場合、一部の歪センサ１４は、凹部１６に対して直交する方向、すなわち切削工具１０１の長手方向Ｘに沿った方向に取り付けられ、他の歪センサ１４は、凹部１６に対して傾斜する方

向に沿って、拡径部１５に取り付けられてもよい。

[0201] 具体的には、たとえば、４つの歪センサ１４が設けられる場合、２つの歪センサ１４は、凹部１６に対して直交する方向に沿って取り付けられ、他の２つの歪センサ１４は、凹部１６に対して傾斜する方向に沿って拡径部１５に取り付けられる。

[0202] また、凹部１６は、シャフト部１１の周方向に沿って形成されていなくてもよい。凹部１６は、シャフト部１１の周方向に対して傾いた方向に沿って形成されてもよい。すなわち、シャフト部１１の中心軸１７を法線とする平面と交差するように形成されていてもよい。

[0203] また、凹部１６は、シャフト部１１の中心軸１７を法線とする平面１８において、中心軸１７と平面１８との交点１９に対して点対称でない形状を有してもよい。具体的には、たとえば、シャフト部１１の周方向において深さおよび幅の少なくともいずれか一方が均一でない凹部１６が、シャフト部１１の周方向に沿って形成されてもよい。

[0204] また、シャフト部１１は、シャフト部１１の中心軸１７を法線とする平面１８において、中心軸１７と平面１８との交点１９に対して点対称をなさない位置に設けられた少なくとも１組の凹部を有してもよい。具体的には、たとえば、３つの凹部１６が、拡径部１５の周面において、それぞれ、交点１９を中心として０°，１２０°，２４０°をなす位置に設けられてもよい。

[0205] 図１５は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具についてシミュレーションを行った結果を示すグラフである。詳細には、図１５は、第１の実施の形態に係る切削工具である３つの実施例１～３、および２つの比較例１，２を片持ち梁であるとみなして、それぞれ、先端部に同一の荷重を加えた場合における片持ち梁全体の変位を示している。図１５において、実施例１～３および比較例１，２は、それぞれ、グラフＧ１～Ｇ５に対応している。

[0206] ３つの実施例１～３、および比較例１，２の条件は以下の通りである。比較例１は、拡径部１５および凹部１６が形成されていない切削工具である。具体的には、シャフト部１１の長さおよび直径は、それぞれ、６５ｍｍおよ

び２５ｍｍである。比較例２は、歪センサ１４を取り付ける領域の長さとして、比較例１と比べて全長を４０ｍｍ延長したものである。

[0207] 実施例１では、歪センサ１４を取り付けるための領域の長さとして、比較例１と比べて長さが４０ｍｍ延長されるとともに、延長された部分が四角柱状に拡径された拡径部１５となっている。拡径部１５は、１辺が５５ｍｍの正方形状の断面を有している。また、実施例１は、拡径部１５の周方向に沿って幅３ｍｍの凹部１６が形成されたものである。シャフト部１１において凹部１６が形成されて細くなっている部分であるくびれ部の直径は、３５ｍｍである。

[0208] 実施例２は、実施例１と比べて、くびれ部の直径が２５ｍｍである。実施例３は、実施例１と比べて、くびれ部の直径が２０ｍｍである。

[0209] 図１５を参照して、比較例２のように全長を４０ｍｍ延長すると、比較例１と比べて剛性が大きく低下して、刃先での変位が大きくなることが分かる。また、実施例１～３のように拡径部１５を設けると、剛性が高まり、比較例２と比べて刃先の変位が小さく抑えられていることが分かる。

[0210] ここで、本発明者らは、一例として、実施例２および比較例２における切削工具の剛性を計算によって求め、比較した。具体的には、まず、３次元スキャナを用いて、実施例２の切削工具の寸法を計測した。次に、計測結果に基づき、実施例２の切削工具に対応する３次元ＣＡＤ（Ｃｏｍｐｕｔｅｒ Ａｉｄｅｄ Ｄｅｓｉｇｎ）モデルを作成した。作成したＣＡＤモデルから凹部１６を有する拡径部１５を除く処理を行い、比較例２の切削工具に対応するＣＡＤモデルを作成した。これらのＣＡＤモデルそれぞれの剛性を有限要素法によって算出した。

[0211] その結果、実施例２に対応するＣＡＤモデルの剛性は、比較例２に対応するＣＡＤモデルの剛性の２．５４倍であった。これより、凹部１６を有する拡径部１５が設けられた切削工具の剛性は、当該拡径部１５が設けられない切削工具の剛性の１．１倍以上であるのが好ましく、より好ましくは１．５倍以上であり、さらに好ましくは２．０倍以上である。

[0212] 図１６は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具についてシミュレーションを行った結果を示すグラフである。詳細には、図１６は、上記実施例１～３および比較例１，２について、それぞれ、先端部に同一の荷重を加えた場合にシャフト部１１において生じる歪を示している。図１６において、実施例１～３および比較例１，２は、それぞれ、グラフＧ２１～Ｇ２５に対応している。

[0213] 図１６を参照して、実施例１～３のように、シャフト部１１に拡径部１５を形成すると、剛性が高まり、歪が小さくなることが分かる。また、実施例１～３のように、拡径部１５に凹部１６を形成すると、拡径部１５の剛性が局所的に低下して、歪が大きくなることが分かる。また、実施例１～３のようにくびれ部の直径を変更すると、歪の大きさを制御できることが分かる。たとえば、実施例１～３のように、くびれ部の直径が小さくなるにつれて、つまり凹部１６の深さが大きくなるにつれて、歪が大きくなることが分かる。たとえば、実施例３のくびれ部は、実施例１のくびれ部と比べて直径が小さいため、実施例１のくびれ部と比べて剛性が低い。このため、実施例の３のくびれ部では、実施例１のくびれ部と比べて、歪の増幅度合いが大きい。

[0214] 図１７は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の凹部の形状についてシミュレーションを行った結果を示すグラフである。詳細には、図１７は、第１の実施の形態に係る切削工具である３つの実施例４～９を片持ち梁であるとみなして、それぞれ、先端部に同一の荷重を加えた場合に、凹部１６の幅が歪センサ１４の応力分布に及ぼす影響の度合いを示している。ここで、歪センサ１４は、凹部１６を跨ぐように拡径部１５に取り付けられるものとする。

[0215] 図１７における横軸および縦軸は、それぞれ、歪センサ１４において凹部１６を跨いでいる部分、すなわち凹部１６上の部分における片持ち梁の先端部側の端部から根本側への複数のサンプリング位置までの距離、ならびに当該複数のサンプリング位置において発生する応力を示している。図１７において、実施例４～９は、それぞれ、グラフＧ３１～Ｇ３６に対応している。

[0216] 図７は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具における凹部および歪センサの一部を拡大した状態で示している。詳細には、図７は、歪センサ１４における複数のサンプリング位置Ｐの一例を示している。

[0217] 図７を参照して、サンプリング位置Ｐは、歪センサ１４における凹部１６を跨いでいる部分において、片持ち梁の先端部側の端部１４１より根本側の或る位置をサンプリング位置Ｐの始点として、当該始点から根本側へ０．２５ｍｍおきに設けられる。すなわち、上記始点を含む複数の位置にサンプリング位置Ｐが設けられる。上記始点は、たとえば、端部１４１から根本側へ０．２５ｍｍ離れた位置である。

[0218] なお、サンプリング位置Ｐは、端部１４１をサンプリング位置Ｐの始点として、当該始点から根本側へ０．２５ｍｍおきに設けられてもよい。すなわち、端部１４１にサンプリング位置Ｐが設けられてもよい。

[0219] ６つの実施例４～９の条件は以下の通りである。実施例４～９では、拡径部１５は、正八角柱状に形成されている。正八角柱の互いに対向する面同士の距離は、５６ｍｍである。実施例４～９は、拡径部１５の周方向に沿って凹部１６が形成されたものである。

[0220] シャフト部１１において凹部１６が形成されて細くなっている部分であるくびれ部の直径は、３２ｍｍである。正八角柱の各側面と凹部１６の底面との距離、すなわち凹部１６の深さは、１２ｍｍである。

[0221] 実施例４～９の凹部１６の幅は、それぞれ、０．５ｍｍ，１ｍｍ，２ｍｍ，３ｍｍ，６ｍｍ，１０ｍｍである。

[0222] 図１７を参照して、凹部１６の幅が０．５ｍｍ～１ｍｍの範囲では、幅が狭いことにより、応力のばらつきが大きい。平均すると、１９ＭＰａ～２８ＭＰａ程度であり、幅が広がるにつれて応力が大きくなっている。ただし、幅が３ｍｍ以上の範囲では、応力が３０ＭＰａ程度で飽和している。このため、幅を０．５ｍｍから１０ｍｍに広げた場合の応力の増加は、約１．５倍となっている。

[0223] 図１８は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の凹部の形状につい

てシミュレーションを行った結果を示すグラフである。詳細には、図１８は、第１の実施の形態に係る切削工具である６つの実施例４～９を片持ち梁であるとみなして、それぞれの先端部に同一の荷重を加えたときの当該先端部における剛性を比較した場合に、凹部の幅が当該先端部の剛性比に及ぼす影響の度合いを示している。図１８は、横軸および縦軸は、それぞれ、凹部の幅および剛性比を示している。

[0224] 図１８を参照して、凹部１６の幅を０．５ｍｍから１０ｍｍに変更した場合、剛性比は約５％低下する。

[0225] 図１９は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の凹部の形状についてシミュレーションを行った結果を示すグラフである。詳細には、図１９は、第１の実施の形態に係る切削工具である４つの実施例１０～１３を片持ち梁であるとみなして、それぞれの先端部に同一の荷重を加えた場合に、凹部１６の深さが歪センサ１４の応力分布に及ぼす影響の度合いを示している。ここで、歪センサ１４は、凹部１６を跨ぐように拡径部１５に取り付けられるものとする。

[0226] 図１９における横軸および縦軸は、それぞれ、歪センサ１４において凹部１６を跨いでいる部分、すなわち凹部１６上の部分における片持ち梁の先端部側の端部から根本側への複数のサンプリング位置までの距離、ならびに当該複数のサンプリング位置において発生する応力を示している。図１９において、実施例１０～１３は、それぞれ、グラフＧ４１～Ｇ４４に対応している。

[0227] 図７に示すように、サンプリング位置Ｐは、歪センサ１４における凹部１６を跨いでいる部分において、片持ち梁の先端部側の端部１４１より根本側の或る位置をサンプリング位置Ｐの始点として、当該始点から根本側へ０．２５ｍｍおきに設けられる。すなわち、上記始点を含む複数の位置にサンプリング位置Ｐが設けられる。上記始点は、たとえば、端部１４１から根本側へ０．２５ｍｍ離れた位置である。

[0228] なお、サンプリング位置Ｐは、端部１４１をサンプリング位置Ｐの始点と

して、当該始点から根本側へ０．２５ｍｍおきに設けられてもよい。すなわち、端部１４１にサンプリング位置Ｐが設けられてもよい。

[0229] ４つの実施例１０～１３の条件は以下の通りである。実施例１０～１３の凹部１６の深さは、それぞれ、０．５ｍｍ，５．５ｍｍ，１２ｍｍ，１５．５ｍｍである。また、実施例１０～１３の凹部１６の幅は３ｍｍである。なお、実施例１０～１３における凹部１６の底の直径は、それぞれ、５５ｍｍ，４５ｍｍ，３２ｍｍ，２５ｍｍである。

[0230] 図１９を参照して、凹部１６の深さが０．５ｍｍである場合、応力は２ＭＰａ程度である。これに対し、凹部１６の深さが１５．５ｍｍである場合、応力は３１ＭＰａ程度となる。つまり、凹部１６の深さを０．５ｍｍから１５．５ｍｍへ変更すると、応力が約１５倍に増幅される。

[0231] 図２０は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の凹部の形状についてシミュレーションを行った結果を示すグラフである。詳細には、図２０は、第１の実施の形態に係る切削工具である４つの実施例１０～１３を片持ち梁であるとみなして、それぞれの先端部に同一の荷重を加えたときの当該先端部における剛性を比較した場合に、凹部の深さが当該先端部の剛性比に及ぼす影響の度合いを示している。図２０では、縦軸は剛性比を示している。また、横軸は、凹部の底の直径および凹部の深さを示している。

[0232] 図２０を参照して、凹部１６の深さを０．５ｍｍから１５．５ｍｍへ増加させても、剛性比は約４％しか低下しない。

[0233] 以上の結果から、凹部１６の幅および深さを比較すると、凹部１６の幅よりも凹部１６の深さの方が、剛性比の変化量に対する応力の増加率が高いことが分かる。つまり、片持ち梁の先端部における剛性の低下を抑えつつ、シャフト部１１の剛性を低下させて、歪を増幅させるには、凹部１６の幅を大きくするよりも、凹部１６の深さを大きくする方が効果的であることが分かる。

[0234] なお、切削工具１０１は、歪センサ１４を備えず、シャフト部１１が歪センサ１４を着脱可能な構成であってもよい。

[0235] ［変形例１］

図２１は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の変形例１を示す斜視図である。

[0236] 図２１を参照して、変形例１に係る切削工具２０１は、図１に示す凹部１６の代わりに、複数の凹部１６１を備える。

[0237] 図２１に示す例では、凹部１６１は、円形状に開口する孔部である。凹部１６１は、シャフト部１１の中心軸１７に向かって凹となるように形成されている。なお、凹部１６１は、円形状以外の形状に開口する孔部であってもよい。たとえば、凹部１６１は、四角形状に開口する孔部であってもよい。

[0238] 図２１に示す例では、複数の凹部１６１が、シャフト部１１の周方向に沿って互いに間隔をあけて形成されている。具体的には、凹部１６１の数は、４つである。４つの凹部１６１のうち、２つの凹部１６１は、シャフト部１１の中心軸１７を介して互いに反対の位置に設けられている。また、他の２つの凹部１６１は、シャフト部１１の中心軸１７を介して互いに反対の位置に設けられている。また、各凹部１６１は、シャフト部１１の周方向に沿って等間隔で並ぶ位置に設けられている。なお、凹部１６１の数は、４つに限定されず、たとえば、１つ、２つ、３つ、または５つ以上であってもよい。

[0239] 図２２は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の変形例１を示す矢視図である。詳細には、図２２は、図２１におけるＡ方向から見た矢視図である。

[0240] 図２２を参照して、拡径部１５は、シャフト部１１の中心軸１７を法線とする平面１８において、中心軸１７と平面１８との交点１９に対して点対称をなす位置に設けられた少なくとも１組の凹部１６１を有する。図２２に示す例では、拡径部１５は、２組の凹部１６１を有する。

[0241] 具体的には、当該位置に設けられた少なくとも１組の凹部１６１は、互いに、幅が同じであり、かつ深さが同じである。

[0242] また、拡径部１５を平面１８で切断したときの各凹部１６１の断面の大きさおよび形状は、同じになっている。また、拡径部１５を平面１８で切断し

たときの、平面１８上における凹部１６１の底面１９１の形状は、直線状となっている。

[0243] 図２３は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の変形例１を示す側面図である。

[0244] 図２３を参照して、拡径部１５をシャフト部１１の中心軸１７を通る平面２０で切断したときの各凹部１６１の断面の大きさおよび形状は、同じになっている。

[0245] また、拡径部１５を平面２０で切断したときの、平面２０上における凹部１６１の底面１９１の形状は、直線状となっている。

[0246] 図２４は、本開示の第１の実施の形態の変形例１に係る切削工具の構成を示す図である。詳細には、図２４は、シャフト部の一部を、切削工具の中心軸を含む平面で切断した状態で示す部分断面図である。

[0247] 図２４を参照して、凹部１６１の深さＤｅ２は、たとえば、図５における凹部１６の深さＤｅ１と同じ範囲内の値に設定される。

[0248] また、凹部１６１における、深さ方向と直交する方向の長さ、具体的には径Ｄｉ１は、たとえば、図９における凹部１６の幅Ｗ１と同じ範囲内の値に設定される。

[0249] また、凹部１６１の底面１９１からシャフト部１１の中心軸１７までの距離Ｄ２は、たとえば、シャフト部１１における拡径部１５以外の部分の半径ｒ１以上である。

[0250] 図２５は、本開示の第１の実施の形態の変形例１に係る切削工具の他の例を示す図である。詳細には、図２５は、シャフト部の一部を、切削工具の中心軸を含む平面で切断した状態で示す部分断面図である。

[0251] 拡径部１５をシャフト部１１の中心軸１７を通る平面２０で切断したときの、平面２０上における凹部１６１の底面１９１の形状は、直線状に限定されるものではなく、たとえば、図２５に示すように、円弧状であってもよい。

[0252] 図２６は、本開示の第１の実施の形態の変形例１に係る切削工具の他の例

を示す図である。詳細には、図２６は、シャフト部の一部を、切削工具の中心軸を含む平面で切断した状態で示す部分断面図である。

[0253] 図２６を参照して、距離Ｄ２は、半径ｒ１より小さくてもよい。

[0254] なお、拡径部１５が有する凹部１６１の対の数は、２組に限定されるものではなく、たとえば、１組または３組以上であってもよい。

[0255] その他の構成は、上述した切削工具１０１と同様であるため、ここでは詳細な説明を繰り返さない。

[0256] 凹部１６１が、シャフト部１１の中心軸１７に向かって凹となるように形成される構成により、シャフト部１１において歪が大きく現れやすいシャフト部１１の周面、具体的には、たとえば拡径部１５の周面に凹部１６を形成して、シャフト部１１の剛性をより一層低下させることができる。したがって、切削によって生じる切削工具１０１の歪をさらに精度よく計測することができる。

[0257] 拡径部１５が、中心軸１７と平面１８との交点１９に対して点対称をなす位置に設けられた少なくとも１組の凹部１６１を有する構成により、異方性のある歪の発生を抑制することができるため、たとえば、シャフト部１１の周面に複数の歪センサ１４が取り付けられる場合に、切削工具１０１の状態を各歪センサ１４の計測値により正確に反映させることができる。

[0258] ［変形例２］

図２７は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の変形例２を示す側面図である。図２８は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の変形例２を分割した状態で示す側面図である。

[0259] 図２７および図２８を参照して、変形例２に係る切削工具３０１のシャフト部１１は、シャフト部１１の長手方向Ｘに分割可能に構成されている。

[0260] 具体的には、たとえば、シャフト部１１は、拡径部１５よりも刃取付部１２側の位置において、刃取付部１２側の部分である刃側部分１１１と、刃取付部１２とは反対側の部分である反刃側部分１１４とに分割可能に構成されている。

[0261] 刃側部分１１１における、刃取付部１２とは反対側の端部には、雄ネジ部１１１Ａが設けられている。また、反刃側部分１１４における、刃取付部１２側の端部には、雌ネジ部１１４Ａが設けられている。雄ネジ部１１１Ａと雌ネジ部１１４Ａとが螺合することにより、刃側部分１１１と反刃側部分１１４とが連結される。また、雄ネジ部１１１Ａと雌ネジ部１１４Ａとの螺合を解除することにより、刃側部分１１１と反刃側部分１１４とが分割される。

[0262] なお、刃側部分１１１における、刃取付部１２とは反対側の端部に雌ネジ部が設けられるとともに、反刃側部分１１４における、刃取付部１２側の端部に雄ネジ部が設けられてもよい。

[0263] また、シャフト部１１は、たとえば、拡径部１５よりも刃取付部１２とは反対側の位置において、刃取付部１２側の部分と、刃取付部１２とは反対側の部分とに分割可能に構成されてもよい。

[0264] その他の構成は、上述した切削工具１０１と同様であるため、ここでは詳細な説明を繰り返さない。

［変形例３］

図２９は、本開示の第１の実施の形態に係る切削工具の変形例３を示す側面図である。

[0265] 図２９を参照して、変形例３に係る切削工具４０１の拡径部１５は、歪センサ１４が取り付けられる位置に凹部２７を有している。以下、凹部２７を取付凹部２７とも称する。図２９に示す例では、取付凹部２７は、拡径部１５における、凹部１６と直交する位置に形成されている。

[0266] 取付凹部２７は、シャフト部１１の中心軸１７に向かって凹となるように形成されている。取付凹部２７の開口部および底面は、各々、歪センサ１４よりも大きい。具体的には、取付凹部２７の開口部および底面は、各々、たとえば、歪センサ１４を相似的に拡大したような形状を有している。取付凹部２７の深さは、たとえば、凹部１６の深さと同じである。

[0267] 図３０は、図２９における拡径部付近を拡大して示す側面図である。なお

、図３０では、便宜上、歪センサを図示していない。

[0268] 図３０を参照して、取付凹部２７の底面には、目印２１が設けられている。ユーザは、目印２１によって示される取付位置に、歪センサ１４を取り付けることができる。

[0269] その他の構成は、上述した切削工具１０１と同様であるため、ここでは詳細な説明を繰り返さない。

[0270] 次に、本開示の他の実施の形態について図面を用いて説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰り返さない。

[0271] ＜第２の実施の形態＞

本開示の第２の実施の形態は、第１の実施の形態に係る切削工具１０１と比べて凹部の形状を変更した切削工具に関する。以下で説明する内容以外は第１の実施の形態に係る切削工具１０１と同様である。

[0272] 図３１は、本開示の第２の実施の形態に係る切削工具の構成を示す斜視図である。図３２は、本開示の第２の実施の形態に係る切削工具の構成を示す側面図である。図３３は、本開示の第２の実施の形態に係る切削工具の構成を示す図である。詳細には、図３３は、図２１におけるＡ方向から見た矢視図である。

[0273] 図３１～図３３を参照して、切削工具５０１は、図１に示す切削工具１０１と比較して、シャフト部１１の代わりに、シャフト部１１０を備えている。また、シャフト部１１０には拡径部が形成されていない。また、シャフト部１１０の周面には、図１に示す凹部１６の代わりに、凹部１６２が形成されている。凹部１６２近傍には歪センサ１４を取付可能なセンサ取付部２１が設けられている。

[0274] 図３２に示す例では、シャフト部１１０と刃取付部１２との境界を二点鎖線４１により示している。

[0275] 凹部１６２は、シャフト部１１０のセンサ取付部２１に歪センサ１４が取り付けられた状態において切削工具５０１による切削が行われた場合に、凹部１６２および凹部１６２周辺の少なくともいずれか一方において生じる歪

を歪センサ１４により検出可能に形成されている。

[0276] 図３１～図３３に示す例では、凹部１６２は、シャフト部１１０の周方向に沿って形成される。

[0277] 凹部１６２は、シャフト部１１０の周方向全体にわたり連続的に形成されている。図３３においては、凹部１６２を破線で示している。なお、凹部１６２は、シャフト部１１０の周方向に沿って断続的に形成されてもよい。すなわち、複数の凹部１６２が、互いに不連続の状態で形成されてもよい。

[0278] シャフト部１１０は、一定程度の剛性を有するものであれば、シャフト部１１０に拡径部が形成されていなくても、高い剛性を確保できることから、凹部１６２の形成による剛性低下の影響を小さくすることができる。これにより、歪センサ１４による歪の計測を可能にしながら、切削抵抗によるシャフト部１１０の変位を小さく抑えることができる。

[0279] 図３４～図３７は、それぞれ、本開示の第２の実施の形態に係る切削工具の構成の他の例を示す側面図である。

[0280] 図３１に示す例は、凹部１６２が転削工具の一種であるエンドミルに形成される構成であるが、これに限定されるものではない。たとえば、図３４を参照して、凹部１６２は、転削工具の一種であるドリル５０２におけるシャフト部の一例であるボディ部１２５に形成されてもよい。

[0281] 図３４に示す例では、シャフト部１１０、ボディ部１２５および刃取付部１２が、この順序で並んで一体に形成されている。ボディ部１２５と刃取付部１２との境界を二点鎖線４２により示している。

[0282] また、図３５および図３６を参照して、凹部１６２は、転削工具の一種であるフライスカッター５０３におけるシャフト部の一例であるボス部１２０に形成されてもよい。

[0283] 図３５および図３６に示す例では、ボス部１２０および刃取付部１２が一体に形成されている。図３６において、ボス部１２０と刃取付部１２との境界を二点鎖線４３により示している。

[0284] 図３５および図３６に示す例では、ボス部１２０における刃取付部１２と

は反対側の端部に、シャフト部１２１が連結されている。なお、シャフト部１２１は、ボス部１２０に連結されなくてもよい。

[0285] また、図３７を参照して、凹部１６２は、旋削工具の一種であるバイト５０４において、シャフト部１２２に形成されてもよい。

[0286] 図３７に示す例では、シャフト部１２２および刃取付部１２が一体に形成されている。シャフト部１２２と刃取付部１２との境界を二点鎖線４４により示している。

[0287] ［変形例１］

図３８は、本開示の第２の実施の形態に係る切削工具の変形例１を示す斜視図である。図３９は、本開示の第２の実施の形態に係る切削工具の変形例１を示す側面図である。

[0288] 図３８および図３９を参照して、変形例１に係る切削工具６０１は、図３２に示す凹部１６２の代わりに、複数の凹部１６３を含む。

[0289] 図３８および図３９に示す例では、凹部１６３は、円形状に開口する孔部である。凹部１６３は、シャフト部１２３の中心軸１７に向かって凹となるように形成されている。なお、凹部１６３は、円形状以外の形状に開口する孔部であってもよい。たとえば、凹部１６３は、四角形状に開口する孔部であってもよい。

[0290] 図３８および図３９に示す例では、複数の凹部１６３が、シャフト部１２３の周方向に沿って互いに間隔をあけて形成されている。具体的には、凹部１６３の数は、４つである。４つの凹部１６３のうち、２つの凹部１６３は、シャフト部１２３の中心軸１７を介して互いに反対の位置に設けられている。

[0291] また、他の２つの凹部１６３が、シャフト部１２３の中心軸１７を介して互いに反対の位置に設けられている。また、各凹部１６３は、シャフト部１２３の周方向に沿って等間隔で並ぶ位置に設けられている。なお、凹部１６３の数は、４つに限定されず、たとえば、２つ、３つ、または５つ以上であってもよい。

[0292] 図４０は、本開示の第２の実施の形態に係る切削工具の変形例１を示す図である。詳細には、図４０は、図３８におけるＡ方向から見た矢視図である。

[0293] 図４０を参照して、シャフト部１２３は、シャフト部１２３の中心軸１７を法線とする平面１８において、中心軸１７と平面１８との交点１９に対して点対称をなす位置に設けられた少なくとも１組の凹部１６３を有する。図４０に示す例では、シャフト部１２３は、２組の凹部１６３を有する。

[0294] また、シャフト部１２３を平面１８で切断したときの各凹部１６３の断面の大きさおよび形状は、同じになっている。また、シャフト部１２３を平面１８で切断したときの、平面１８上における凹部１６３の底面１９１の形状は、直線状となっている。

[0295] なお、シャフト部１２３が有する凹部１６３の対の数は、２組に限定されるものではなく、たとえば、１組または３組以上であってもよい。

[0296] その他の構成は、上述した切削工具５０１と同様であるため、ここでは詳細な説明を繰り返さない。

[0297] このように、シャフト部１１０に形成された凹部１６２が、凹部１６２および凹部１６２周辺の少なくともいずれか一方において生じる歪を歪センサ１４により検出可能に形成されている構成により、たとえばシャフト部１１０全体の剛性が一定程度確保されている場合にシャフト部１１０の剛性を局所的に低下させることができる。これにより、切削時において生じる歪が局所的に増大する。

[0298] したがって、本開示の第２の実施の形態に係る切削工具では、剛性が局所的に低下した箇所に歪センサ１４を取り付けることにより、切削工具５０１の剛性を確保しながら、切削によって生じる切削工具５０１の歪を精度よく計測することができる。

[0299] 次に、本開示の他の実施の形態について図面を用いて説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰り返さない。

[0300] ＜第３の実施の形態＞

本開示の第３の実施の形態は、第１の実施の形態に係る切削工具１０１と比べて、切削工具に拡径部が設けられておらず、拡径部の代わりに拡径モジュールを備える切削工具ユニットに関する。以下で説明する内容以外は第１の実施の形態に係る切削工具１０１と同様である。

[0301] 図４１は、本開示の第３の実施の形態に係る切削工具ユニットの構成を示す斜視図である。

[0302] 図４１を参照して、切削工具ユニット７０１は、切削工具８０１と、拡径モジュール１５０とを備える。

[0303] 切削工具８０１は、シャフト部であるシャフト部１１３と、シャフト部１１３の端部に設けられる刃取付部１２または刃部を含む。

[0304] シャフト部１１３は、図１に示す拡径部１５を含まない。また、シャフト部１１３には、図３１に示す凹部１６２が形成されていない。

[0305] 拡径モジュール１５０は、シャフト部１１３に取付可能に構成されている。すなわち、切削工具ユニット７０１は、図１に示す切削工具１０１と比較して、拡径部１５の代わりに、拡径モジュール１５０を備える。

[0306] 具体的には、拡径モジュール１５０は、本体１５１と、図示しない連結機構と、歪センサ１４とを含む。

[0307] 本体１５１は、円筒状に形成されている。また、本体１５１は、シャフト部１１３が挿通可能な円筒形状を有し、内周面がシャフト部１１３の周面を覆うようにシャフト部１１３に取付可能である。また、本体１５１の周面には、凹部１６０が形成されている。

[0308] 凹部１６０は、たとえば、図１に示す凹部１６と同じ形状および寸法を有する。

[0309] 図４２は、本開示の第３の実施の形態に係る切削工具ユニットの構成を示す図である。詳細には、図４２は、拡径モジュールを取り外した状態の切削工具、および拡径モジュールを、図４１におけるＡ方向から見た矢視図である。

[0310] 図４２を参照して、本体１５１は、周方向において複数の部分に分割可能

に構成されている。図４２に示す例では、本体１５１は、２つの部分、すなわちＡ方向から見て略半円状をなす２つの弧状部１５１ａ，１５１ｂに分割可能に構成されている。

[0311] 弧状部１５１ａおよび弧状部１５１ｂは、図示しない連結機構により互いに連結される。具体的には、たとえば、弧状部１５１ａおよび弧状部１５１ｂは、ボルトおよびナットにより連結される。弧状部１５１ａおよび弧状部１５１ｂは、互いに連結された状態においてシャフト部１１３の周面に密着して固定されるような寸法を有する。

[0312] 歪センサ１４は、本体１５１に対して、図１に示す歪センサ１４と同様の位置に取り付けられる。

[0313] 切削工具ユニット７０１は、上述の連結機構による連結および連結解除を行うことにより、拡径モジュール１５０をシャフト部１１３に着脱することができる。拡径モジュール１５０をシャフト部１１３に取り付けた後、切削工具ユニット７０１を、図１に示す切削工具１０１と同様の方法により使用することができる。

[0314] なお、切削工具８０１は、エンドミル以外の他の種類の切削工具であってもよい。たとえば、切削工具８０１は、転削工具の一種であるドリルであってもよい。また、切削工具８０１は、旋削工具の一種であるバイトであってもよい。

[0315] このように、シャフト部１１３の周面に取付可能である筒状の本体１５１を備え、本体１５１に凹部１６０が形成される構成により、拡径モジュール１５０の剛性が局所的に低下する。このため、拡径モジュール１５０をシャフト部１１３に取り付けた状態で切削を行うことにより、切削時に拡径モジュール１５０において生じる歪が局所的に増大する。

[0316] また、シャフト部１１３の周面に取付可能である筒状の本体１５１を含み、本体１５１に凹部１６０が形成された拡径モジュール１５０を備える構成により、拡径モジュール１５０の剛性が局所的に低下する。このため、拡径モジュール１５０をシャフト部１１３に取り付けた状態で切削を行うことに

より、切削時に拡径モジュール１５０において生じる歪が局所的に増大する。

[0317] したがって、本開示の第３の実施の形態に係る切削工具ユニットでは、剛性が局所的に低下した箇所に歪センサ１４を取り付けることにより、切削に必要な剛性を確保しながら、切削によって生じる歪、たとえば切削抵抗によって生じる歪を精度よく計測することができる。

[0318] その他の構成は、上述した切削工具１０１と同様であるため、ここでは詳細な説明を繰り返さない。

[0319] なお、切削工具ユニット７０１は、図４１に示す構成に加えて、さらに、図１３に示すような電池２２、無線通信装置２３、およびハウジング２４を備えた構成であってもよい。ハウジング２４は、たとえば、ねじ等の固定部材により拡径モジュール１５０に固定される。

[0320] また、切削工具ユニット７０１を備えた切削システムを構築してもよい。具体的には、たとえば、本開示の第３の実施の形態に係る切削システムは、図１４に示す切削システム２１０と比べて、図４に示す切削工具１０１の代わりに、図４１に示す切削工具ユニット７０１を備える。

[0321] 次に、本開示の他の実施の形態について図面を用いて説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰り返さない。

[0322] ＜第４の実施の形態＞

本開示の第４の実施の形態は、第２の実施の形態の他の例に係る切削工具であるフライスカッター５０３と比べて、フライスカッターに凹部が形成されておらず、さらに取付モジュールを備える切削工具ユニットに関する。以下で説明する内容以外は第２の実施の形態の他の例に係るフライスカッター５０３と同様である。

[0323] 図４３は、本開示の第４の実施の形態に係る切削工具ユニットの構成を示す斜視図である。図４４は、本開示の第４の実施の形態に係る切削工具ユニットを分割した状態で示す側面図である。図４５は、本開示の第４の実施の形態に係る切削工具を示す斜視図である。

[0324] 図４３～図４５を参照して、切削工具ユニット９０２は、切削工具９０１と、取付モジュール１１２３とを備える。

[0325] 切削工具９０１は、シャフト部１１２と、シャフト部１１２の端部に設けられる刃取付部１２または図示しない刃部とを含む。切削工具９０１は、図４５に示す例では、フライスカッターである。

[0326] シャフト部１１２は、シャフト部１１２の軸方向、具体的には回転軸方向Ｘ１に分割可能に構成されている。具体的には、シャフト部１１２は、刃取付部１２側の部分である刃側部分１１２１と、刃取付部１２とは反対側の部分である反刃側部分１１２２とに分割可能に構成されている。図４３～図４５に示す例では、刃側部分１１２１はボス部であり、反刃側部分１１２２はシャフト部である。

[0327] 詳細には、刃側部分１１２１における、刃取付部１２とは反対側の端部には、刃取付部１２側に凹む凹部１１２１Ｂが形成されている。また、反刃側部分１１２２における、刃取付部１２側の端部には、刃取付部１２側へ突出する凸部１１２２Ｂが形成されている。

[0328] 矢印Ｂ１で示すように、凹部１１２１Ｂと凸部１１２２Ｂとが係合することにより、刃側部分１１２１と反刃側部分１１２２とが連結される。つまり、切削工具９０１が構成される。一方、凹部１１２１Ｂと凸部１１２２Ｂとの螺合を解除することにより、シャフト部１１２は、刃側部分１１２１と反刃側部分１１２２とに分割される。

[0329] 取付モジュール１１２３は、シャフト部１１２に取付可能な部材である。具体的には、取付モジュール１１２３は、本体１１２３Ｃと、本体１１２３Ｃをシャフト部１１２に取り付ける取付部である凸部１１２３Ａおよび凹部１１２３Ｂとを含む。

[0330] 本体１１２３Ｃは、刃側部分１１２１の軸方向に沿って、具体的には回転軸１７０に沿って刃側部分１１２１に取付可能な柱状の部材である。

[0331] 具体的には、取付モジュール１１２３における、刃取付部１２側の端部には、刃取付部１２側へ突出する凸部１１２３Ａが形成されている。また、取

付モジュール１１２３における、刃取付部１２とは反対側の端部には、刃取付部１２側へ凹む凹部１１２３Ｂが形成されている。

[0332]　矢印Ｂ２で示すように、凹部１１２１Ｂと凸部１１２３Ａとが係合することにより、刃側部分１１２１と取付モジュール１１２３とが連結される。また、矢印Ｂ３で示すように、凹部１１２３Ｂと凸部１１２２Ｂとが係合することにより、取付モジュール１１２３と反刃側部分１１２２とが連結される。つまり、切削工具ユニット９０２が構成される。

[0333]　一方、凹部１１２１Ｂと凸部１１２３Ａとの係合を解除し、凹部１１２３Ｂと凸部１１２２Ｂとの係合を解除することにより、切削工具ユニット９０２は、刃側部分１１２１、取付モジュール１１２３および反刃側部分１１２２に分割される。

[0334]　取付モジュール１１２３の周面には、凹部１６２０が形成されている。凹部１６２０は、取付モジュール１１２３がシャフト部１１２に取り付けられ、かつ取付モジュール１１２３に歪センサ１４が取り付けられた状態において切削工具ユニット９０２による切削が行われた場合に、凹部１６２０または凹部１６２０周辺において生じる歪を歪センサ１４により検出可能に形成されている。

[0335]　図４３および図４４に示す例では、凹部１６２０は、取付モジュール１１２３の周方向に沿って形成される。

[0336]　凹部１６２０は、取付モジュール１１２３の周方向全体にわたり連続的に形成されている。なお、凹部１６２０は、取付モジュール１１２３の周方向に沿って断続的に形成されてもよい。すなわち、複数の凹部１６２０が、互いに不連続の状態で形成されてもよい。

[0337]　なお、刃側部分１１２１における、刃取付部１２とは反対側の端部に凸部が形成されるとともに、取付モジュール１１２３における、刃取付部１２側の端部に凹部が形成されてもよい。また、取付モジュール１１２３における、刃取付部１２とは反対側の端部に凸部が形成されるとともに、反刃側部分１１２２における、刃取付部１２側の端部に凹部が形成されてもよい。

[0338] その他の構成は、上述したフライスカッター５０３と同様であるため、ここでは詳細な説明を繰り返さない。

[0339] なお、切削工具９０１は、フライスカッター以外の他の種類の切削工具であってもよい。たとえば、切削工具９０１は、転削工具の一種であるドリルであってもよい。また、切削工具９０１は、旋削工具の一種であるバイトであってもよい。

[0340] このように、取付モジュール１１２３が、シャフト部１１２に取付可能な柱状の本体１１２３Ｃを備え、本体１１２３Ｃの周面に凹部１６２０が形成される構成により、取付モジュール１１２３の剛性が局所的に低下する。このため、取付モジュール１１２３をシャフト部１１２に取り付けた状態で切削を行うことにより、切削時に取付モジュール１１２３において生じる歪が局所的に増大する。

[0341] また、シャフト部１１２に取付可能な柱状の本体１１２３Ｃを含み、本体１１２３Ｃの周面に凹部１６２０が形成された取付モジュール１１２３を備える構成により、取付モジュール１１２３の剛性が局所的に低下する。このため、取付モジュール１１２３をシャフト部１１２に取り付けた状態で切削を行うことにより、切削時に取付モジュール１１２３において生じる歪が局所的に増大する。

[0342] したがって、本開示の第４の実施の形態に係る切削工具ユニットでは、取付モジュール１１２３において剛性が局所的に低下した箇所に歪センサ１４を取り付けることにより、切削に必要な剛性を確保しながら、切削によって生じる歪、たとえば切削抵抗によって生じる歪を精度よく計測することができる。

[0343] なお、切削工具ユニット９０２は、図４３に示す構成に加えて、さらに、図１３に示すような電池２２、無線通信装置２３、およびハウジング２４を備えた構成であってもよい。ハウジング２４は、たとえば、ねじまたはボルト等の固定部材により取付モジュール１１２３に固定される。

[0344] また、切削工具ユニット９０２を備えた切削システムを構築してもよい。

具体的には、たとえば、本開示の第４の実施の形態に係る切削システムは、図１４に示す切削システム２１０と比べて、図４に示す切削工具１０１の代わりに、図４３に示す切削工具ユニット９０２を備える。

[0345] 次に、本開示の他の実施の形態について図面を用いて説明する。なお、図中同一または相当部分には同一符号を付してその説明は繰り返さない。

[0346] ＜第５の実施の形態＞

本開示の第５の実施の形態は、第１の実施の形態に係る切削工具１０１における凹部に代えて空洞部が形成される切削工具に関する。以下で説明する内容以外は第１の実施の形態に係る切削工具１０１と同様である。

[0347] 図４６は、本開示の第５の実施の形態に係る切削工具の構成を示す斜視図である。

[0348] 図４６を参照して、切削工具１００１は、シャフト部１３０と、刃取付部１２と、図示しない刃部と、歪センサ１４とを備える。

[0349] シャフト部１３０は、シャフト部１３０のうちの他の部分よりも径が太い拡径部１５２を含む。拡径部１５２は、たとえば八角柱形状である。拡径部１５２の周面には、凹部は形成されておらず、周面を構成する８つの面は概ね平坦である。

[0350] 拡径部１５２の周面には、歪センサ１４を取り付ける位置を示す目印（センサ取付部）２１が設けられる。より詳細には、拡径部１５２の周面を構成する８つの面の各々には、センサ取付部２１が設けられる。センサ取付部２１は、たとえば、歪センサ１４が取り付けられる領域を示す輪郭線である。各歪センサ１４は、中心軸１７に対して点対称に配置される。

[0351] 図４７は、図４６の切削工具をシャフト部の中心軸を含む面で切断した断面図である。

[0352] 図４７を参照して、拡径部１５２は、拡径部１５２の内部に形成された空洞部２８を含む。空洞部２８は、拡径部１５２の内部に形成された概略円柱形状の密閉空間である。ただし、空洞部２８は、拡径部１５２の内部に形成された概略多角柱形状の密閉空間であってもよく、その形状は特に限定され

ない。

[0353] 空洞部２８の中心軸は、シャフト部１３０の中心軸１７と一致する。中心軸１７方向において、空洞部２８の長さは、拡径部１５２の長さよりも短い。空洞部２８は、中心軸１７方向において、拡径部１５２の中央部分に形成される。拡径部１５２の中央部分は、第１区間に相当する。すなわち、拡径部１５２における第１区間は、第１区間の内部に形成された空洞部２８を含む。第１区間は、拡径部１５２において、径方向の内側に空洞部２８が形成される部分であり、拡径部１５２のうち、空洞部２８の一方の端面から他方の端面までの部分である。

[0354] 拡径部１５２において、第１区間に隣接する部分のうち、シャンク１１０３側の部分は第２区間であり、刃取付部１２側の部分は第３区間である。

[0355] 歪センサ１４は、拡径部１５２の周面において、第１区間を跨ぐように取り付けられる。歪センサ１４は、空洞部２８を中心軸１７に垂直な方向、すなわち拡径部１５２の径方向に沿って拡径部１５２の周面に投影した場合、投影された空洞部２８と重複する。歪センサ１４および空洞部２８は、第１区間において、中心軸１７を法線とする平面と交差する。

[0356] 歪センサ１４は、中心軸１７に対して傾斜する方向に第１区間を跨いでもよいし、第１区間を跨がないように拡径部１５２に取り付けられてもよい。ただし、歪センサ１４は、拡径部１５２の周面において、第１区間の近傍に設けられる。より詳細には、歪センサ１４は、空洞部２８を拡径部１５２の径方向に沿って拡径部１５２の周面に投影した場合、投影された空洞部２８から中心軸１７方向に５ｍｍ以内の位置に取り付けられる。

[0357] 空洞部２８は、拡径部１５２の第１区間の断面二次モーメントを低減し、第１区間の剛性を第２区間および第３区間の剛性よりも低下させる。拡径部１５２の断面二次モーメントを局所的に低減することで、拡径部１５２において発生する歪を局所的に大きくすることができる。したがって、歪センサ１４は、シャフト部１３０における拡径部１５２の第１区間以外の位置に取り付けられる場合と比べて、より大きな値の歪を計測することができる。

[0358] また、空洞部２８は、拡径部の剛性を局所的に低下させつつ、シャフト部１３０の中心軸１７から歪センサ１４が取り付けられる位置までの距離を長くする。中心軸１７から遠い位置の歪は、中心軸１７から近い位置の歪より大きいため、歪センサ１４は、より大きな値の歪を計測することができる。

[0359] さらに、切削加工により生じた熱は、刃部からシャフト部１３０へ伝達される。この加工熱は、シャフト部が中実の場合、シャフト部の中心軸近傍部分を主として伝わるため、シャフト部の中心軸近傍部分と、歪センサが取り付けられるシャフト部の周面とでは温度が異なる。そのため、歪センサが取り付けられるシャフト部の周面において、シャフト部の周面の温度を測定しても、シャフト部に生じる熱歪を正確に把握することは難しい。

[0360] これに対し、第５の実施の形態に係る切削工具１００１では、拡径部１５２の内部に空洞部２８が形成されるため、加工熱は、図４７中に矢印で示すように空洞部２８を避けるように伝わり、拡径部１５２の周面近傍を通る。したがって、シャフト部１３０の周面の温度を測定すれば、シャフト部１３０に生じる熱歪を把握することができ、より正確に歪を測定することができる。なお、切削工具１００１は、たとえば金属三次元プリンタによって製造することができる。

[0361] 図４８は、本開示の第５の実施の形態に係る切削工具についてシミュレーションを行った結果を示すグラフである。詳細には、図４８は、第５の実施の形態に係る切削工具１００１である実施例１４、第１の実施の形態に係る切削工具１０１である実施例１、および３つの比較例１～３を片持ち梁であるとみなして、それぞれ、先端部に同一の荷重を加えた場合における片持ち梁全体の変位を示している。なお、実施例１，１４および比較例１～３のいずれにおいても、計算の簡素化のため、切削工具は、拡径部も含めて四角柱形状のシャフト部を有するものとした。図４８において、実施例１，１４および比較例１～３は、それぞれ、グラフＧ５１～Ｇ５５に対応している。なお、実施例１の変位および比較例３の変位は僅かな差であるため、グラフＧ５１およびＧ５５は図面上重なっている。

[0362] 実施例１および比較例１，２の条件は、第１の実施の形態における条件と同じである。実施例１４および比較例３の条件は以下の通りである。比較例３は、歪センサ１４を取り付けるための領域の長さとして、比較例１と比べて長さが４０ｍｍ延長されるとともに、延長された部分が四角柱状に拡径された拡径部となっている。拡径部は、１辺が５５ｍｍの正方形状の断面を有している。ただし、拡径部には、凹部および空洞部は形成されていない。

[0363] 実施例１４では、歪センサ１４を取り付けるための領域の長さとして、比較例１と比べて長さが１５ｍｍ延長されるとともに、延長された部分が四角柱状に拡径された拡径部１５２となっている。拡径部１５２は、１辺が３０ｍｍの正方形状の断面を有している。また、実施例１４は、凹部に代えて拡径部１５２の内部に円柱形状の空洞部２８が形成されている。空洞部２８の中心軸１７方向の長さは３ｍｍであり、直径は２５ｍｍである。

[0364] 図４８を参照して、実施例１４では、拡径部１５２に空洞部２８を形成しても、実施例１とほぼ同等に、刃先の変位がおよそ－０．０４ｍｍと小さく抑えられていることが分かる。

[0365] 図４９は、本開示の第５の実施の形態に係る切削工具についてシミュレーションを行った結果を示すグラフである。詳細には、図４９は、上記実施例１，１４および比較例１～３について、それぞれ、先端部に同一の荷重を加えた場合にシャフト部において生じる歪を示している。図４９において、実施例１，１４および比較例１～３は、それぞれ、グラフＧ６１～Ｇ６５に対応している。

[0366] 図４９を参照して、実施例１４のように空洞部２８を形成すると、実施例１よりも歪の数値変動が大きい。歪の増幅効果は、歪の絶対値ではなく、歪の変化の比率に依存するため、実施例１４の方が実施例１よりも歪の増幅効果は大きいことが分かる。また、実施例１４の歪は、実施例１の歪よりも大きいことが分かる。

[0367] 図５０は、本開示の第５の実施の形態に係る切削工具の空洞部の形状についてシミュレーションを行った結果を示すグラフである。詳細には、図５０

は、第５の実施の形態に係る切削工具である実施例１５～２０を片持ち梁であるとみなして、それぞれ、先端部に同一の荷重を加えた場合に、空洞部２８の中心軸１７方向の長さが歪センサ１４の応力分布に及ぼす影響の度合いを示している。ここで、歪センサ１４は、内部に空洞部２８が形成されている第１区間を跨ぐように拡径部１５２に取り付けられるものとする。

[0368]　図５０における横軸および縦軸は、それぞれ、歪センサ１４において第１区間を跨いでいる部分、すなわち第１区間上の部分における片持ち梁の先端部側の端部から根本側への複数のサンプリング位置までの距離、ならびに当該複数のサンプリング位置において発生する応力を示している。図５０において、実施例１５～２０は、それぞれ、グラフＧ７１～Ｇ７６に対応している。実施例１５～２０の条件は以下の通りである。

[0369]　実施例１５では、歪センサ１４を取り付けるための領域の長さとして、上述の比較例１と比べて長さが４０ｍｍ延長されるとともに、延長された部分が四角柱状に拡径された拡径部１５２となっている。拡径部１５２は、１辺が５５ｍｍの正方形状の断面を有している。また、実施例１５は、凹部に代えて拡径部１５２の内部に円柱形状の空洞部２８が形成されている。空洞部２８の中心軸１７方向の長さは３ｍｍであり、直径は４５ｍｍである。

[0370]　実施例１６～２０では、拡径部１５２は、正四角柱形状である。拡径部１５２の周面における互いに対向する面同士の距離は、５５ｍｍである。実施例１６～２０は、拡径部１５２の内部に円柱形状の空洞部２８が形成されたものである。実施例１６～２０における空洞部２８の直径は、実施例１４と同じく、４５ｍｍである。

[0371]　実施例１６は空洞部２８の中心軸１７方向の長さが０．５ｍｍ、実施例１７は空洞部２８の中心軸１７方向の長さが１．０ｍｍ、実施例１８は空洞部２８の中心軸１７方向の長さが２．０ｍｍ、実施例１９は空洞部２８の中心軸１７方向の長さが６．０ｍｍ、実施例２０は空洞部２８の中心軸１７方向の長さが１０．０ｍｍである。実施例１５～２０において、その他の条件は同じである。

[0372] 図５０を参照して、実施例１５を基準に、たとえば距離０ｍｍにおける実施例１６～２０の歪の大きさを見ると、実施例１６～２０における歪の大きさはそれぞれ、実施例１５に対して約５％以内となっている。すなわち、実施例１６～２０における歪の増幅度合いは、実施例１５と概ね同程度であることが分かる。

[0373] 図５１は、本開示の第５の実施の形態に係る切削工具の空洞部の形状についてシミュレーションを行った結果を示すグラフである。詳細には、図５１は、第５の実施の形態に係る切削工具１００１である６つの実施例１５～２０を片持ち梁であるとみなして、それぞれの先端部に同一の荷重を加えたときの当該先端部における剛性を比較した場合に、空洞部２８の中心軸１７方向の長さが当該先端部の剛性比に及ぼす影響の度合いを示している。図５１は、横軸および縦軸は、それぞれ、空洞部２８の中心軸１７方向の長さおよび実施例１５を基準とした剛性比を示している。

[0374] 図５１を参照して、実施例１６～２０における切削工具の剛性は、実施例１５における切削工具の剛性とほとんど同じであった。

[0375] 図５２は、本開示の第５の実施の形態に係る切削工具の空洞部の形状についてシミュレーションを行った結果を示すグラフである。詳細には、図５２は、第５の実施の形態に係る切削工具１００１である４つの実施例１５，２１～２３を片持ち梁であるとみなして、それぞれの先端部に同一の荷重を加えた場合に、円柱形状の空洞部２８の直径が歪センサ１４の応力分布に及ぼす影響の度合いを示している。ここで、歪センサ１４は、内部に空洞部２８が形成されている第１区間を跨ぐように拡径部１５２に取り付けられるものとする。

[0376] 図５２における横軸および縦軸は、それぞれ、歪センサ１４において第１区間を跨いでいる部分、すなわち拡径部１５２の第１区間上の部分における片持ち梁の先端部側の端部から根本側への複数のサンプリング位置までの距離、ならびに当該複数のサンプリング位置において発生する応力を示している。図５２において、実施例１５，２１～２３は、それぞれ、グラフＧ８１

～Ｇ８４に対応している。

[0377] 実施例１５の条件は、上述の通りである。実施例２１～２３の条件は以下の通りである。実施例２１～２３の空洞部２８の直径は、それぞれ、３５ｍｍ，４０ｍｍ，５０ｍｍである。また、実施例１５，２１～２３の空洞部２８の中心軸１７方向の長さは３ｍｍである。実施例１５，２１～２３において、その他の条件は同じである。

[0378] 図５２を参照して、空洞部２８の直径が３５ｍｍである場合、応力は約３．２ＭＰａであり、歪センサ１４の一端部から他端部まで概ね一定であった。空洞部２８の直径が４０ｍｍである場合、応力は約３．１ＭＰａ～３．５ＭＰａであり、歪センサ１４の一端部から他端部まで大きな変化はなかった。空洞部２８の直径が４０ｍｍである場合、応力は約３．８ＭＰａ～４．０ＭＰａであり、歪センサ１４の一端部から他端部まで大きな変化はなかった。空洞部２８の直径が５０ｍｍである場合、応力は約４．７ＭＰａ～４．９ＭＰａであり、歪センサ１４の一端部から他端部まで大きな変化はなかった。また、空洞部２８の直径を３５ｍｍから５０ｍｍへ変更すると、応力が約１．５倍に増幅される。

[0379] 図５３は、本開示の第５の実施の形態に係る切削工具の空洞部の形状についてシミュレーションを行った結果を示すグラフである。詳細には、図５３は、第５の実施の形態に係る切削工具１００１である４つの実施例１５，２１～２３を片持ち梁であるとみなして、それぞれの先端部に同一の荷重を加えたときの当該先端部における剛性を比較した場合に、空洞部２８の直径が当該先端部の剛性比に及ぼす影響の度合いを示している。図５３では、縦軸は実施例１５を基準とする剛性比を示している。また、横軸は、空洞部２８の直径を示している。

[0380] 図５３を参照して、実施例２１～２３における切削工具の剛性は、実施例１５における切削工具の剛性とほとんど同じであった。

[0381] 以上の結果から、拡径部１５３の内部に空洞部２８が形成された切削工具１００１は、拡径部１５２の周面に凹部が形成された切削工具と同等の剛性

を有することが分かる。ただし、実施例１５の歪の大きさの変動は、実施例１の歪の大きさの変動よりも大きい。そのため、空洞部２８が形成された切削工具の方が、凹部が形成された切削工具よりもひずみの絶対値が大きく、歪増幅効果が大きいことが分かる。

[0382] ［変形例１］

図５４は、本開示の第５の実施の形態の変形例１に係る切削工具の構成を示す斜視図である。

[0383] 図５４を参照して、切削工具１００２は、図４６に示す切削工具１００１と比較して、シャフト部１３０の代わりに、シャフト部１３１を備えている。また、シャフト部１３１には拡径部が形成されていない。

[0384] 図５５は、本開示の第５の実施の形態の変形例１に係る切削工具をシャフト部の中心軸を含む面で切断した断面図である。

[0385] 図５５を参照して、シャフト部１３１は、シャフト部１３１の内部に形成された空洞部２８と、シャフト部１３１の周面において、歪センサ１４を取付可能なセンサ取付部２１とを含む。

[0386] センサ取付部２１は、シャフト部１３１の中心軸１７方向に垂直な方向において空洞部２８をシャフト部１３１の周面に投影した場合に、空洞部２８と重なる。空洞部２８の詳細は、上述と同様であるので、ここでは詳細な説明は行わない。要するに、第５の実施の形態の変形例１に係る切削工具１００２は、第２の実施の形態に係る切削工具における凹部を空洞部２８に置き換えたものである。

[0387] このような構成であっても、上述と同様に、シャフト部１３１の断面二次モーメントを局所的に低減することで、シャフト部１３１において発生する歪を局所的に大きくすることができる。また、加工熱がシャフト部１３１の周面近傍を通るため、シャフト部１３１の周面の温度を測定すれば、シャフト部１３１に生じる熱歪を把握することができ、より正確に歪を測定することができる。

[0388] 上記実施の形態は、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。本発明の範囲は、上記説明ではなく請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

[0389] たとえば、第２の実施の形態に係る切削工具において、シャフト部は、ホルダと一体となっていてもよい。

[0390] 図５６は、本開示の第２の実施の形態に係る切削工具の別例を示す側面図である。図５６を参照して、切削工具５０５は、ホルダ部１１５と、シャフト部１１６と、刃取付部１２とを備える。

[0391] ホルダ部１１５は、切削装置の主軸２９に取り付けられる。ホルダ部１１５の上部は円錐台形状を有し、ホルダ部１１５の下部は中央がくびれた円筒形状を有する。

[0392] シャフト部１１６は、八角柱形状を有し、中心軸方向における中央にシャフト部１１６の周方向に沿って形成された凹部１６４を含む。シャフト部１１６の一端側は、ホルダ部１１５に接続される。シャフト部１１６は、ホルダ部１１５にねじ等によって固定され、ホルダ部１１５と一体となっている。シャフト部１１６の径、すなわち八角柱の端面における対角線は、ホルダ部１１５の直径と同じかまたは小さい。なお、図５６では、シャフト部１１６とホルダ部１１５との境界を二点鎖線４６により示している。

[0393] 刃取付部１２は、シャフト部１１６の他端側にねじ等によって固定される。刃取付部１２におけるシャフト部１１６との接続部分は、円柱形状を有する。刃取付部１２の接続部分の直径は、シャフト部１１６の径と同じかまたは大きい。

[0394] 以上の説明は、以下に付記する特徴を含む。

［付記１］

切削工具であって、

シャフト部を備え、

前記シャフト部は、前記シャフト部のうちの他の部分よりも径が太い拡径部を含み、

前記拡径部は、前記拡径部の周面に形成された凹部を有し、

前記凹部は、前記拡径部の周方向に沿って形成され、

前記切削工具は、さらに、

前記シャフト部に取り付けられる歪センサを備え、

前記歪センサは、前記凹部を跨ぐように取り付けられる、切削工具。

[0395] ［付記２］

切削工具であって、

シャフト部を備え、

前記シャフト部は、

前記シャフト部の周面に形成された凹部と、

前記凹部近傍に設けられ、歪センサを取付可能なセンサ取付部とを含み、

前記凹部は、前記拡径部の周方向に沿って形成され、

前記切削工具は、さらに、

前記センサ取付部に取り付けられる歪センサを備え、

前記歪センサは、前記凹部を跨ぐように取り付けられる、切削工具。

[0396] ［付記３］

シャフト部を備える切削工具の前記シャフト部に取付可能なモジュールであって、

前記シャフト部が挿通可能な円筒形状を有し、内周面が前記シャフト部の周面を覆うように前記シャフト部に取付可能な本体を備え、

前記本体は、前記本体の外周面に形成された凹部を有し、

前記モジュールは、さらに、

前記モジュールに取り付けられる歪センサを備え、

前記歪センサは、前記凹部を跨ぐように取り付けられる、モジュール。

[0397] ［付記４］

シャフト部を備える切削工具の前記シャフト部に取付可能なモジュールであって、

前記シャフト部の軸方向に沿って前記シャフト部に取付可能な柱状の本体

を備え、

前記本体は、

前記本体の周面に形成された凹部と、

前記凹部近傍に設けられ、歪センサを取付可能なセンサ取付部とを含み、

前記モジュールは、さらに、

前記モジュールに取り付けられる歪センサを備え、

前記歪センサは、前記凹部を跨ぐように取り付けられる、モジュール。

[0398] ［付記５］

シャフト部を含む切削工具と、

付記３または付記４に記載のモジュールとを備え、

前記歪センサは、前記凹部を跨ぐように取り付けられる、切削工具ユニット。

[0399] ［付記６］

付記１または付記２に記載の切削工具と、

管理装置とを備え、

前記切削工具は、前記歪センサの計測結果を示すセンサ情報を送信し、

前記管理装置は、前記切削工具から前記センサ情報を受信し、前記センサ情報が示す計測結果を解析し、

前記歪センサは、前記凹部を跨ぐように取り付けられる、切削システム。

[0400] ［付記７］

付記５または付記６に記載の切削工具ユニットと、

解析装置とを備え、

前記切削工具は、前記歪センサの計測結果を示すセンサ情報を送信し、

前記解析装置は、前記切削工具から前記センサ情報を受信し、受信した前記センサ情報が示す計測結果を解析し、

前記歪センサは、前記凹部を跨ぐように取り付けられる、切削システム。

[0401] ［付記８］

シャフト部を備え、

前記シャフト部は、軸方向に沿った一部の領域に、前記シャフト部の径を前記軸方向と直交する方向に拡大する拡径部を含み、

前記拡径部は、前記拡径部の周面に形成された凹部を有する、切削工具。

符号の説明

[0402] １１，１１０～１１３，１２１～１２３，１３０　シャフト部

１１０１　切削側区間

１１０２　把持側区間

１１０３　シャンク

１２　刃取付部

１４　歪センサ

１５，１５２　拡径部

１６，１６１，１６２，１６２０　凹部

１７　中心軸

１８，２０　平面

１９　交点

２１　目印（センサ取付部）

２２　電池

２３　無線通信装置

２４　ハウジング

２５　底板部

２６　側壁部

２７　凹部

２８　空洞部

１０１，２０１，３０１，４０１，５０１～５０４，６０１，９０１，１００１，１００２　切削工具

１１２　シャフト部

１２０　ボス部

１２５　ボディ部

１４１　　歪センサにおける凹部上の部分における片持ち梁の先端部側の端部

１５０　　拡径モジュール

１５１，１１２３Ｃ　　本体

２１０　　切削システム

２１１　　切削装置

２１３　　管理装置

２１４　　無線通信部

２１５　　制御部

２１６　　記憶部

２１７　　操作入力部

２１８　　表示部

１１２１　　刃側部分

１１２１Ｂ，１１２３Ｂ　　凹部

１１２２　　反刃側部分

１１２２Ｂ，１１２３Ａ　　凸部

１１２３　　取付モジュール

７０１，８０１　　切削工具ユニット

Ｐ　　サンプリング位置

請求の範囲

[請求項1] シャフト部を備え、

前記シャフト部は、前記シャフト部のうちの他の部分よりも径が太い拡径部を含み、

前記拡径部は、前記拡径部の周面に形成された凹部を有する、切削工具。

[請求項2] シャフト部を備え、

前記シャフト部は、

前記シャフト部の周面に形成された凹部と、

前記凹部近傍に設けられ、歪センサを取付可能なセンサ取付部とを含む、切削工具。

[請求項3] 前記凹部は、前記シャフト部の周方向に沿って形成され、前記シャフト部の中心軸を含む断面視で矩形である、請求項１または請求項２に記載の切削工具。

[請求項4] 前記凹部は、前記シャフト部の中心軸を法線とする平面において、前記中心軸と前記平面との交点に対して点対称をなす形状を有する、請求項１から請求項３のいずれか１項に記載の切削工具。

[請求項5] 前記シャフト部は、前記シャフト部の中心軸を法線とする平面において、前記中心軸と前記平面との交点に対して点対称をなす位置に設けられた少なくとも１組の前記凹部を有する、請求項１から請求項４のいずれか１項に記載の切削工具。

[請求項6] 前記１組の前記凹部は、互いに、幅が同じであり、かつ深さが同じである、請求項５に記載の切削工具。

[請求項7] 前記シャフト部の中心軸を含む断面における前記凹部の底面の形状が丸みを帯びている、請求項１から請求項６のいずれか１項に記載の切削工具。

[請求項8] 前記シャフト部に、歪センサを取り付ける位置を示す目印が設けられる、請求項１から請求項７のいずれか１項に記載の切削工具。

[請求項9] 前記凹部の底面から前記シャフト部の中心軸までの距離は、前記シャフト部における前記拡径部以外の部分の半径以上である、請求項１に記載の切削工具。

[請求項10] 前記凹部の底面から前記シャフト部の中心軸までの距離は、前記シャフト部における前記拡径部以外の部分の半径より小さい、請求項１に記載の切削工具。

[請求項11] 前記切削工具は、さらに、

前記シャフト部に取り付けられた歪センサを備える、請求項１から請求項１０のいずれか１項に記載の切削工具。

[請求項12] 前記歪センサは、前記凹部を跨ぐように前記シャフト部に取り付けられる、請求項１１に記載の切削工具。

[請求項13] 前記凹部の幅は、０．１ｍｍ以上かつ１０ｍｍ以下である、請求項３に記載の切削工具。

[請求項14] 前記凹部の深さは、２ｍｍ以上かつ４０ｍｍ以下である、請求項３または請求項１３に記載の切削工具。

[請求項15] シャフト部を備える切削工具の前記シャフト部に取付可能なモジュールであって、

前記シャフト部が挿通可能な円筒形状を有し、内周面が前記シャフト部の周面を覆うように前記シャフト部に取付可能な本体を備え、

前記本体は、前記本体の外周面に形成された凹部を有する、モジュール。

[請求項16] シャフト部を備える切削工具の前記シャフト部に取付可能なモジュールであって、

前記シャフト部の軸方向に沿って前記シャフト部に取付可能な柱状の本体を備え、

前記本体は、

前記本体の周面に形成された凹部と、

前記凹部近傍に設けられ、歪センサを取付可能なセンサ取付部とを

含む、モジュール。

[請求項17] シャフト部を含む切削工具と、
請求項１５に記載のモジュールとを備える、切削工具ユニット。

[請求項18] シャフト部を含む切削工具と、
請求項１６に記載のモジュールとを備える、切削工具ユニット。

[請求項19] 請求項１１に記載の切削工具と、
管理装置とを備え、
前記切削工具は、前記歪センサの計測結果を示すセンサ情報を送信し、
前記管理装置は、前記切削工具から前記センサ情報を受信し、受信した前記センサ情報が示す計測結果を処理する、切削システム。

[請求項20] 請求項１７または請求項１８に記載の切削工具ユニットと、
管理装置とを備え、
前記切削工具ユニットは、さらに、
前記モジュールに取り付けられた歪センサを含み、
前記切削工具ユニットは、前記歪センサの計測結果を示すセンサ情報を送信し、
前記管理装置は、前記切削工具ユニットから前記センサ情報を受信し、受信した前記センサ情報が示す計測結果を処理する、切削システム。

[請求項21] 刃取付部と、
前記刃取付部につながるシャフト部とを備え、
前記シャフト部は、前記シャフト部の中心軸に垂直な断面において、円形または多角形の周面を持つ棒形状であり、
前記シャフト部は、前記中心軸方向に沿った一部である第１区間と、
前記中心軸方向において前記第１区間の一方側に隣り合う第２区間と、

前記中心軸方向において前記第１区間の他方側に隣り合う第３区間とを含み、

前記第１区間の剛性は、第２区間の剛性および第３区間の剛性よりも低い、切削工具。

[請求項22] 前記シャフト部は、

前記刃取付部に連続する切削側区間と、

前記刃取付部側の端部とは異なる端部を含む把持側区間と、

前記切削側区間と前記把持側区間との間に位置する中間区間とを含み、

前記中間区間は、前記切削側区間および前記把持側区間よりも太い形状を有し、

前記第１区間、前記第２区間および前記第３区間は、前記中間区間に設けられている、請求項２１に記載の切削工具。

[請求項23] 前記第１区間は、

前記第１区間の周面に形成された凹部と、

前記凹部近傍に設けられ、歪センサを取付可能なセンサ取付部とを含む、請求項２１に記載の切削工具。

[請求項24] 前記第１区間は、前記第１区間の周面に形成された凹部を有する、請求項２２に記載の切削工具。

[請求項25] 前記第１区間は、前記第１区間の内部に形成された空洞部を含む、請求項２１または請求項２２に記載の切削工具。

[請求項26] シャフト部を備え、

前記シャフト部は、前記シャフト部のうちの他の部分よりも径が太い拡径部を含み、

前記拡径部は、前記拡径部の内部に形成された空洞部を含む、切削工具。

[請求項27] シャフト部を備え、

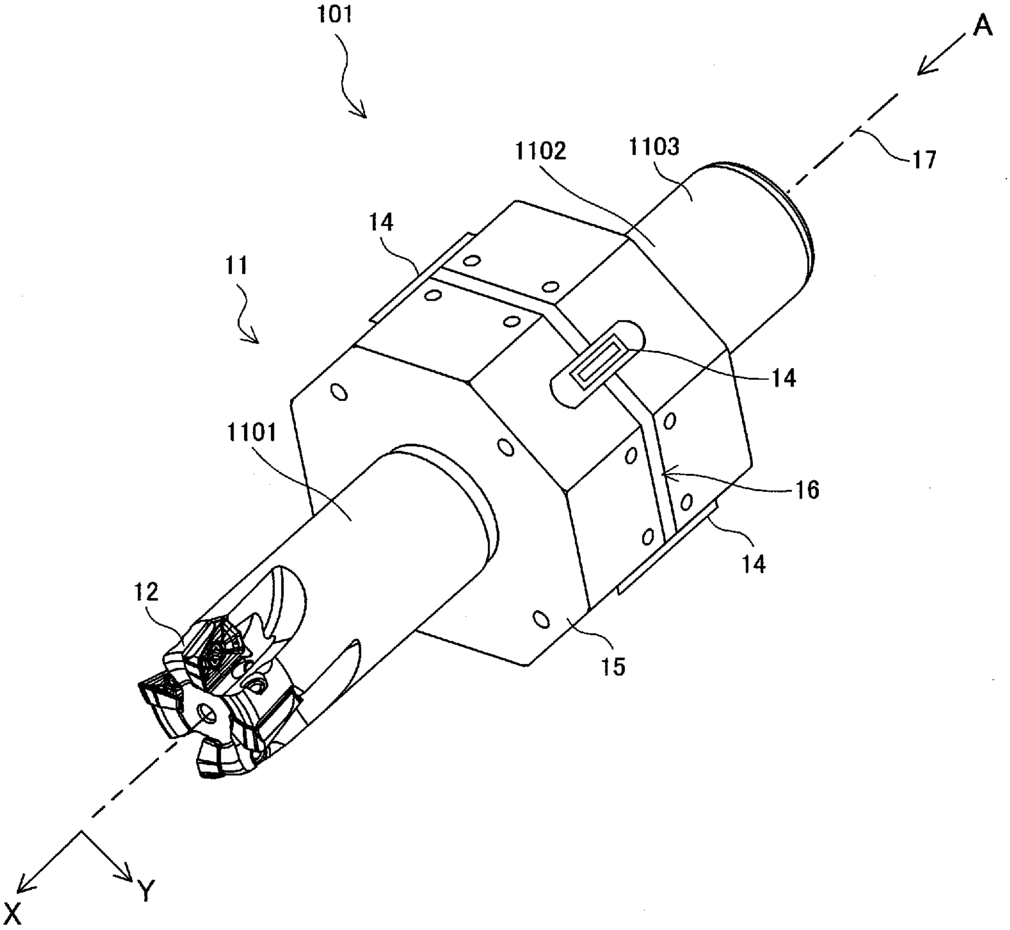
前記シャフト部は、

前記シャフト部の内部に形成された空洞部と、

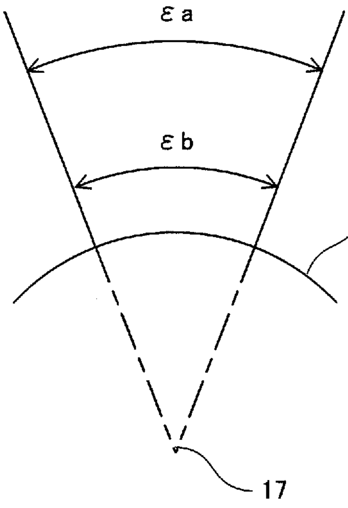
前記シャフト部の周面において、歪センサを取付可能なセンサ取付部とを含み、

前記センサ取付部は、前記シャフト部の中心軸方向に垂直な方向において前記空洞部を前記シャフト部の周面に投影した場合に、前記空洞部と重なる、切削工具。

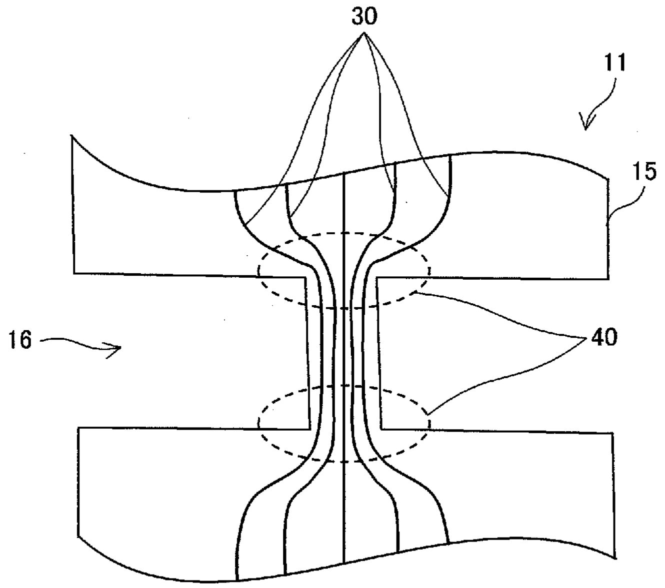
[図1]



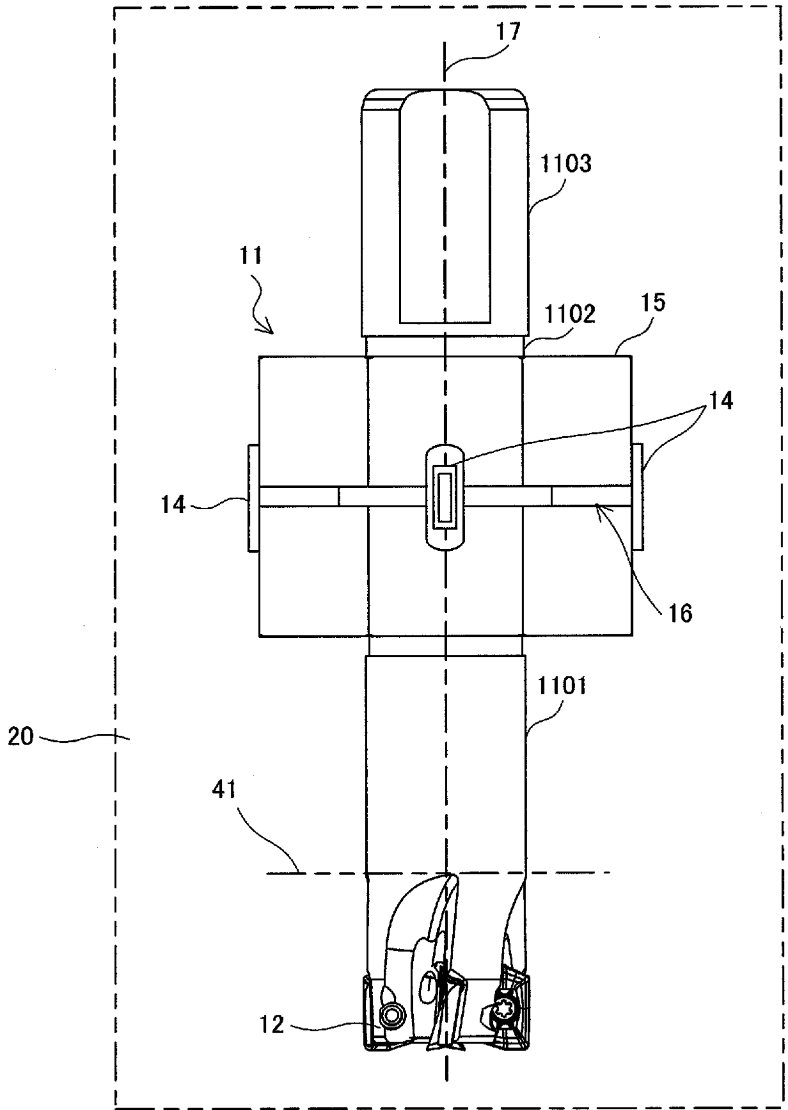
[図2]



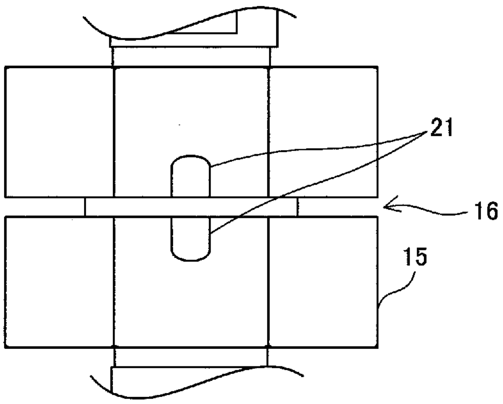
[図3]



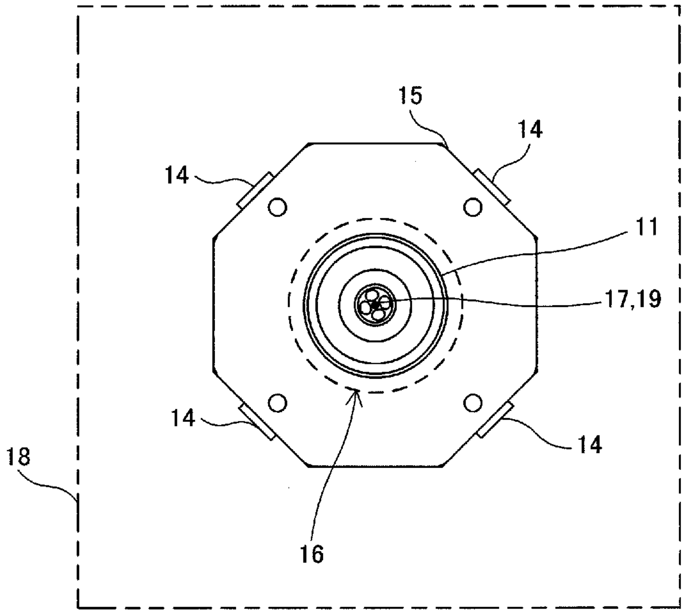
[図4]



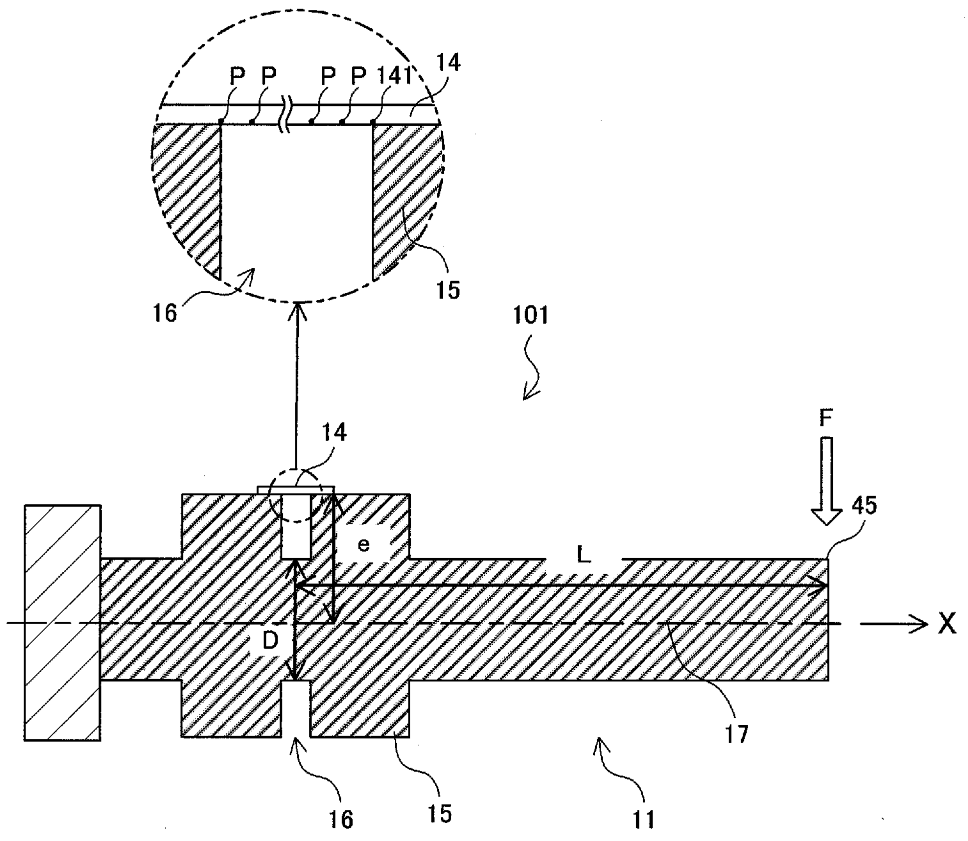
[図5]



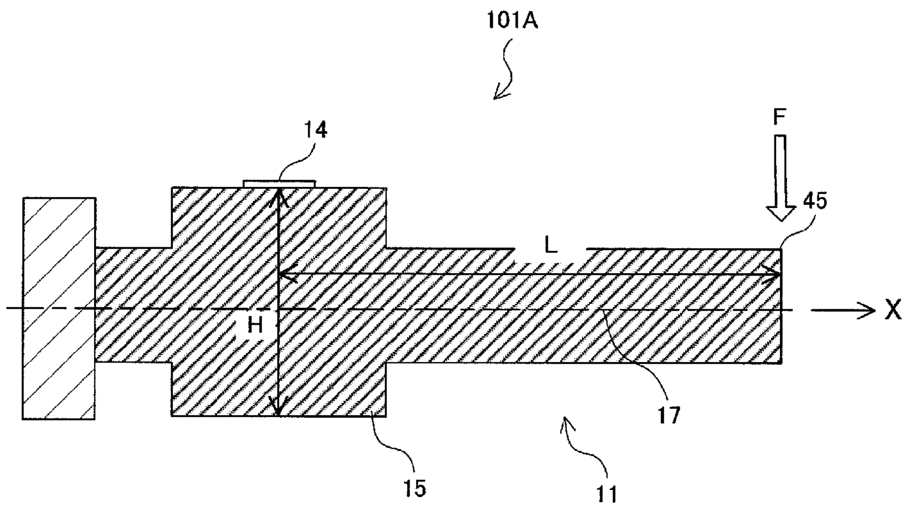
[図6]



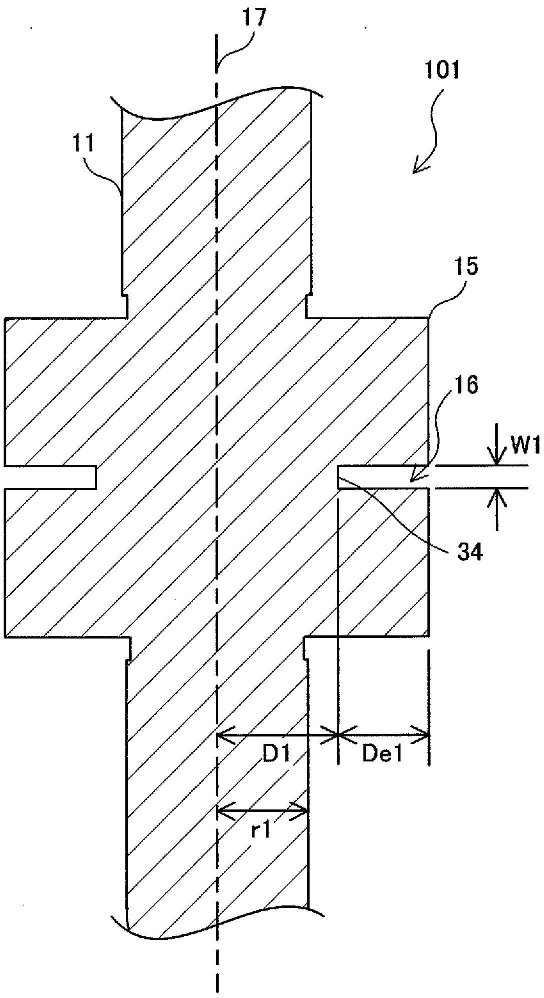
[図7]


P
P
P
P
141
14
16
15
101
14
F
45
e
L
X
D
17
16
15
11

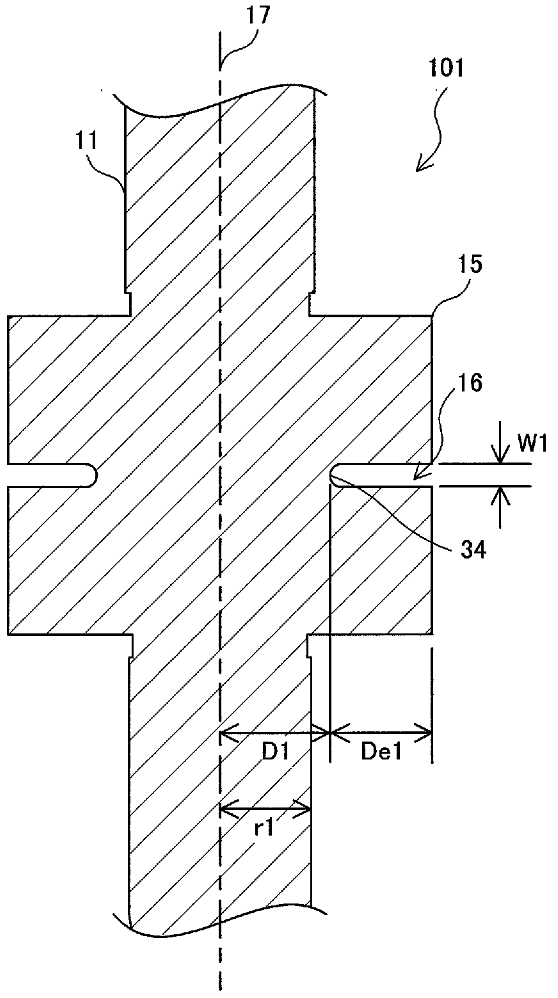
[図8]


101A
14
F
45
L
X
H
17
15
11

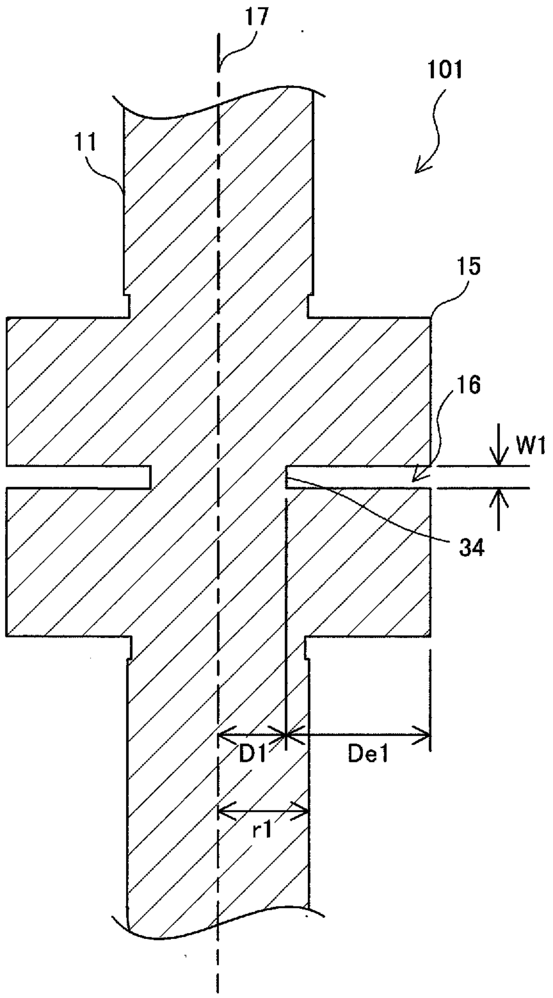
[図9]



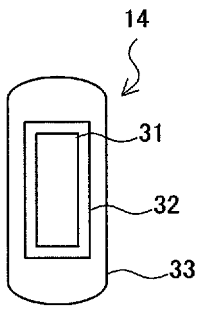
[図10]



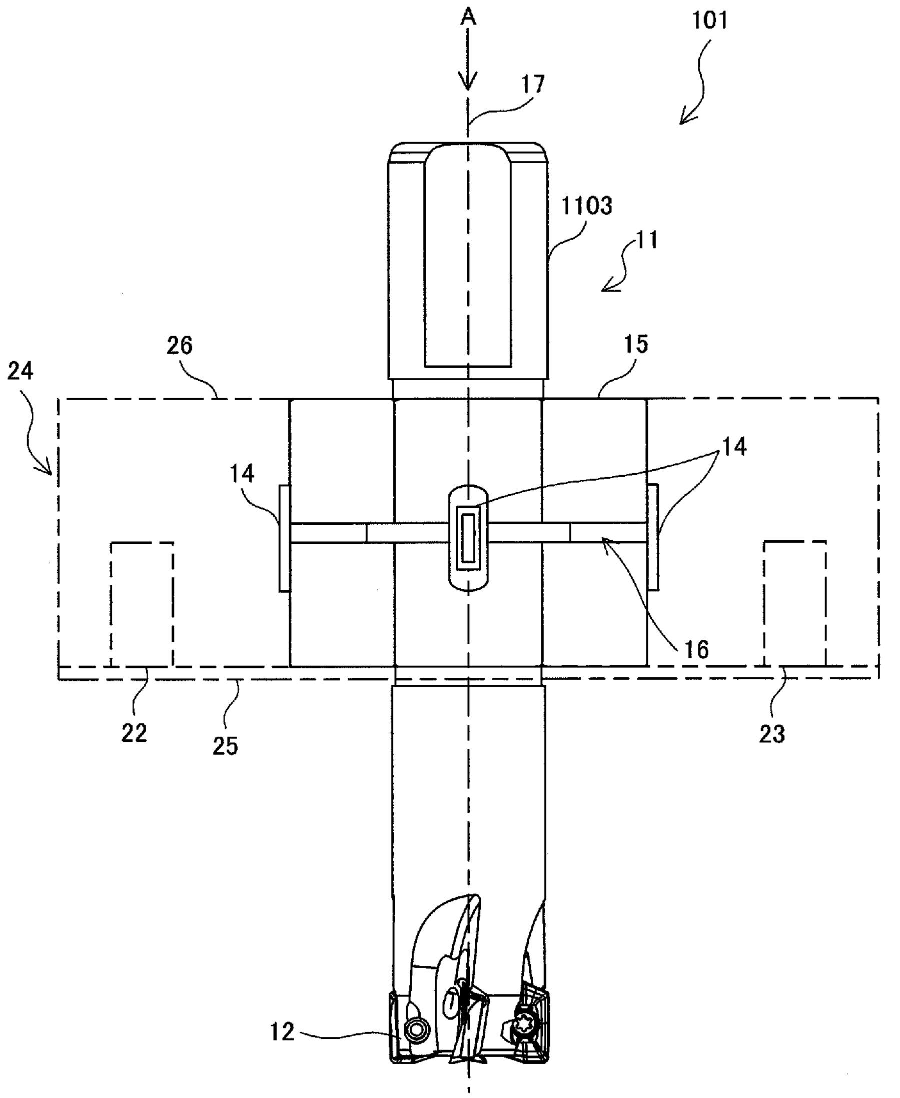
[図11]



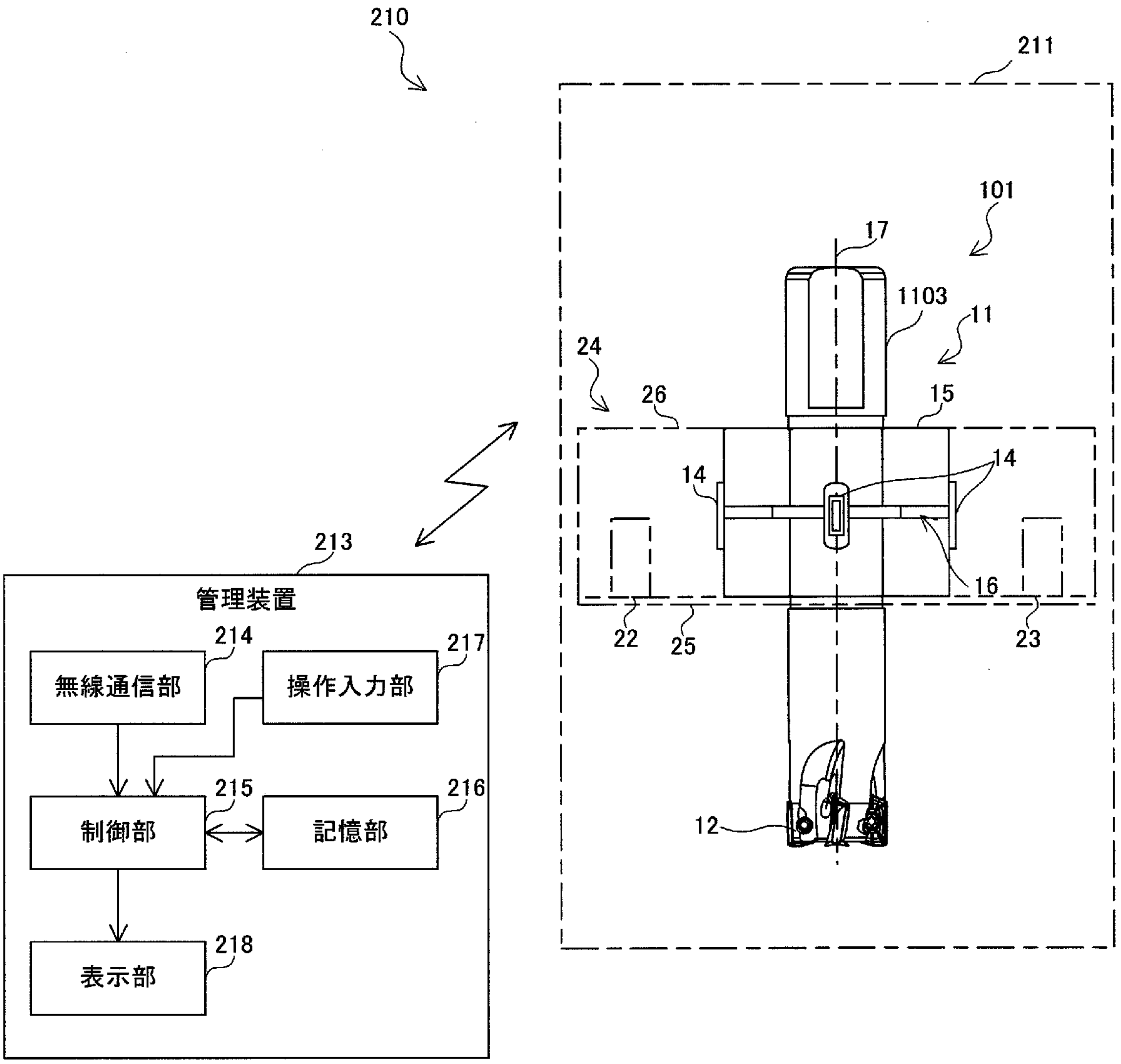
[図12]



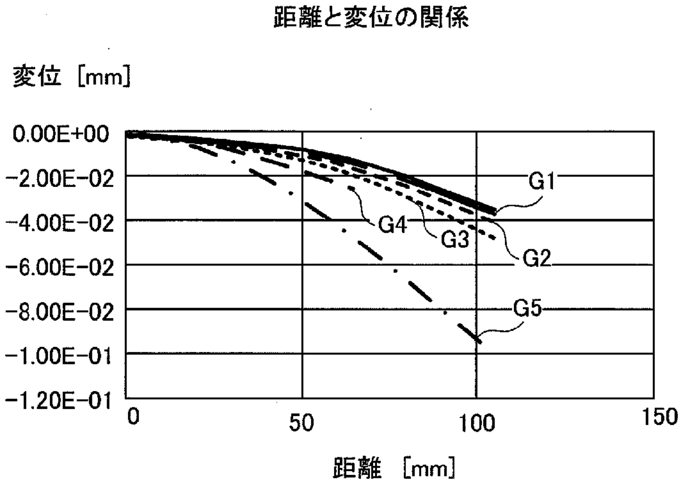
[図13]



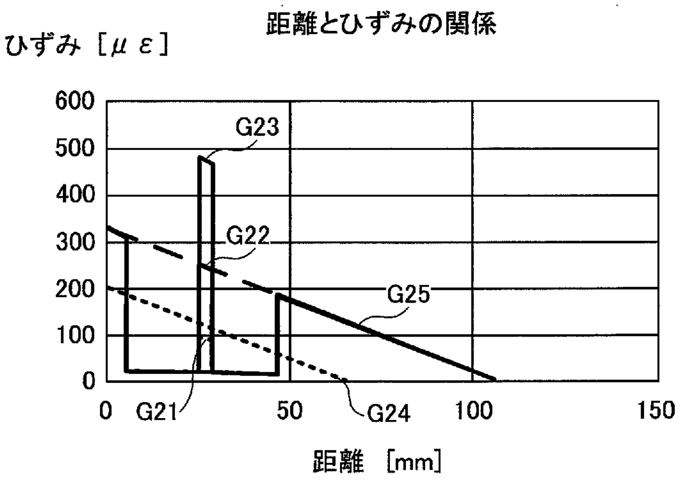
[図14]


210
211
101
17
1103
11
24
26
15
14
14
16
22
25
23
12
213
管理装置
214
無線通信部
217
操作入力部
215
制御部
216
記憶部
218
表示部

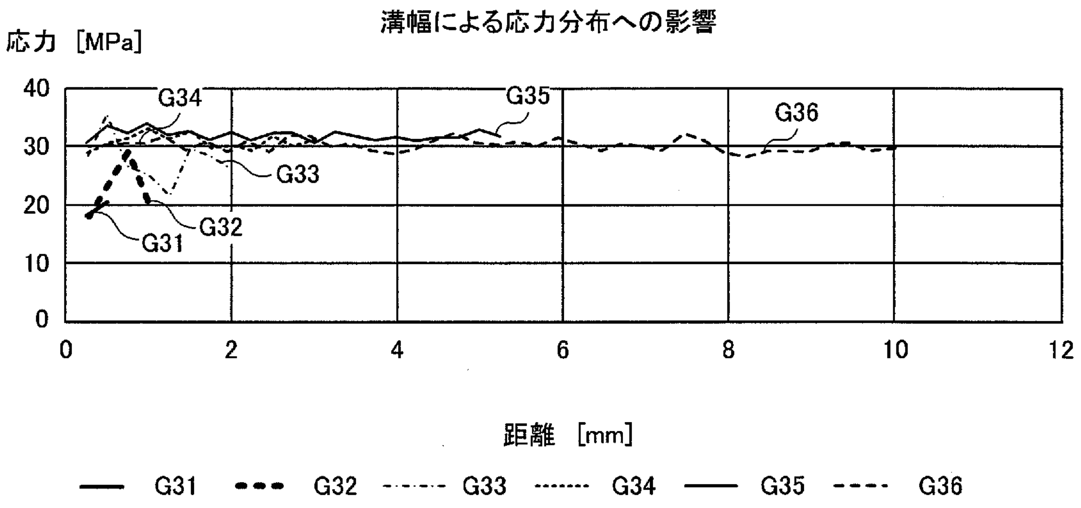
[図15]


距離と変位の関係
変位 [mm]
0.00E+00
-2.00E-02
-4.00E-02
-6.00E-02
-8.00E-02
-1.00E-01
-1.20E-01
0
50
100
150
G1
G2
G3
G4
G5
距離 [mm]

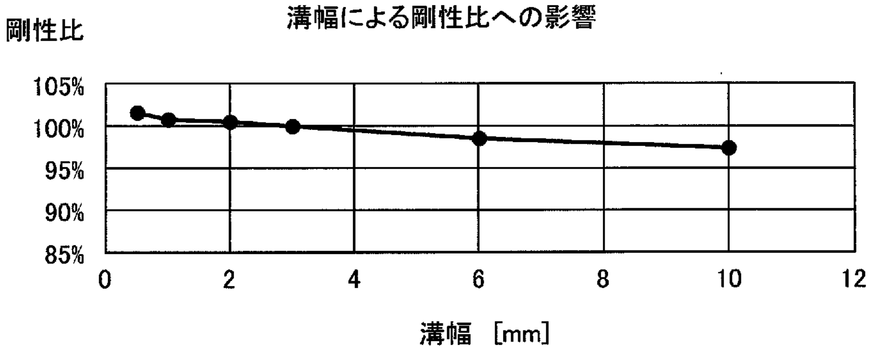
[図16]


距離とひずみの関係
ひずみ［μ ε］
600
500
400
300
200
100
0
0
50
100
150
G21
G22
G23
G24
G25
距離 [mm]

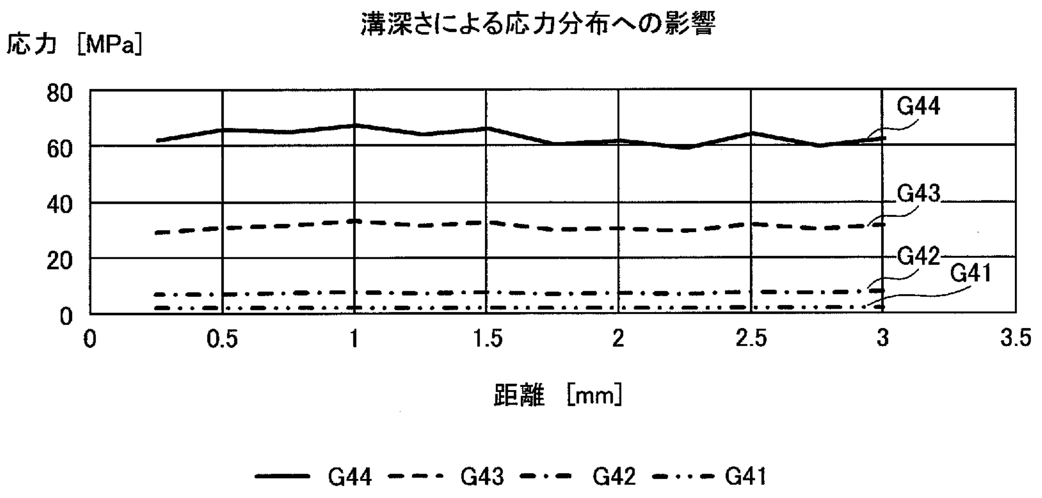
[図17]


溝幅による応力分布への影響
応力 [MPa]
40
30
20
10
0
0
2
4
6
8
10
12
G31
G32
G33
G34
G35
G36
距離 [mm]
G31 G32 G33 G34 G35 G36

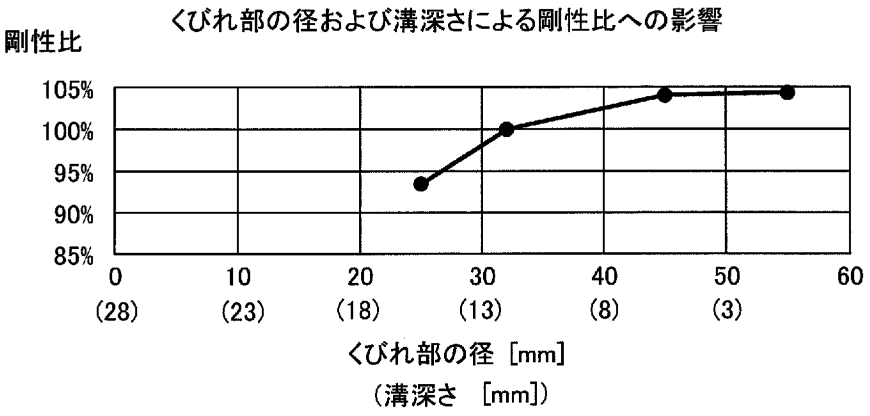
[図18]


溝幅による剛性比への影響
剛性比
105%
100%
95%
90%
85%
0
2
4
6
8
10
12
溝幅 [mm]

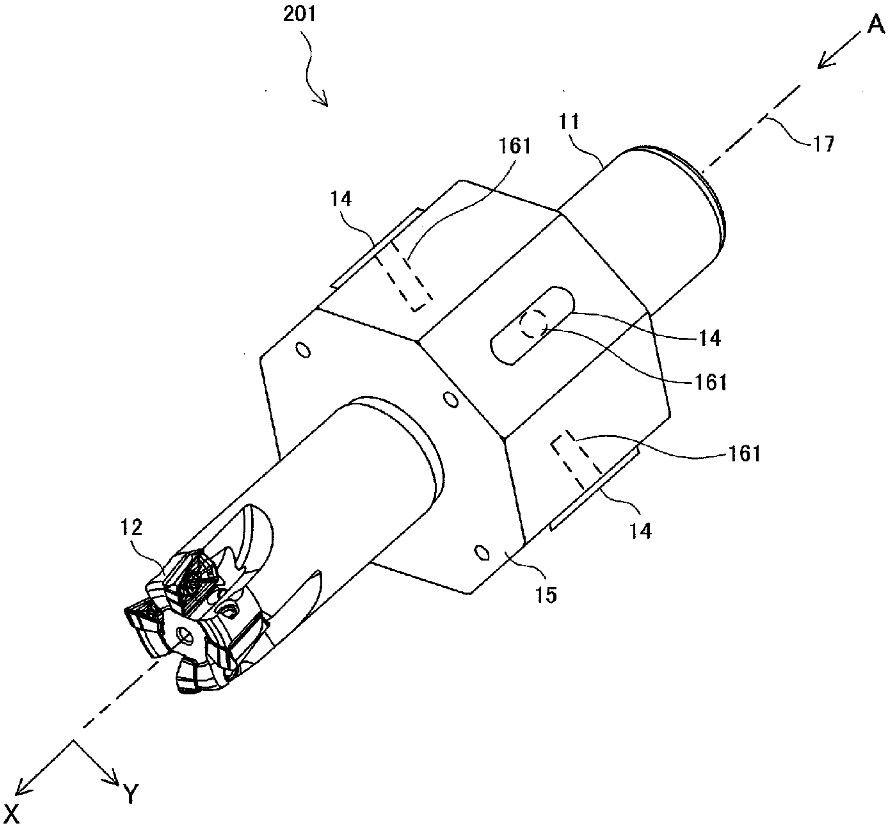
[図19]


溝深さによる応力分布への影響
応力 [MPa]
80
60
40
20
0
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
距離 [mm]
G44
G43
G42
G41

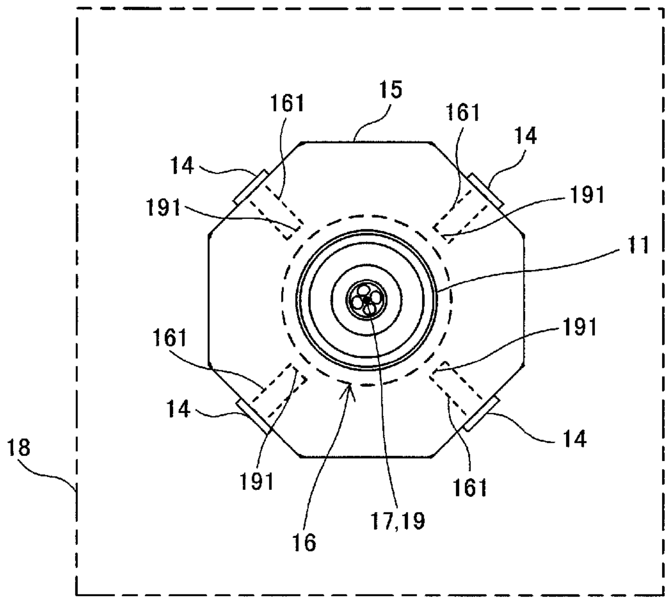
[図20]


くびれ部の径および溝深さによる剛性比への影響
剛性比
105%
100%
95%
90%
85%
0
10
20
30
40
50
60
(28)
(23)
(18)
(13)
(8)
(3)
くびれ部の径 [mm]
(溝深さ [mm])

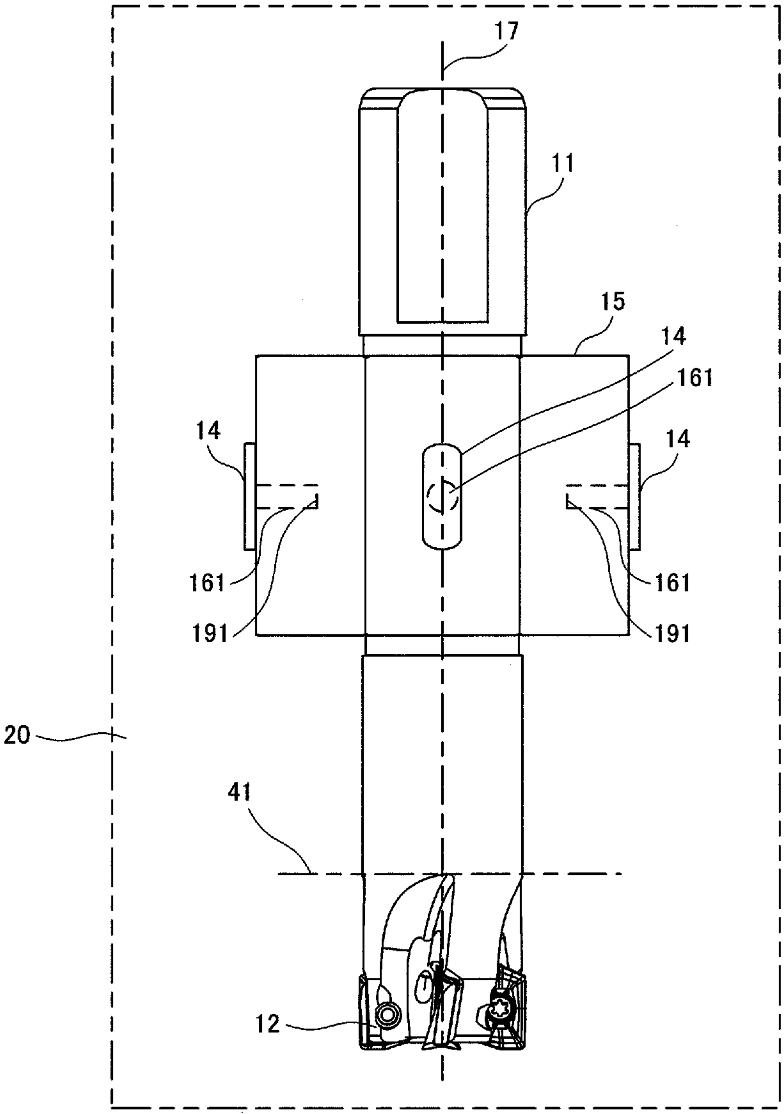
[図21]


201
A
11
17
161
14
14
161
161
14
12
15
X
Y

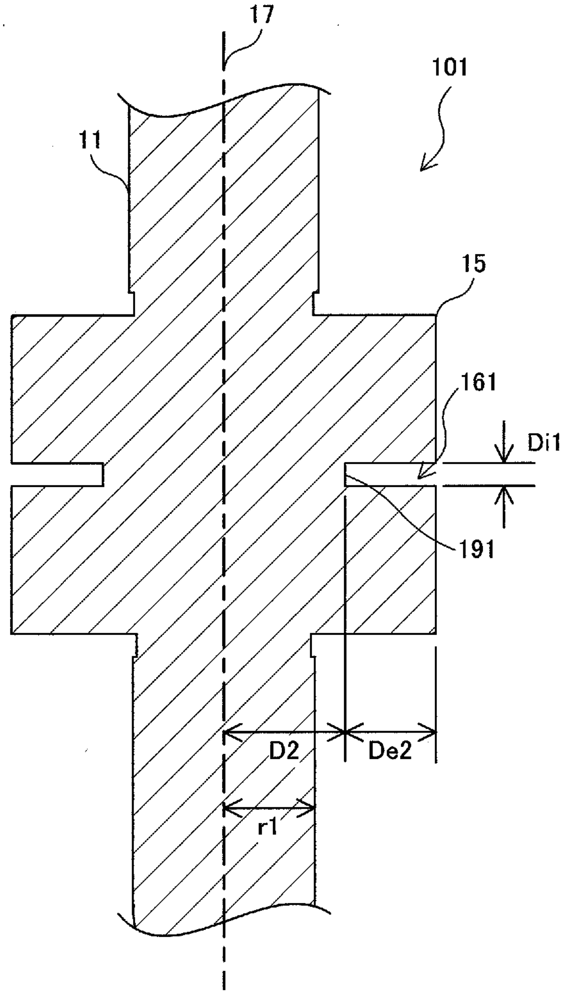
[図22]


15
161
161
14
14
191
191
11
161
191
14
14
18
191
161
16
17,19

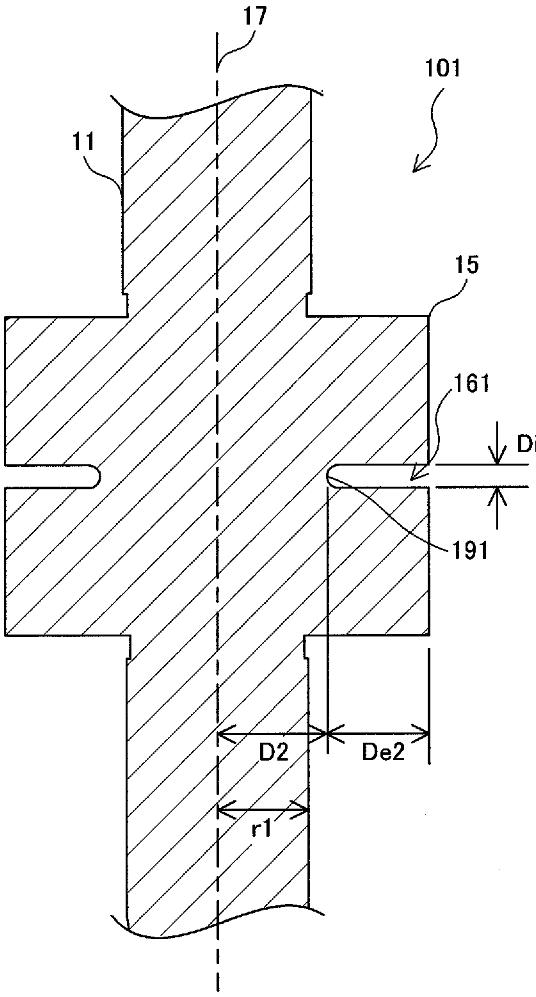
[図23]



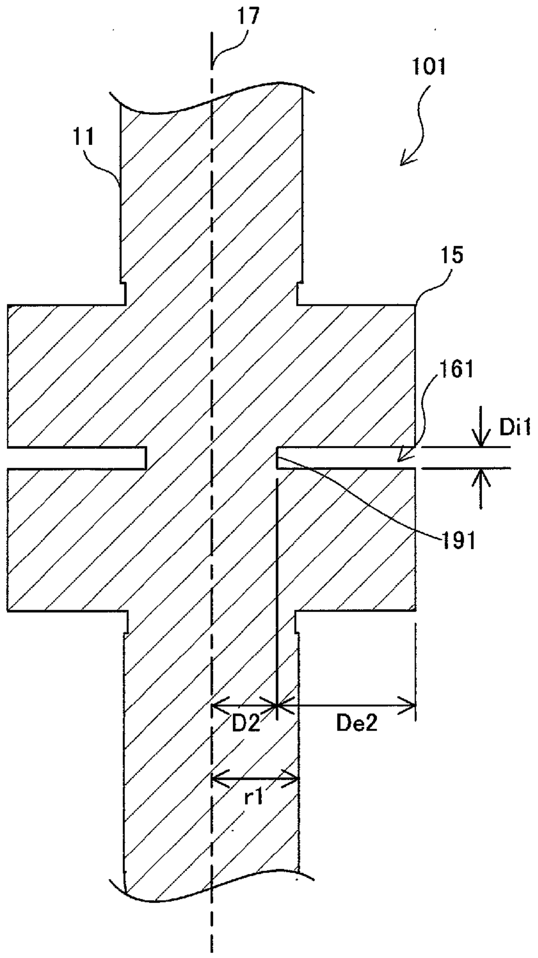
[図24]



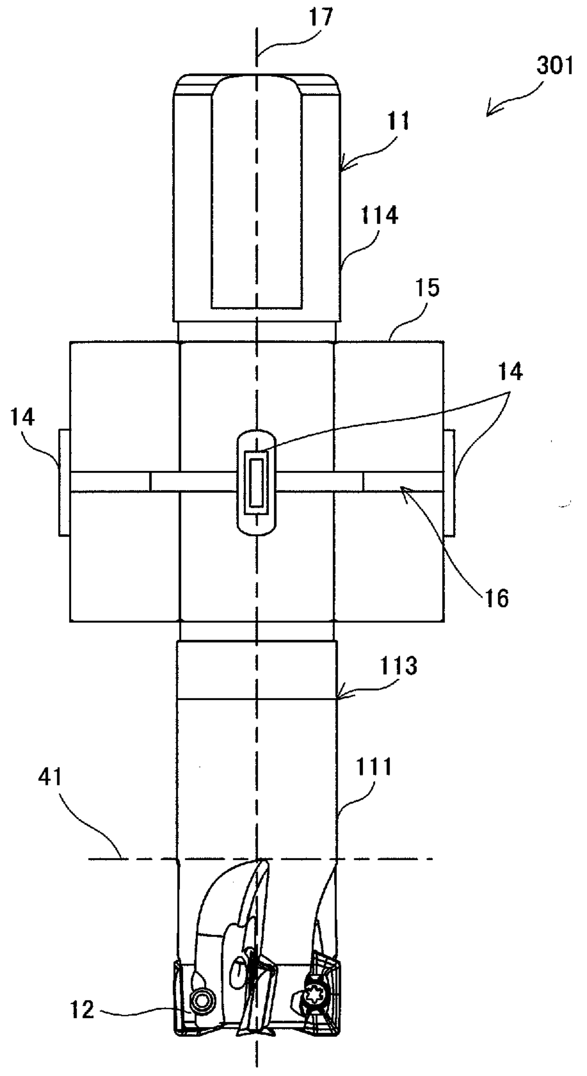
[図25]



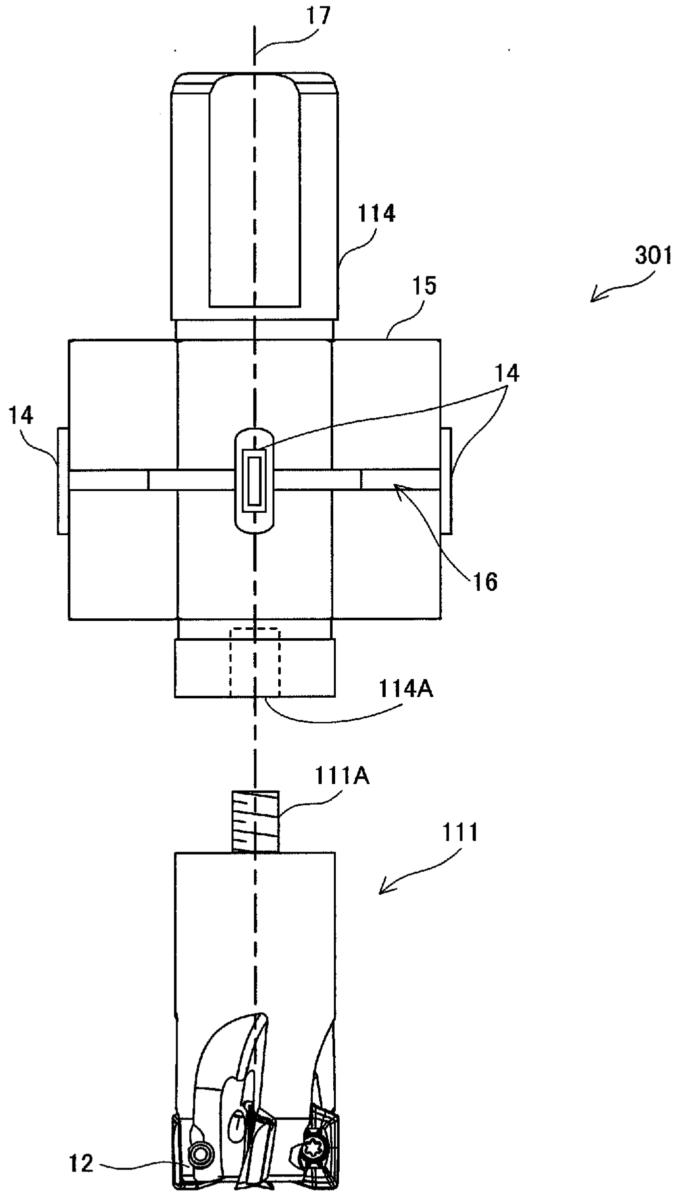
[図26]



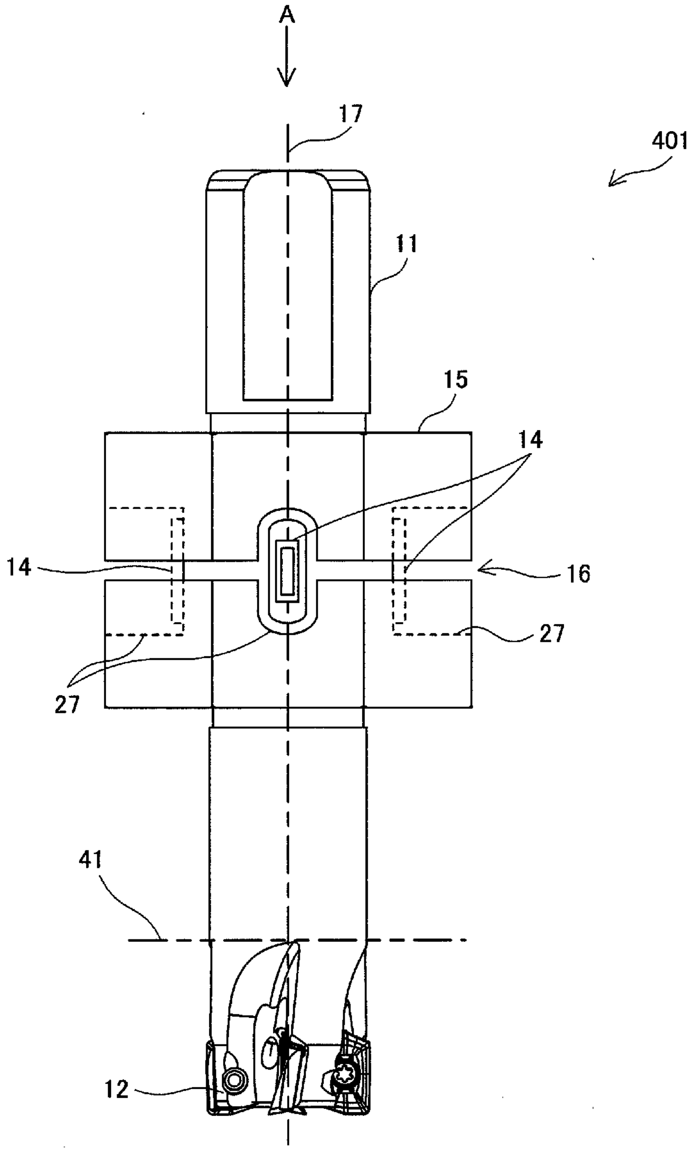
[図27]



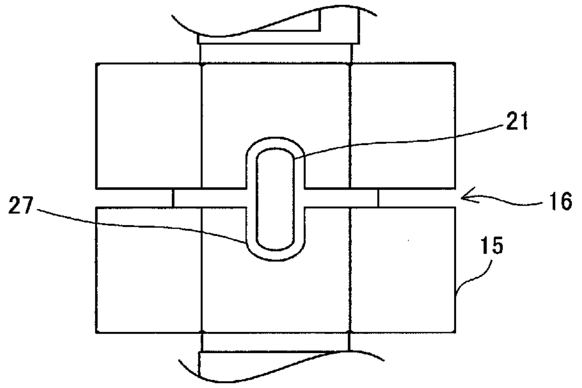
[図28]



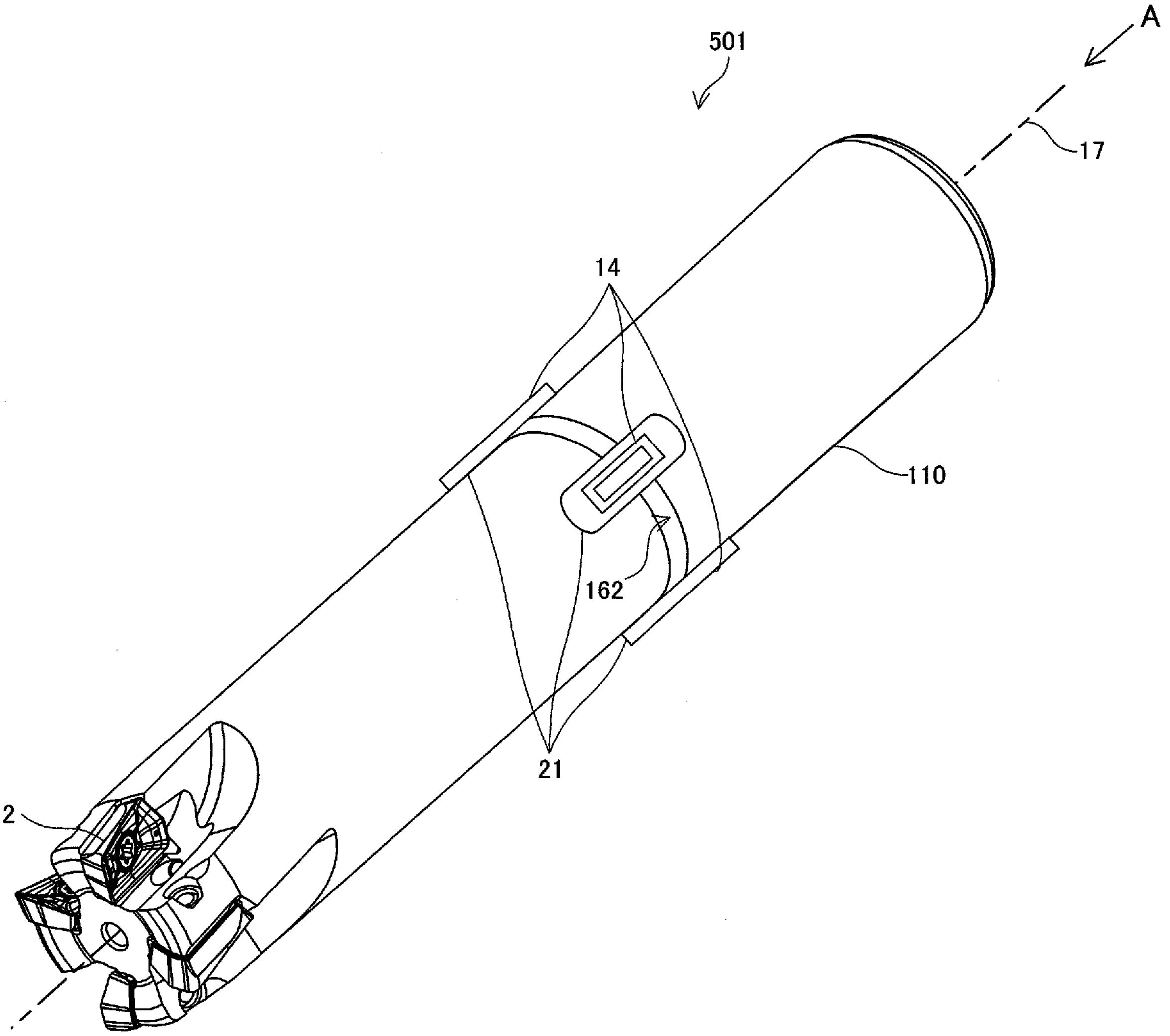
［図29］



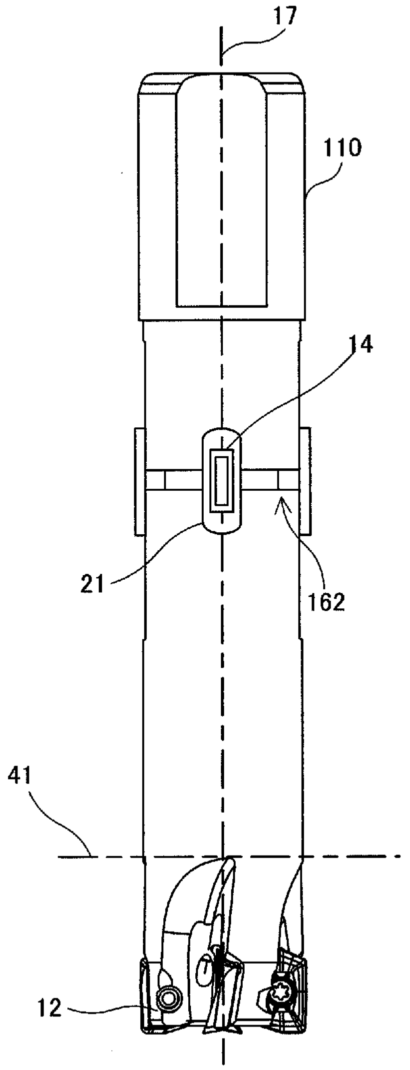
［図30］



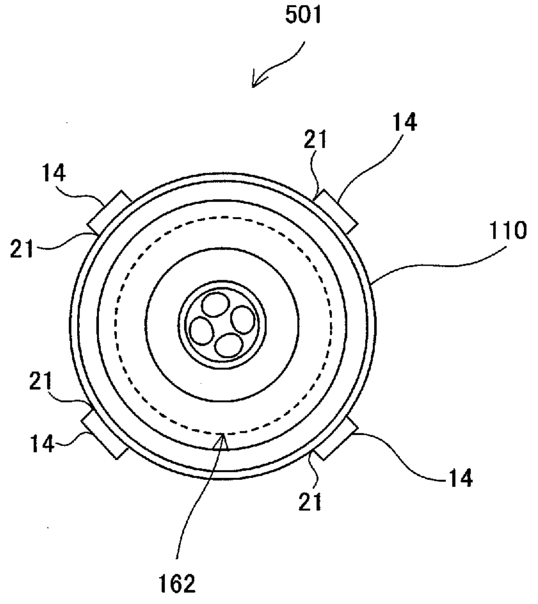
[図31]



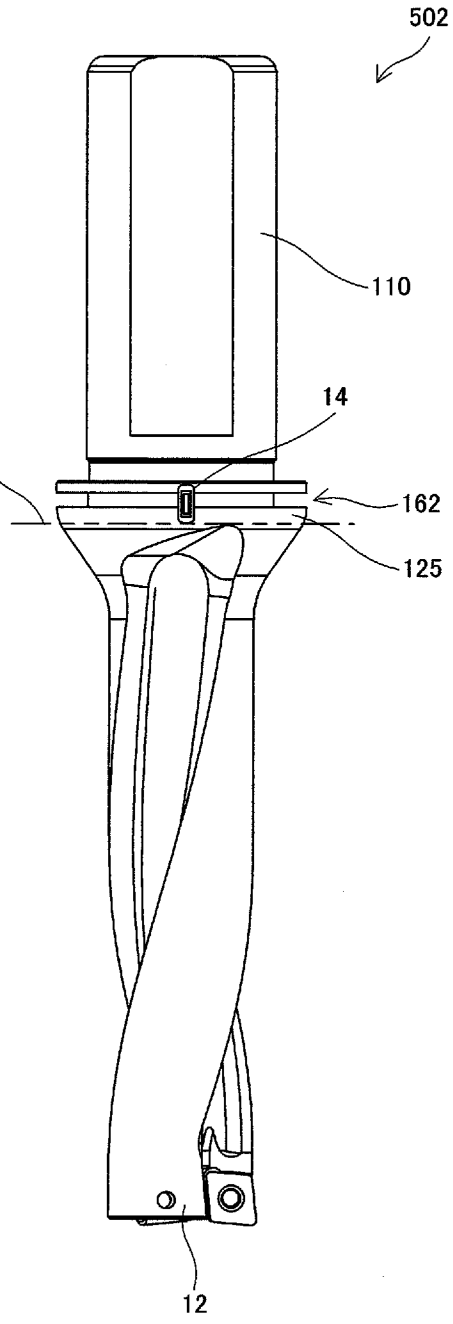
[図32]



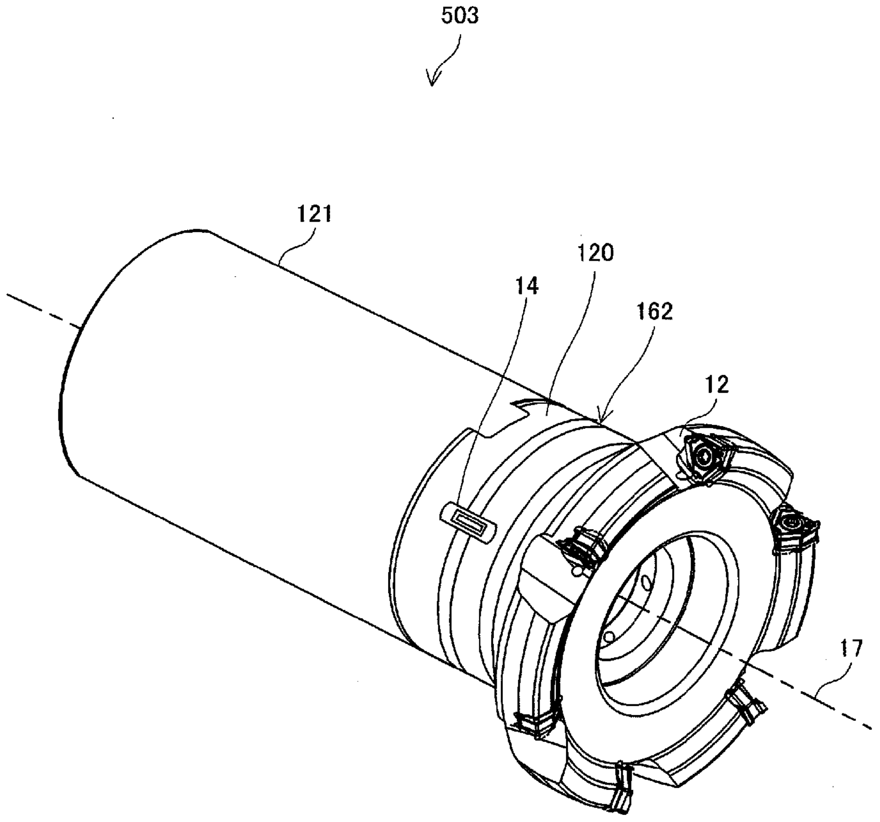
[図33]



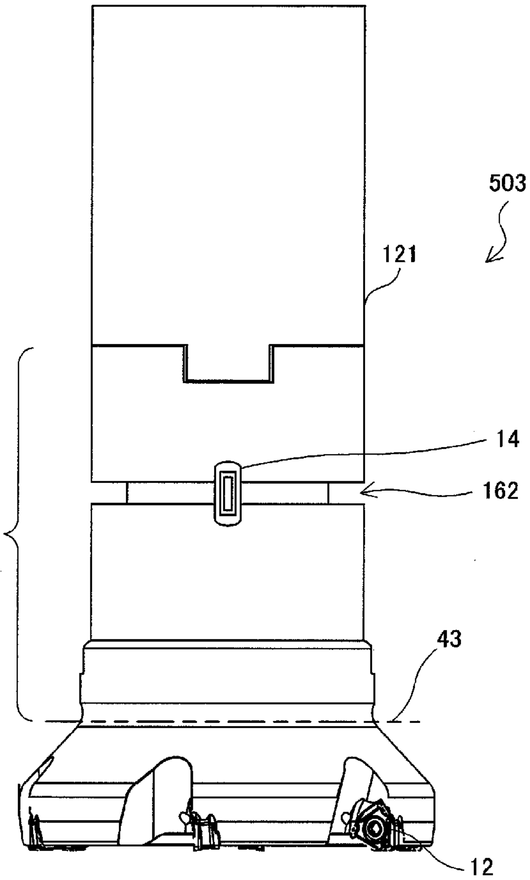
[図34]



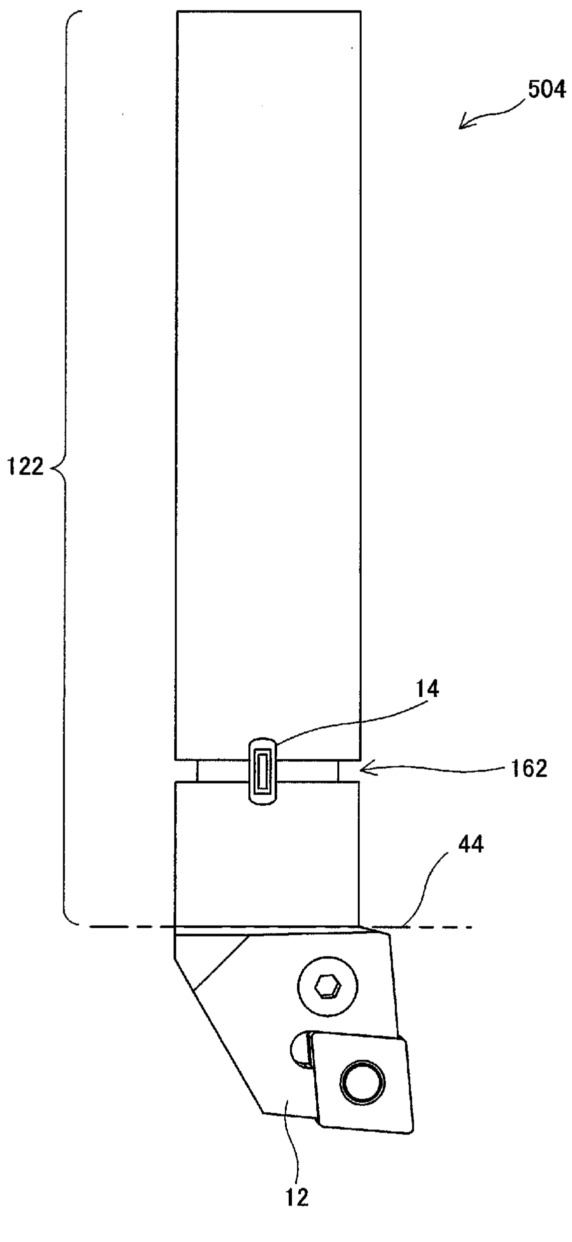
[図35]



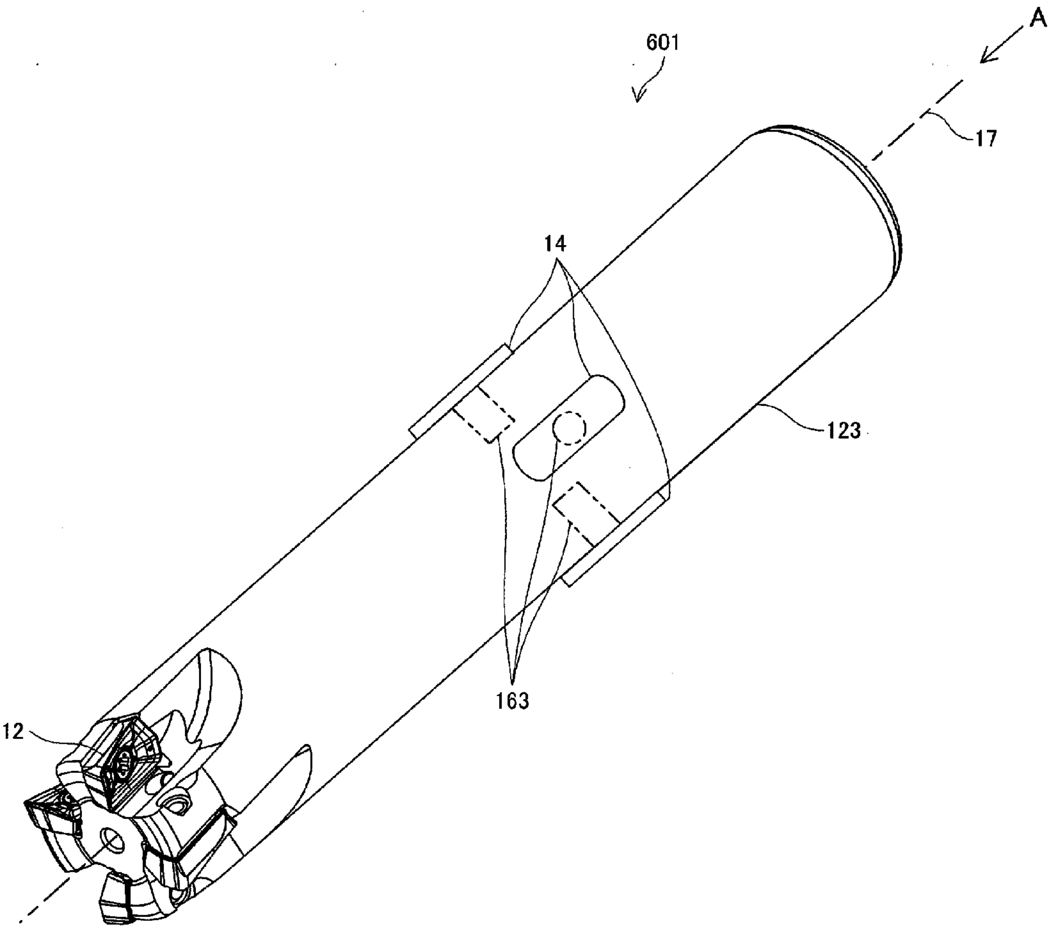
［図36］



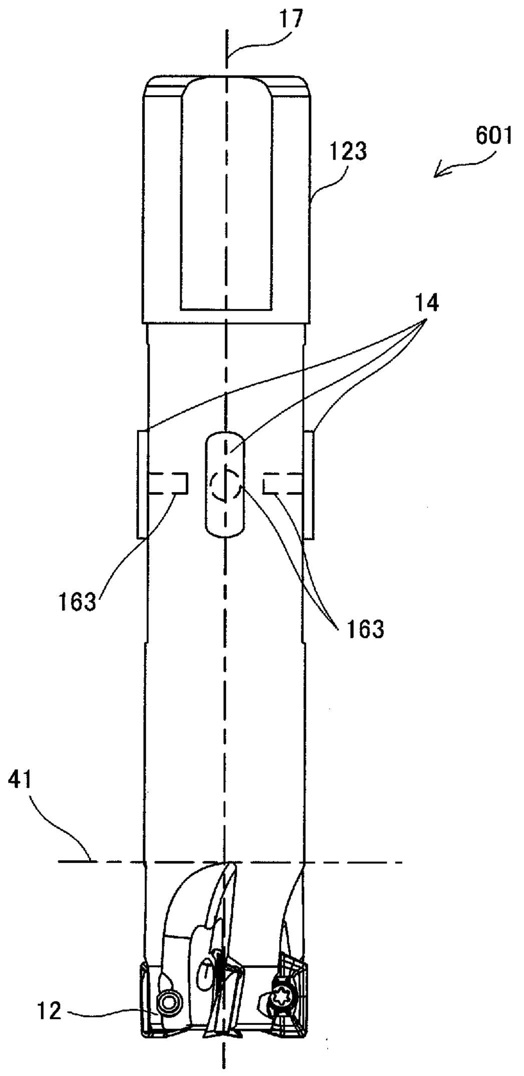
[図37]



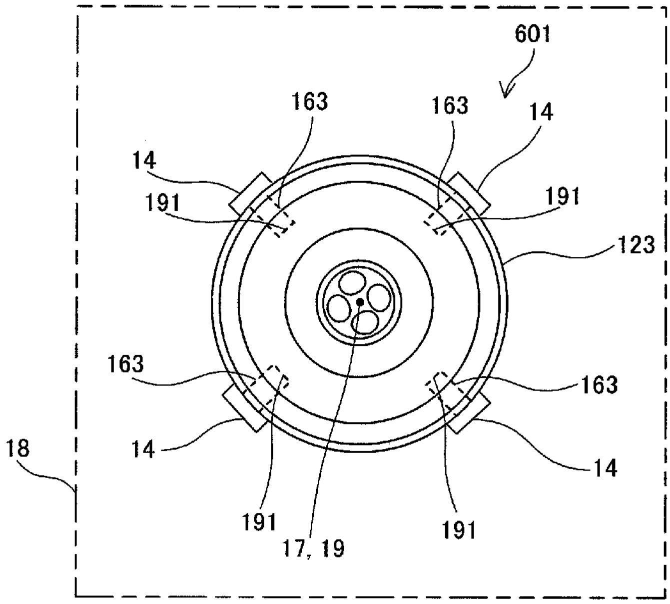
[図38]



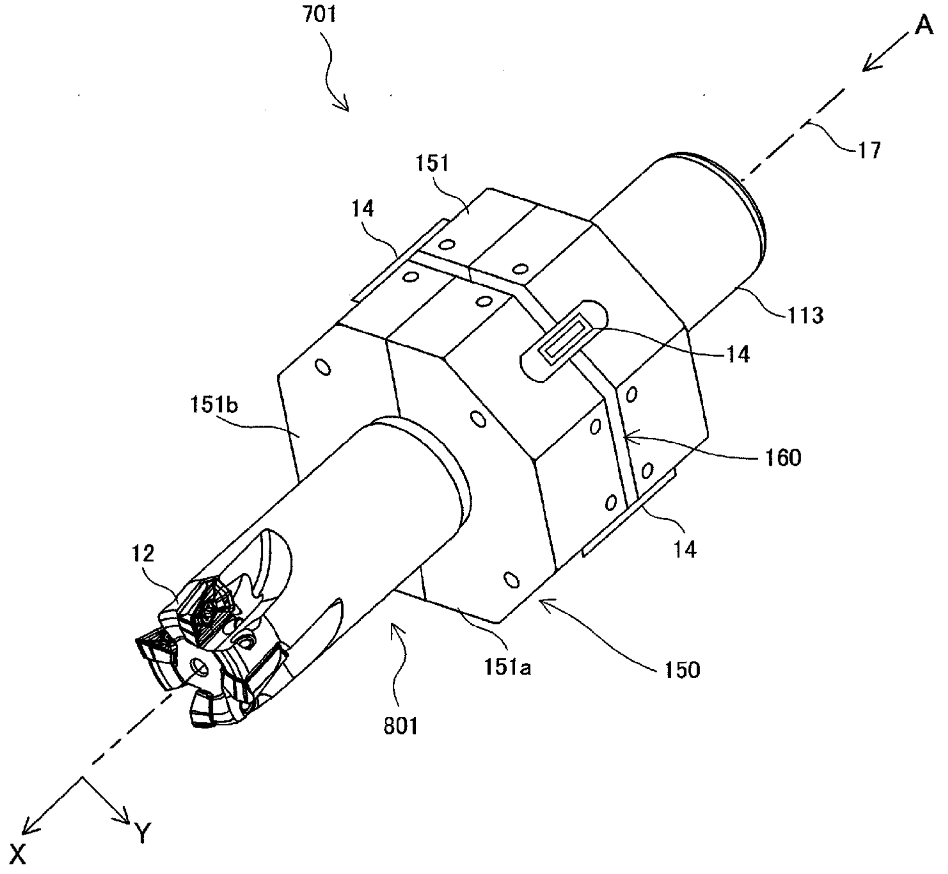
[図39]



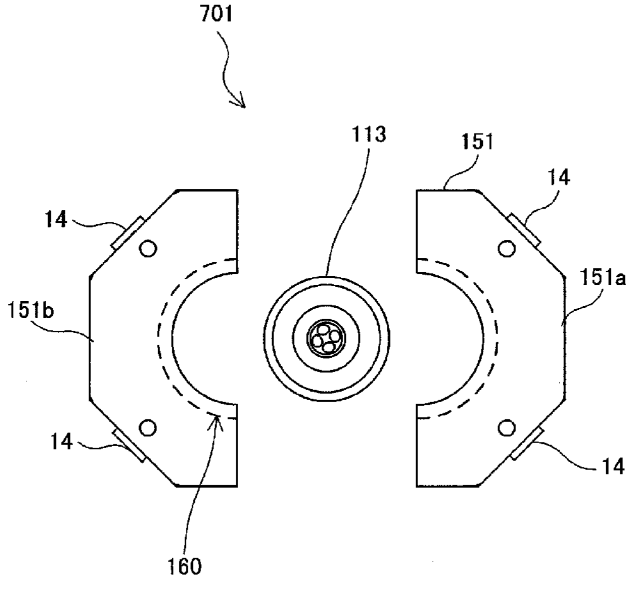
[図40]



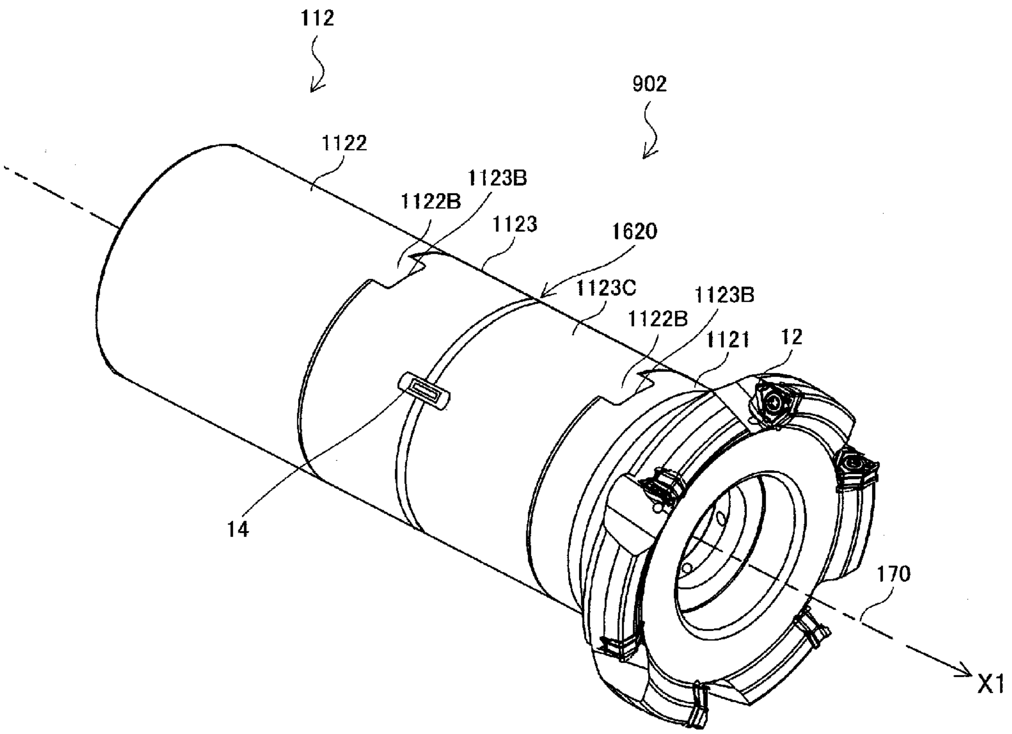
[図41]


701
A
17
151
14
113
14
151b
160
14
12
151a
150
801
X
Y

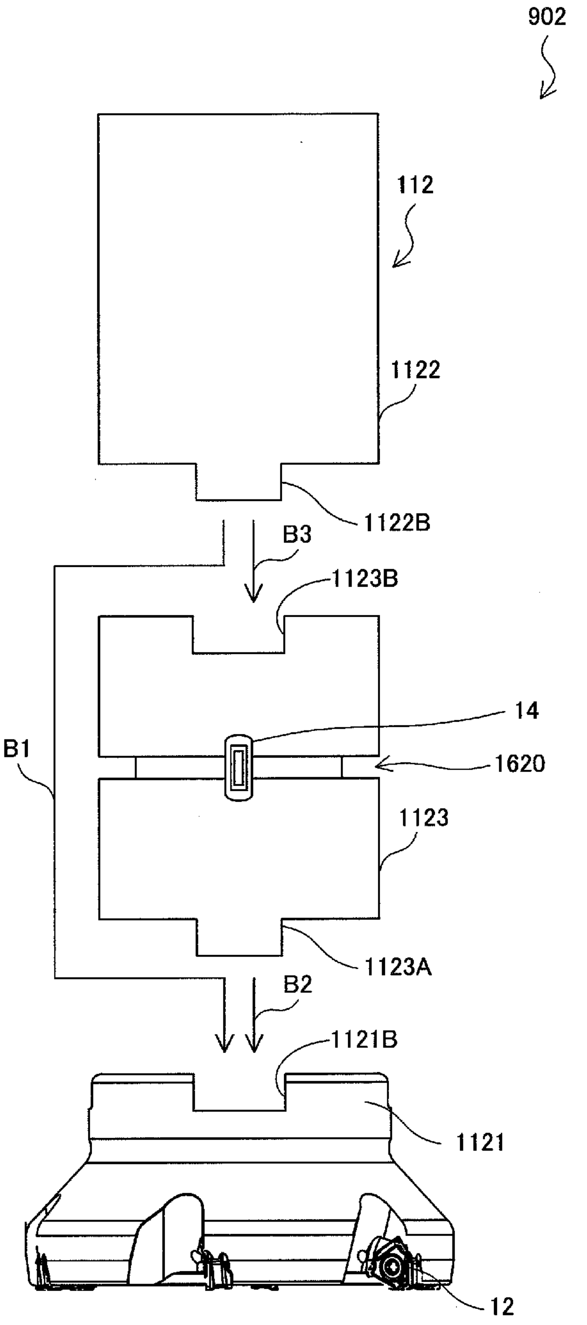
[図42]


701
113
151
14
14
151a
151b
14
14
160

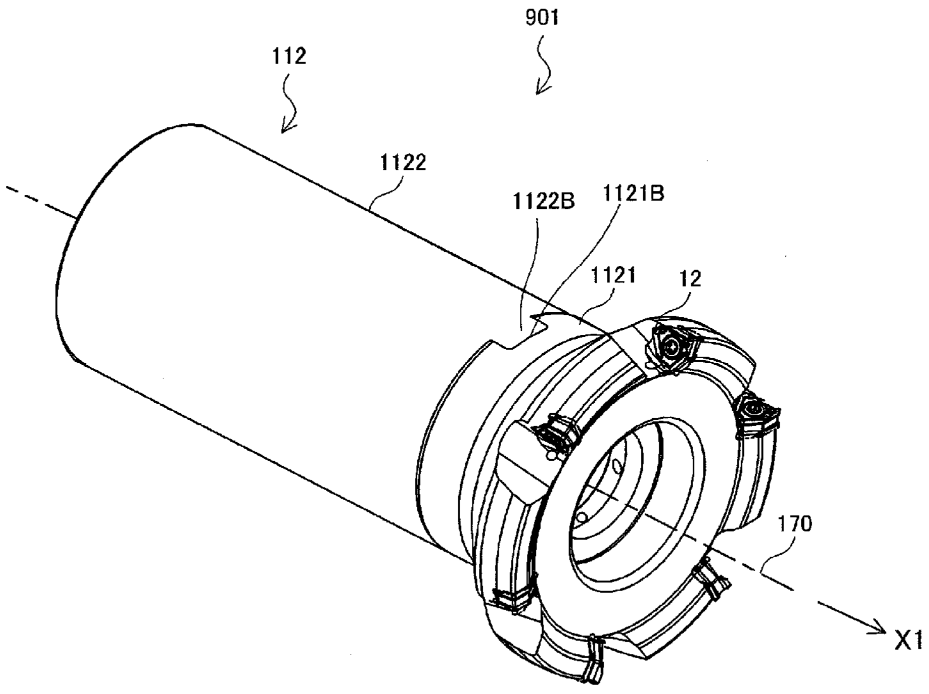
[図43]


112
902
1122
1123B
1122B
1123
1620
1123C
1123B
1122B
1121
12
14
170
X1

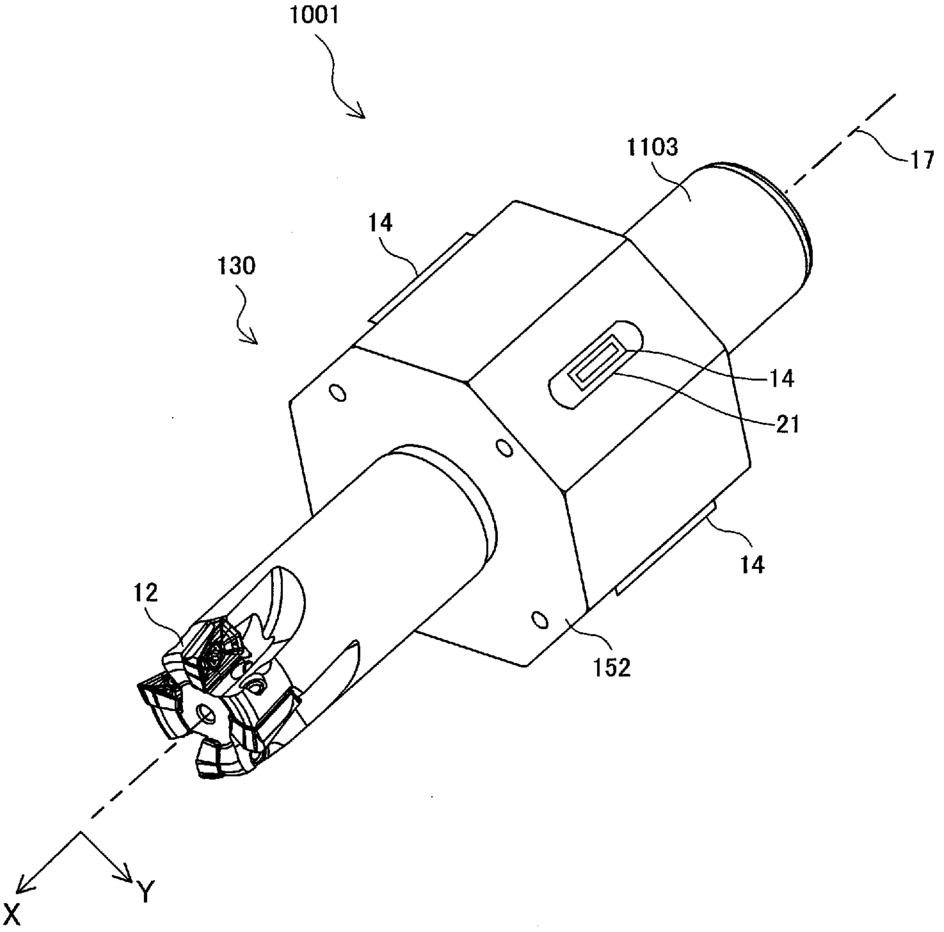
[図44]


902
112
1122
1122B
B3
1123B
14
1620
B1
1123
1123A
B2
1121B
1121
12

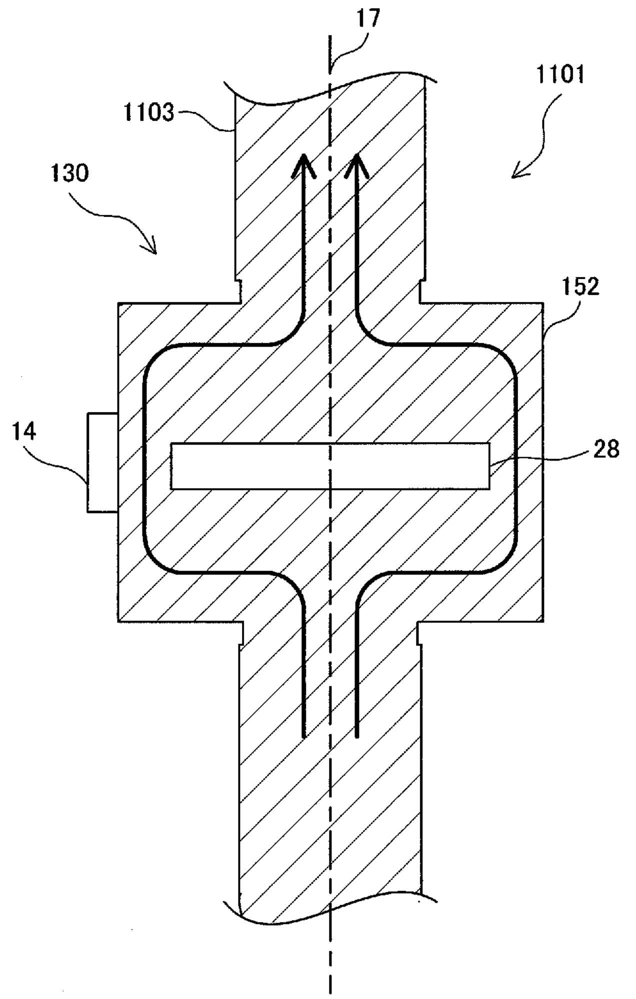
[図45]


901
112
1122
1122B
1121B
1121
12
170
X1

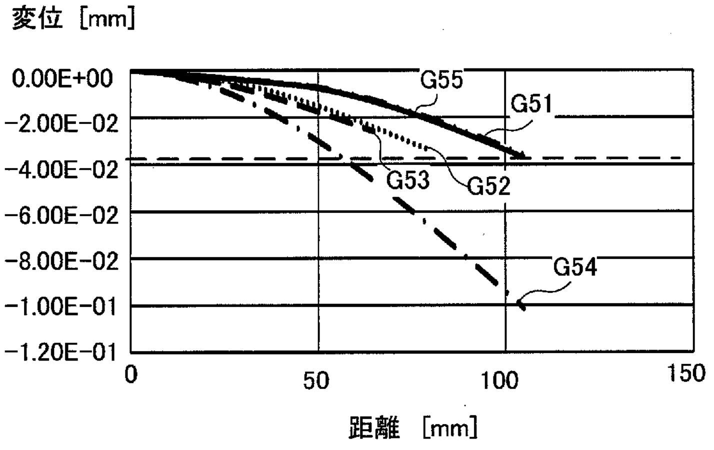
[図46]


1001
1103
17
14
130
14
21
14
12
152
X
Y

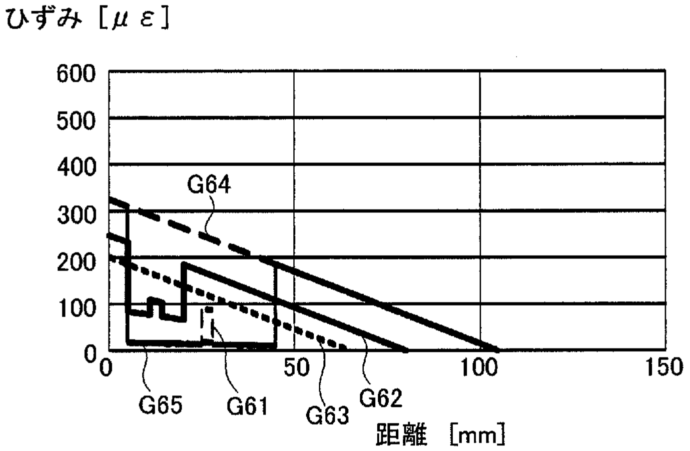
[図47]


17
1101
1103
130
152
14
28

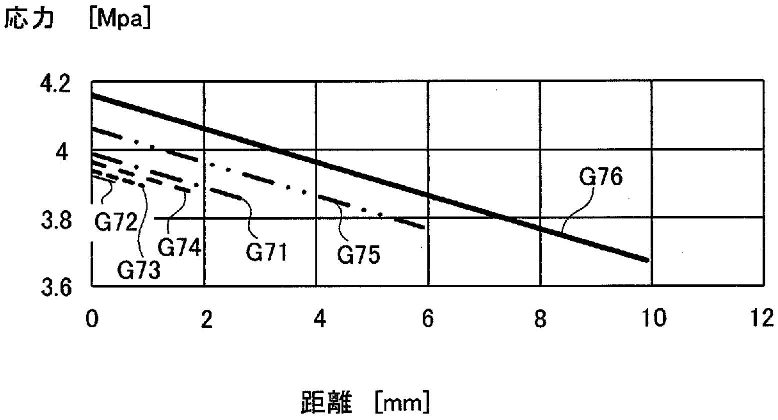
[図48]


変位 [mm]
0.00E+00
-2.00E-02
-4.00E-02
-6.00E-02
-8.00E-02
-1.00E-01
-1.20E-01
G55
G51
G53
G52
G54
0
50
100
150
距離 [mm]

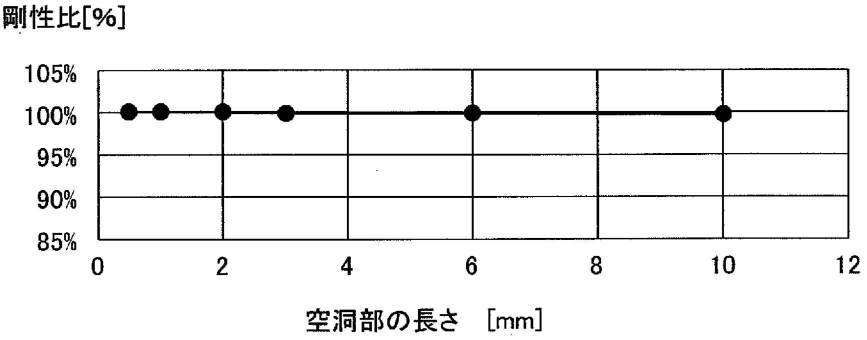
[図49]


ひずみ [με]
600
500
400
300
200
100
0
0
50
100
150
G64
G65
G61
G63
G62
距離 [mm]

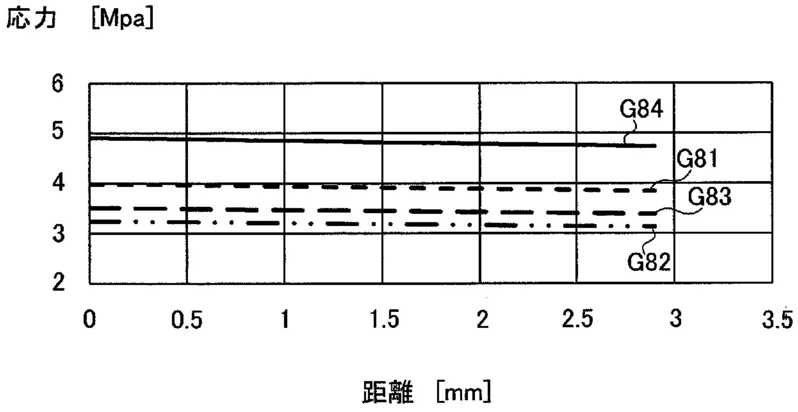
[図50]


応力 [Mpa]
4.2
4
3.8
3.6
0
2
4
6
8
10
12
G76
G72
G73
G74
G71
G75
距離 [mm]

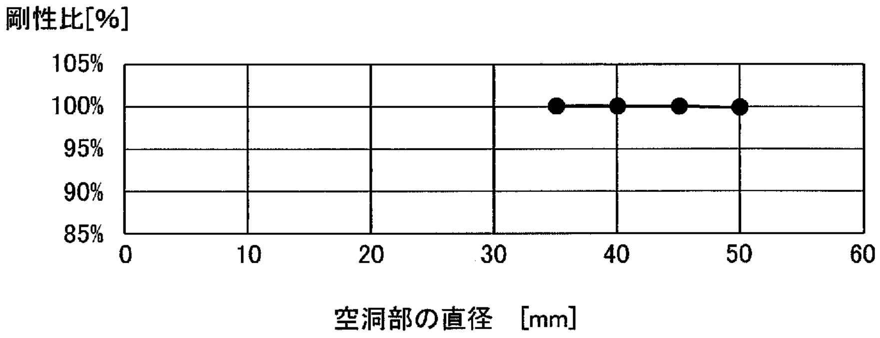
[図51]


剛性比[%]
105%
100%
95%
90%
85%
0
2
4
6
8
10
12
空洞部の長さ [mm]

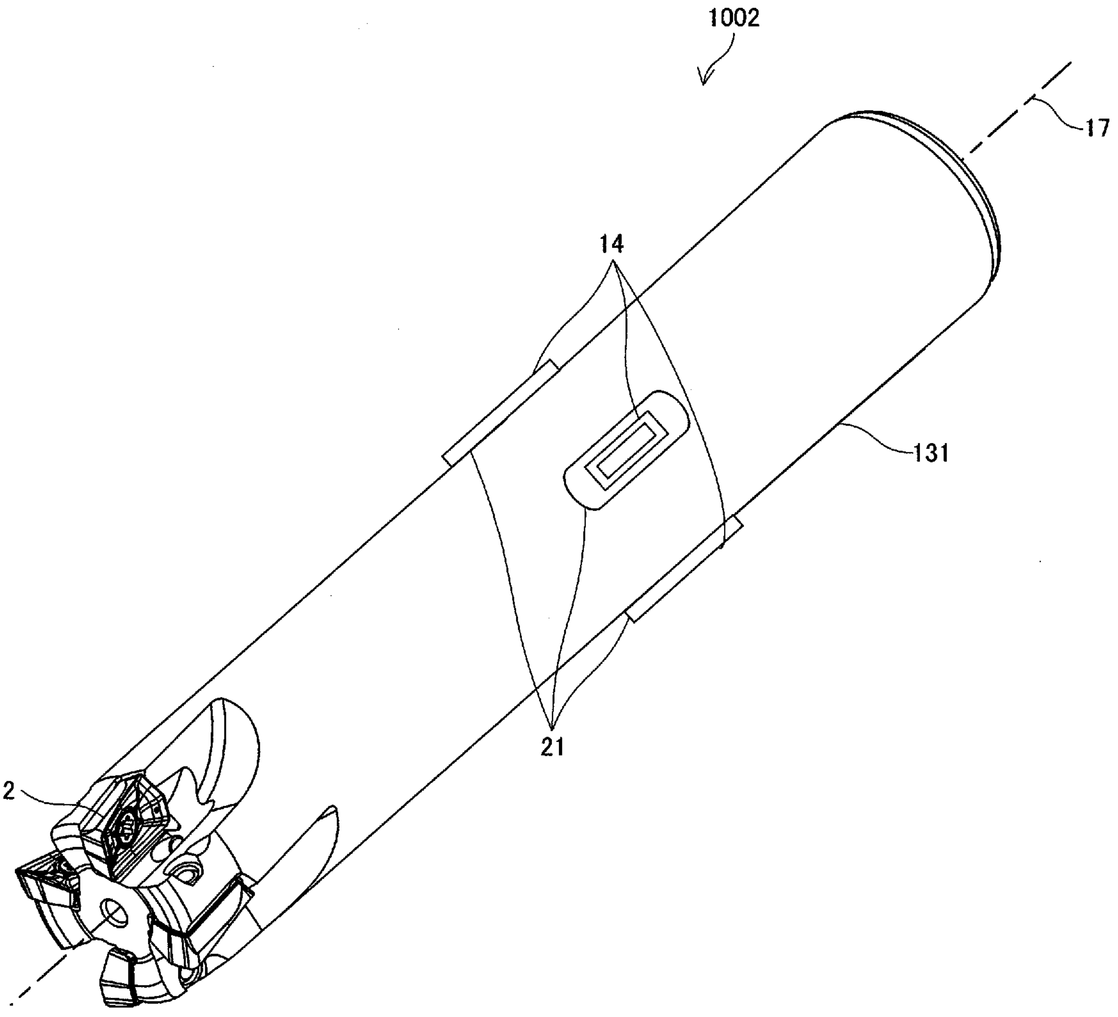
[図52]


応力 [Mpa]
6
5
4
3
2
0
0.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
G84
G81
G83
G82
距離 [mm]

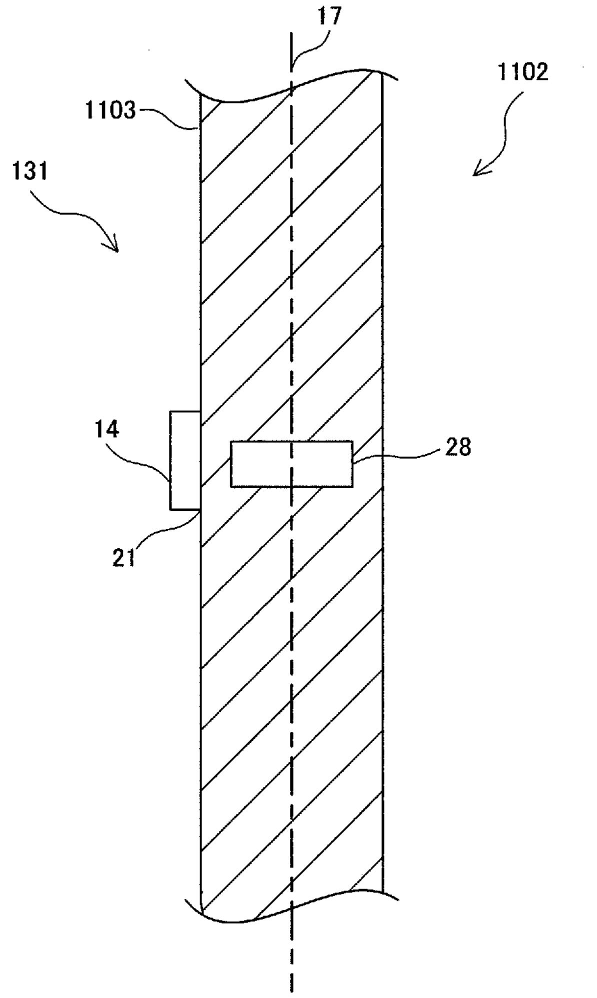
[図53]


剛性比[%]
105%
100%
95%
90%
85%
0
10
20
30
40
50
60
空洞部の直径 [mm]

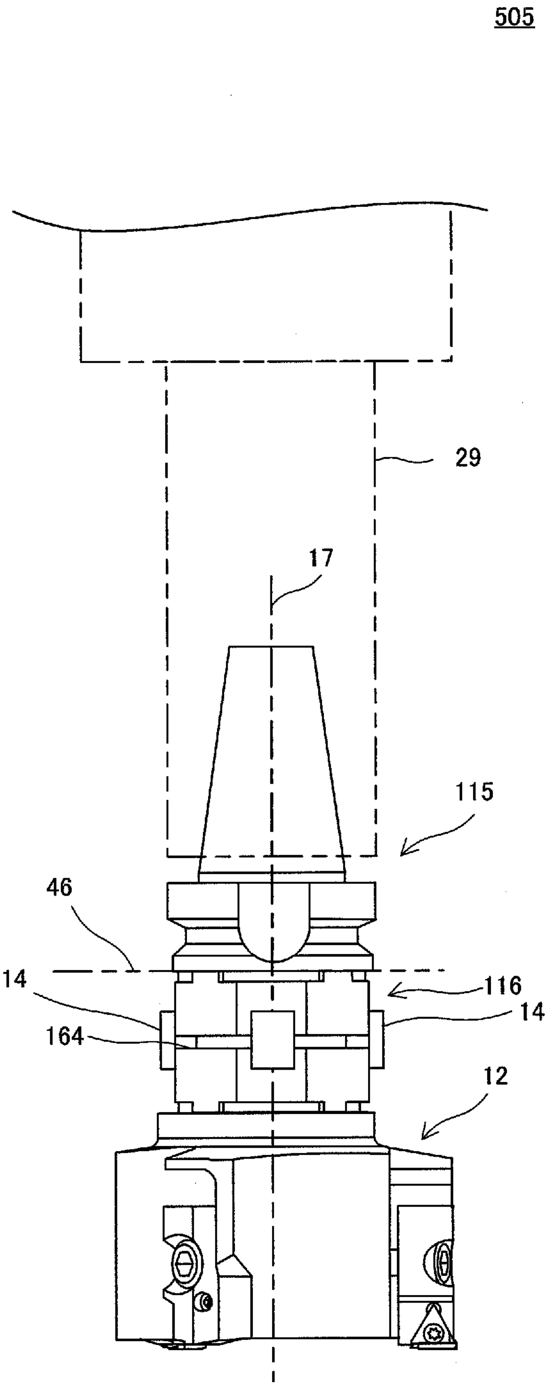
［図54］



[図55]



[図56]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/032804

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
B23B 27/00(2006.01)i; B23C 9/00(2006.01)i; B23B 51/00(2006.01)i; B23Q 17/09(2006.01)i
FI: B23C9/00 Z; B23Q17/09 B; B23Q17/09 C; B23B27/00 D; B23B51/00 Z; B23Q17/09 H
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)
B23B27/00; B23C9/00; B23Q17/09; B23B51/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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.
X Y	CN 106112694 A (UNIV YANSHAN) 16 November 2016 (2016-11-16) paragraphs [0007], [0019]-[0020], [0026], fig. 1-5, 9	1-4, 7-11, 15, 17, 19-25 2-8, 11-14, 20
Y	JP 2012-4490 A (TOKYO ELECTRON LTD.) 05 January 2012 (2012-01-05) paragraph [0045]	2-8, 11-14
X Y	JP 59-500429 A (CAMTECH INC.) 15 March 1984 (1984-03-15) page 16, upper right column, line 17 to page 18, upper left column, line 2, fig. 16-17	16, 18 20
A	JP 9-174384 A (MITSUBISHI MATERIALS CORP.) 08 July 1997 (1997-07-08) fig. 1	1-2, 15-16
A	CN 104139322 A (HARBIN INST OF TECHNOLOGY) 12 November 2014 (2014-11-12) fig. 1	1-2
A	CN 110103076 A (BEIJING INSTITUTE TECH) 09 August 2019 (2019-08-09) fig. 1-4	1-2

☐ 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 application or patent 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	Date of mailing of the international search report
27 October 2020 (27.10.2020)	10 November 2020 (10.11.2020)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2020/032804

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
See extra sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.: 1-25

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.

☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.

☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2020/032804

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 106112694 A	16 Nov. 2016	(Family: none)	
JP 2012-4490 A	05 Jan. 2012	(Family: none)	
JP 59-500429 A	15 Mar. 1984	US 4444061 A column 20, line 51 to column 23, line 18, fig. 16-17 WO 1983/003471 A1	
JP 9-174384 A	08 Jul. 1997	(Family: none)	
CN 104139322 A	12 Nov. 2014	(Family: none)	
CN 110103076 A	09 Aug. 2019	(Family: none)	

<Continuation of Box No. III>

Document 1: CN 106112694 A (UNIV YANSHAN) 16 November 2016 (2016-11-16) paragraph [0019], fig. 2 (Family: none)

Claims are classified into the following five inventions.

(Invention 1) Claim 1, claims 5-6 and 9-10, claims 3-4, 7-8, 11-14, and 19 referring to claim 1, and claims 7-8, 11-12, and 19 referring to claim 2 and claim 5

Document 1 discloses a cutting tool provided with a shaft part (see fig. 2), wherein the shaft part includes an expanded diameter portion (a portion having an annular grove 1a) having a larger diameter than other portions of the shaft part, the expanded diameter portion has a recess (an annular groove 1a) formed on a circumferential surface of the expanded diameter portion, the recess is formed along a circumferential direction of the shaft part and has a rectangular shape (see fig. 2) in a cross-sectional view including the central axis of the shaft part, and in a plane having the central axis of the shaft part as the normal, the recess is a point symmetric shape (the annular groove 1a has an annular shape and thus can be considered to have a point symmetric shape) about an intersection point between the central axis and the plane. Accordingly, claim 1 and claims 3-4 referring to claim 1 lack novelty in light of document 1, and thus do not have a special technical feature. However, claim 5 dependent on claim 1 has the special technical feature of a "cutting tool, wherein, in a plane having a central axis of a shaft part as the normal, the shaft part has at least a pair of recesses provided at a position where point symmetry is formed about an intersection point between the central axis and the plane." Also, claim 6, claims 7-8, 11-12, and 19 referring to claim 1 and claim 5, claim 5 referring to claim 2, and claims 7-8, 11-12, and 19 referring to claim 2 and claim 5 have the same technical feature as claim 5 referring to claim 1.

Thus, claim 1, claims 3-6 referring to claim 1, claims 7-8, 11-12, and 19 referring to claim 1 and claim 5, claims 5-6 referring to claim 2, claims 7-8, 11-12, and 19 referring to claim 2 and claim 5 are classified as invention 1.

Also, claims 9-10, claims 13-14 referring to claim 1, and claims 7-8, 11-12, and 19 referring to claim 1 but not referring to claim 5 are dependent on claim 1. Thus, all these claims are inventively associated with claim 1, and are thus classified as invention 1.

(Invention 2) Claim 2, and parts which are not classified as invention 1 in claims 3-4, 7-8, 11-14, and 19

It cannot be said that claim 2 and parts which are not classified as invention 1 in claims 3-4, 7-8, 11-14, and 19 have a technical feature identical or corresponding to that of claim 5 classified as invention 1.

Also, claim 2 and parts which are not classified as invention 1 in claims 3-4, 7-8, 11-14, and 19 are not substantially identical or equivalent to any of the claims classified as invention 1.

Thus, claim 2 and parts which are not classified as invention 1 in claims 3-4, 7-8, 11-14, and 19 cannot be classified as invention 1.

Also, claim 2 and claims 3-4 referring to claim 2 lack novelty in light of document 1 (in particular, see fig. 2), and thus do not have a special technical feature. However, claim 7 dependent on claim 2 has the special technical feature of a "cutting tool, wherein a bottom surface of a recess has a roundish shape in a cross-section including a central axis of a shaft part." Also, parts which are not classified as invention 1 in claims 8, 11-12, and 19 referring to claim 7 have the same technical feature as claim 7 referring to claim 2.

Thus, claim 2, claims 3-4 and 7 referring to claim 2, and parts which are not classified as invention 1 in claims 8, 11-12, and 19 referring to claim 7 are classified as invention 2.

Also, parts which are not classified as invention 1 in claims 8, 11-12, and 19 not referring to claim 7 are dependent on claim 2. Thus, the parts are inventively associated with claim 2, and are thus classified as invention 2.

(Invention 3) Claims 15-18 and 20

It cannot be said that claims 15-18 and 20 have a technical feature identical or corresponding to that of claim 5 classified as invention 1 or claim 7 classified as invention 2.

Also, claims 15-18 and 20 are not substantially identical or equivalent to any of the claims classified as invention 1 or invention 2.

Thus, claims 15-18 and 20 cannot be classified as either invention 1 or invention 2.

Also, claims 15-18 and 20 have the special technical feature of a "module mountable to a shaft part of a cutting tool provided with the shaft part, the module having a cylindrical shape and being provided with a main body mountable to the shaft part, wherein the main body has a recess formed on an outer circumferential surface of the main body," and are thus classified as invention 3.

(Invention 4) Claims 21-25

It cannot be said that claims 21-25 have a technical feature identical or corresponding to the special technical feature of claim 5 classified as invention 1, the special technical feature of claim 7 classified as invention 2, and the special technical feature of invention 3 representing a "module mountable to a shaft part of a cutting tool provided with the shaft part, the module having a cylindrical shape and being provided with a main body mountable to the shaft part, wherein the main body has a recess formed on an outer circumferential surface of the main body".

Also, claims 21-25 are not substantially identical or equivalent to any of the claims classified as invention 1, invention 2, or invention 3.

Thus, claims 21-25 cannot be classified as any of invention 1, invention 2, or invention 3.

Also, claims 21-25 have the special technical feature of a "cutting tool, wherein a shaft part comprises: a first section which is a portion of the shaft part following a direction of a central axis; a second section which is adjacent to one side of the first section in the direction of the central axis; and a third section which is adjacent to the other side of the first section in the direction of the central axis, wherein the rigidity of the first section is lower than the rigidity of the second section and the rigidity of the third section," and are thus classified as invention 4.

(Invention 5) Claims 26-27

It cannot be said that claims 26-27 have a technical feature identical or corresponding to the special technical features of claim 5 classified as invention 1, the special technical feature of claim 7 classified as invention 2, the special technical feature of invention 3 representing a "module mountable to a shaft part of a cutting tool provided with the shaft part, the module having a cylindrical shape and being provided with a main body mountable to the shaft part, wherein the main body has a recess formed on an outer circumferential surface of the main body," and the special technical feature of invention 4 representing a "cutting tool, wherein a shaft part comprises: a first section which is a portion of the shaft part following a direction of a central axis; a second section which is adjacent to one side of the first section in the direction of the central axis; and a third section which is adjacent to the other side of the first section in the direction of the central axis, wherein the rigidity of the first section is lower than the rigidity of the second section and the rigidity of the third section."

Also, claims 26-27 are not substantially identical or equivalent to any of the claims classified as invention 1, invention 2, invention 3, or invention 4.

Thus, claims 26-27 cannot be classified as any of invention 1, invention 2, invention 3, or invention 4.

Also, claims 26-27 have the special technical feature of a "cutting tool provided with a shaft part, wherein the shaft part includes a cavity portion formed therein," and are thus classified as invention 5.

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP2020/032804

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

B23B 27/00(2006.01)i; B23C 9/00(2006.01)i; B23B 51/00(2006.01)i; B23Q 17/09(2006.01)i
FI: B23C9/00 Z; B23Q17/09 B; B23Q17/09 C; B23B27/00 D; B23B51/00 Z; B23Q17/09 H

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））

B23B27/00; B23C9/00; B23Q17/09; B23B51/00

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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０２０年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２０年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２０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	関連する請求項の番号
X Y	CN 106112694 A (UNIV YANSHAN) 16.11.2016 (2016－11－16) [0007],[0019]-[0020],[0026],図1-5,9	1-4,7-11,15,17,19-25 2-8,11-14,20
Y	JP 2012-4490 A (東京エレクトロン株式会社) 05.01.2012 (2012－01－05) [0045]	2-8,11-14
X Y	JP 59-500429 A (カムテツク・インコーポレイテツド) 15.03.1984 (1984－03－15) 第16頁右上欄第17行-第18頁左上欄第2行,第16-17図	16,18 20
A	JP 9-174384 A (三菱マテリアル株式会社) 08.07.1997 (1997－07－08) 図1	1-2,15-16
A	CN 104139322 A (HARBIN INST OF TECHNOLOGY) 12.11.2014 (2014－11－12) 図1	1-2
A	CN 110103076 A (BEIJING INSTITUTE TECH) 09.08.2019 (2019－08－09) 図1-4	1-2

☐ 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抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日
27.10.2020	10.11.2020

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
久保田　信也 3C 3628
電話番号 03-3581-1101 内線 3324

第Ⅲ欄　　発明の単一性が欠如しているときの意見（第１ページの３の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

文献１：CN 106112694 A (UNIV YANSHAN) 16.11.2016(2016-11-16) [0019],図2 （ファミリーなし）

請求の範囲は、以下の５つの発明に区分される。

（発明１）請求項１、請求項５－６，９－１０、請求項１を引用する請求項３－４，７－８，１１－１４，１９、請求項２及び請求項５を引用する請求項７－８，１１－１２，１９

文献１には、シャフト部（図２参照）を備え、前記シャフト部は、前記シャフト部のうちの他の部分よりも径が太い拡径部（環状溝１ａが設けられている部分）を含み、前記拡径部は、前記拡径部の周面に形成された凹部（環状溝１ａ）を有し、凹部は、前記シャフト部の周方向に沿って形成され、前記シャフト部の中心軸を含む断面視で矩形（図２参照）であり、凹部は、前記シャフト部の中心軸を法線とする平面において、前記中心軸と前記平面との交点に対して点対称をなす形状（環状溝１ａは、環状なので、点対称をなす形状であるといえる。）を有する、切削工具が記載されており、請求項１、請求項１を引用する請求項３－４は、文献１により新規性が欠如しているため、特別な技術的特徴を有しない。しかしながら、請求項１の従属請求項である請求項５は、「シャフト部は、前記シャフト部の中心軸を法線とする平面において、前記中心軸と前記平面との交点に対して点対称をなす位置に設けられた少なくとも１組の凹部を有する切削工具」という特別な技術的特徴を有しており、請求項６、請求項１及び請求項５を引用する請求項７－８，１１－１２，１９、請求項２を引用する請求項５、請求項２及び請求項５を引用する請求項７－８，１１－１２，１９も、請求項１を引用する請求項５と同一の技術的特徴を有している。

したがって、請求項１、請求項１を引用する請求項３－６、請求項１及び請求項５を引用する請求項７－８，１１－１２，１９、請求項２を引用する請求項５－６、請求項２及び請求項５を引用する請求項７－８，１１－１２，１９を発明１に区分する。

また、請求項９－１０、請求項１を引用する請求項１３－１４、請求項１を引用するが請求項５を引用しない７－８，１１－１２，１９は、請求項１の従属請求項であり、請求項１に対して発明の関連を有しているので、発明１に区分する。

（発明２）請求項２、請求項３－４，７－８，１１－１４，１９のうち発明１に区分されない部分

請求項２、請求項３－４，７－８，１１－１４，１９のうち発明１に区分されない部分は、発明１に区分された請求項５と、同一の又は対応する技術的特徴を有しているとはいえない。

また、請求項２、請求項３－４，７－８，１１－１４，１９のうち発明１に区分されない部分は、発明１に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項２、請求項３－４，７－８，１１－１４，１９のうち発明１に区分されない部分は発明１に区分できない。

そして、請求項２、請求項２を引用する請求項３－４は、文献１（特に、図２参照）により新規性が欠如しているため、特別な技術的特徴を有しない。しかしながら、請求項２の従属請求項である請求項７は、「シャフト部の中心軸を含む断面における凹部の底面の形状が丸みを帯びている切削工具」という特別な技術的特徴を有しており、請求項７を引用する請求項８，１１－１２，１９のうち発明１に区分されない部分も、請求項２を引用する請求項７と同一の技術的特徴を有している。

したがって、請求項２、請求項２を引用する請求項３－４，７、請求項７を引用する請求項８，１１－１２，１９のうち発明１に区分されない部分を発明２に区分する。

また、請求項７を引用しない請求項８，１１－１２，１９のうち発明１に区分されない部分は、請求項２の従属請求項であり、請求項２に対して発明の関連を有しているので、発明２に区分する。

（発明３）請求項１５－１８，２０

請求項１５－１８，２０は、発明１に区分された請求項５又は発明２に区分された請求項７と、同一の又は対応する技術的特徴を有しているとはいえない。

また、請求項１５－１８，２０は、発明１又は発明２に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項１５－１８，２０は発明１及び発明２のいずれにも区分できない。

そして、請求項１５－１８，２０は、「シャフト部を備える切削工具の前記シャフト部に取付可能なモジュールであって、円筒形状を有し、前記シャフト部に取付可能な本体を備え、前記本体は、前記本体の外周面に形成された凹部を有する」という特別な技術的特徴を有しているので、発明３に区分する。

（発明４）請求項２１－２５

第Ⅲ欄　発明の単一性が欠如しているときの意見（第１ページの３の続き）

請求項２１－２５は、発明１に区分された請求項５、発明２に区分された請求項７、発明３の「シャフト部を備える切削工具の前記シャフト部に取付可能なモジュールであって、円筒形状を有し、前記シャフト部に取付可能な本体を備え、前記本体は、前記本体の外周面に形成された凹部を有する」という特別な技術的特徴と、同一の又は対応する技術的特徴を有しているとはいえない。

また、請求項２１－２５は、発明１、発明２又は発明３に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項２１－２５は発明１、発明２及び発明３のいずれにも区分できない。

そして、請求項２１－２５は、「シャフト部は、中心軸方向に沿った一部である第１区間と、前記中心軸方向において前記第１区間の一方側に隣り合う第２区間と、前記中心軸方向において前記第１区間の他方側に隣り合う第３区間とを含み、前記第１区間の剛性は、第２区間の剛性および第３区間の剛性よりも低い切削工具」という特別な技術的特徴を有しているので、発明４に区分する。

（発明５）請求項２６－２７

請求項２６－２７は、発明１に区分された請求項５、発明２に区分された請求項７、発明３の「シャフト部を備える切削工具の前記シャフト部に取付可能なモジュールであって、円筒形状を有し、前記シャフト部に取付可能な本体を備え、前記本体は、前記本体の外周面に形成された凹部を有する」という特別な技術的特徴、発明４の「シャフト部は、中心軸方向に沿った一部である第１区間と、前記中心軸方向において前記第１区間の一方側に隣り合う第２区間と、前記中心軸方向において前記第１区間の他方側に隣り合う第３区間とを含み、前記第１区間の剛性は、第２区間の剛性および第３区間の剛性よりも低い切削工具」という特別な技術的特徴と、同一の又は対応する技術的特徴を有しているとはいえない。

また、請求項２６－２７は、発明１、発明２、発明３又は発明４に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項２６－２７は発明１、発明２、発明３及び発明４のいずれにも区分できない。

そして、請求項２６－２７は、「シャフト部を備え、前記シャフト部は、内部に形成された空洞部を含む切削工具」という特別な技術的特徴を有しているので、発明５に区分する。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。

2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。

3. ☑ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。　請求項1-25

4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。

☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。

☑ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2020/032804

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
CN 106112694 A	16.11.2016	(ファミリーなし)	
JP 2012-4490 A	05.01.2012	(ファミリーなし)	
JP 59-500429 A	15.03.1984	US 4444061 A 第20欄第51行-第23欄第18行,第16-17図 WO 1983/003471 A1	
JP 9-174384 A	08.07.1997	(ファミリーなし)	
CN 104139322 A	12.11.2014	(ファミリーなし)	
CN 110103076 A	09.08.2019	(ファミリーなし)	