

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7522379号
(P7522379)

(45)発行日 令和6年7月25日(2024.7.25)

(24)登録日 令和6年7月17日(2024.7.17)

(51)国際特許分類

F I

B 2 1 D 19/08 (2006.01)

B 2 1 D 19/08 D

B 2 1 D 22/26 (2006.01)

B 2 1 D 22/26 C

請求項の数 15 (全33頁)

(21)出願番号	特願2023-502146(P2023-502146)	(73)特許権者	000006655
(86)(22)出願日	令和4年1月12日(2022.1.12)		日本製鉄株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/000722		東京都千代田区丸の内二丁目6番1号
(87)国際公開番号	WO2022/181088	(74)代理人	100149548
(87)国際公開日	令和4年9月1日(2022.9.1)		弁理士 松沼 泰史
審査請求日	令和5年7月21日(2023.7.21)	(74)代理人	100140774
(31)優先権主張番号	特願2021-27954(P2021-27954)		弁理士 大浪 一徳
(32)優先日	令和3年2月24日(2021.2.24)	(74)代理人	100134359
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		弁理士 勝俣 智夫
		(74)代理人	100188592
			弁理士 山口 洋
		(74)代理人	100217249
			弁理士 堀田 耕一郎
		(74)代理人	100221279
			弁理士 山口 健吾

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 バーリング加工方法およびバーリング加工品

(57)【特許請求の範囲】
【請求項1】

第一ダイ穴と前記第一ダイ穴の軸線に対して垂直な第一支持面とを備える第一ダイと、第二ダイ穴と前記第二ダイ穴の軸線に対して垂直な第二支持面とを備える第二ダイと、前記第一支持面および前記第二支持面と対向する第三支持面を備え、前記第一ダイおよび前記第二ダイとの間で金属部品を挟持するホルダーと、軸部を備え、前記第一ダイ穴の前記軸線および前記第二ダイ穴の前記軸線に沿って移動可能に設けられたパンチと、を含み、前記第一支持面、前記第二支持面および前記第三支持面は互いに平行に配され、前記第二ダイ穴の直径が前記第一ダイ穴の直径よりも小さく、かつ前記第二支持面の外径が前記第一ダイ穴の直径よりも小さい、バーリング加工用金型を用いて、下孔が成形された前記金属部品であって、バーリング加工を実施する箇所において厚さが1.8～4.2mmの鋼部材である前記金属部品に、立ち上がり部と湾曲部を含むバーリング加工部を成形する方法であって、前記下孔を拡張させるとともに、前記金属部品の前記下孔周辺の第一範囲における前記金属部品の厚さ方向の第一方向へ向けて前記下孔の縁部を前記金属部品に対して相対移動させ、前記第一範囲を、全体が前記第一方向へ向けて前記金属部品から立ち上がる予成形部となるように成形する予成形工程と、前記第一方向と反対の第二方向へ向けて前記予成形部を変形させ、前記予成形部の外径側の第二範囲が前記第一方向において前記第一範囲と同じ高さとなりかつ、前記第二範囲

よりも前記予成形部の内径側の第三範囲の一部が前記立ち上がり部および前記湾曲部の一部となるように成形する本成形工程と、
を含み、

前記湾曲部の外径が前記予成形部の外径よりも小さく、かつ、

前記第一方向に平行かつ、前記下孔の中心を通る断面視で、前記湾曲部の最大の曲率半径が前記予成形部の最小の曲率半径よりも小さく、

前記第一ダイの前記第一支持面と前記ホルダーの前記第三支持面との間で前記金属部品を挟持し、前記パンチを前記第一方向へ向けて前記第一ダイに対して相対移動させて前記パンチを前記第一ダイ穴に挿通させることで、前記パンチと前記第一ダイとの間に前記予成形部を成形し、

10

前記第一支持面と前記第三支持面との間で前記金属部品を挟持した状態で、前記第二ダイを前記第二方向へ向けて前記ホルダーに対して相対移動させて前記パンチと前記第一ダイとの間に前記第二ダイの一部を挿通させることで、前記第二ダイと前記パンチおよび前記ホルダーとの間に前記バーリング加工部を成形し、

前記第一ダイ穴の半径と前記第二ダイ穴の半径の差を U 、前記パンチの前記軸部の直径を P 、前記金属部品の前記下孔の直径を A としたとき、下記の式1を満たし、

前記金属部品の前記下孔の縁部の高さを t 、前記第一方向における前記湾曲部の外面の高さを h としたとき、下記の式2を満たすことを特徴とするバーリング加工方法。

$$0.5 \times (P - A) / 2 < U < 20 \times (P - A) / 2 \dots \text{式1}$$

20

$$0.2 < h / t < 0.6 \dots \text{式2}$$

【請求項2】

第一ダイ穴と前記第一ダイ穴の軸線に対して垂直な第一支持面とを備える第一ダイと、

前記第一支持面と対向しかつ前記第一支持面と平行に配された第一ホルダー支持面を備え、前記第一ダイとの間で金属部品を挟持する第一ホルダーと、

第一軸部を備え、前記第一ダイ穴の前記軸線に沿って移動可能に設けられた第一パンチと、を含む一組の予成形金型と、

第二ダイ穴と前記第二ダイ穴の軸線に対して垂直な第二支持面とを備える第二ダイと、

前記第二支持面と対向しかつ前記第二支持面と平行に配された第二ホルダー支持面を備え、前記第二ダイとの間で前記金属部品を挟持する第二ホルダーと、

30

第二軸部を備え、前記第二ダイ穴の前記軸線に沿って移動可能に設けられた第二パンチと、を含む一組の本成形金型と、

を含むバーリング加工用金型を用いて、

下孔が成形された前記金属部品であって、バーリング加工を実施する箇所において厚さが1.8～4.2mmの鋼部材である前記金属部品に、立ち上がり部と湾曲部を含むバーリング加工部を成形する方法であって、

前記下孔を拡張させるとともに、前記金属部品の前記下孔周辺の第一範囲における前記金属部品の厚さ方向の第一方向へ向けて前記下孔の縁部を前記金属部品に対して相対移動させ、前記第一範囲を、全体が前記第一方向へ向けて前記金属部品から立ち上がる予成形部となるように成形する予成形工程と、

40

前記第一方向と反対の第二方向へ向けて前記予成形部を変形させ、前記予成形部の外径側の第二範囲が前記第一方向において前記第一範囲と同じ高さとなりかつ、前記第二範囲よりも前記予成形部の内径側の第三範囲の一部が前記立ち上がり部および前記湾曲部の一部となるように成形する本成形工程と、

を含み、

前記湾曲部の外径が前記予成形部の外径よりも小さく、かつ、

前記第一方向に平行かつ、前記下孔の中心を通る断面視で、前記湾曲部の最大の曲率半径が前記予成形部の最小の曲率半径よりも小さく、

前記第一ダイの前記第一支持面と前記第一ホルダーの前記第一ホルダー支持面との間で前記金属部品を挟持し、前記第一パンチを前記第一方向へ向けて前記第一ダイに対して相

50

対移動させて前記第一パンチを前記第一ダイ穴に挿通させることで、前記第一パンチと前記第一ダイとの間に前記予成形部を成形し、

前記予成形部が成形された前記金属部品を前記予成形金型から離間させ、

次いで、前記予成形部が成形された前記金属部品が前記第一方向側となるように、前記第二ホルダーの前記第二ホルダー支持面上に前記予成形部が成形された前記金属部品を載置し、

前記第一方向へ向けて前記第二パンチを拡張された前記下孔へ挿入し、前記第二ダイを前記第二方向へ向けて前記第二ホルダーに対して相対移動させ、前記第二ダイ穴に前記第二パンチを挿通させることで、前記第二ダイと前記第二パンチおよび前記第二ホルダーとの間に前記バーリング加工部を成形し、

前記第二ダイ穴の直径が前記第一ダイ穴の直径以下であり、

前記金属部品の前記下孔の縁部の高さを t 、前記第一方向における前記湾曲部の外面の高さを h としたとき、下記の式 2 を満たし、

前記第一ダイ穴の半径と前記第二ダイ穴の半径の差を U 、前記第二パンチの前記第二軸部の直径を P_s 、前記金属部品の前記下孔の直径を A としたとき、下記の式 5 を満たすことを特徴とするバーリング加工方法。

$$0.2 < h / t < 0.6 \quad \dots \text{式 2}$$

$$0.5 \times (P_s - A) / 2 < U < 2.0 \times (P_s - A) / 2 \quad \dots \text{式 5}$$

【請求項 3】

前記第一方向へ向けて前記第二パンチを拡張された前記下孔へ挿入し、次いで、前記第二ダイを前記第二方向へ向けて前記第二ホルダーに対して相対移動させることを特徴とする請求項 2 に記載のバーリング加工方法。

【請求項 4】

前記第二ダイを前記第二方向へ向けて前記第二ホルダーに対して相対移動させ、次いで、前記第一方向へ向けて前記第二パンチを拡張された前記下孔へ挿入することを特徴とする請求項 2 に記載のバーリング加工方法。

【請求項 5】

前記第一パンチの前記第一軸部の径が前記第二パンチの前記第二軸部の径よりも小さいことを特徴とする請求項 2 から 4 のいずれか 1 項に記載のバーリング加工方法。

【請求項 6】

前記予成形部と前記第二ダイとの初期接触位置が、前記第一方向に平行かつ、前記下孔の中心を通る断面視において、前記第二ダイ穴の第二ダイ肩の曲率を有する部位の表面長の前記第二ダイ穴の内壁側から 7 / 8 までの範囲にあることを特徴とする請求項 2 から 5 のいずれか 1 項に記載のバーリング加工方法。

【請求項 7】

前記金属部品の引張強度が 780 MPa 以上であることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載のバーリング加工方法。

【請求項 8】

前記金属部品の前記下孔の縁部の高さを t 、前記立ち上がり部の開口側端部の厚さを t_b としたとき、下記の式 4 を満たすことを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載のバーリング加工方法。

$$t_b / t < 0.9 \quad \dots \text{式 4}$$

【請求項 9】

前記予成形工程の前に、前記金属部品に前記下孔を成形する下孔成形工程をさらに含むことを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載のバーリング加工方法。

【請求項 10】

立ち上がり部と湾曲部とを含むバーリング加工部と前記湾曲部を囲む周辺領域とを有するバーリング加工品であって、

前記バーリング加工部の軸線を含みかつ前記軸線に平行な断面において、前記湾曲部の外面の曲率半径を R としたとき、

10

20

30

40

50

前記湾曲部と前記周辺領域が接続される前記湾曲部の R 止まりから前記周辺領域側へ前記軸線に対して垂直な方向に R だけ離れ、前記立ち上がり部が成形された側の面から前記軸線に平行な方向に 0.2 mm だけ離れた位置 a における前記バーリング加工品の硬度を Hv_a とし、

前記湾曲部の R 止まりから前記周辺領域側へ前記軸線に対して垂直な方向に R の 3 倍だけ離れ、前記立ち上がり部が成形された側の面から前記軸線に平行な方向に前記周辺領域における前記バーリング加工品の厚さの $1/4$ だけ離れた位置 b における前記バーリング加工品の硬度を Hv_b としたとき、

下記の式 7 を満たし、かつ

前記周辺領域に圧痕を有し、前記立ち上がり部の高さを U_s としたとき、前記圧痕が前記湾曲部の R 止まりから $0.5 \times U_s$ 以上かつ、 $20 \times U_s$ 以下の範囲に位置し、前記周辺領域における前記バーリング加工品の厚さを t_s としたとき、前記軸線に平行な方向における前記圧痕の最大の高さ又は深さが、 $t_s/20$ 超かつ $t_s/3$ 未満であることを特徴とするバーリング加工品。

$$Hv_a / Hv_b > 1.03 \quad \dots \text{式 7}$$

【請求項 11】

前記 Hv_a が、前記位置 a を中心としかつ、一辺の長さが前記バーリング加工品の厚さの $1/6$ である正方形で規定される、前記断面上の範囲において測定した硬度の平均硬度でありかつ、

前記 Hv_b が、前記位置 b を中心としかつ、一辺の長さが前記バーリング加工品の厚さの $1/6$ である正方形で規定される、前記断面上の範囲において測定した硬度の平均硬度である

ことを特徴とする請求項 10 に記載のバーリング加工品。

【請求項 12】

前記周辺領域における前記バーリング加工品の厚さを t_s 、前記軸線に平行な方向における前記湾曲部の外面の高さを h としたとき、下記の式 8 を満たすことを特徴とする請求項 10 又は 11 に記載のバーリング加工品。

$$0.2 < h / t_s < 0.6 \quad \dots \text{式 8}$$

【請求項 13】

前記周辺領域における前記バーリング加工品の厚さを t_s 、前記立ち上がり部の開口側端部の厚さを t_b としたとき、下記の式 9 を満たす

ことを特徴とする請求項 10 から 12 のいずれか 1 項に記載のバーリング加工品。

$$t_b / t_s < 0.9 \quad \dots \text{式 9}$$

【請求項 14】

前記湾曲部の前記断面において、表面からの深さが $20 \mu m$ 以上であるき裂がないことを特徴とする請求項 10 から 13 のいずれか 1 項に記載のバーリング加工品。

【請求項 15】

車両に用いられる、ロアアーム、トレーリングアームおよびアッパーアームのいずれかである

ことを特徴とする請求項 10 から 14 のいずれか 1 項に記載のバーリング加工品。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、バーリング加工方法およびバーリング加工品に関する。

本願は、2021年2月24日に、日本に出願された特願2021-027954号、に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

【背景技術】

【0002】

被加工材である金属部品や金属板に設けられた下孔に、バーリング加工を施して略円筒状のバーリング加工部を成形する技術がある。このバーリング加工では、下孔の周縁部を

10

20

30

40

50

押し出してその一部を円筒状に成形し、バーリング加工部を成形する。バーリング加工部は、円筒状のフランジ（立ち上がり部）が湾曲部を介して、その周縁部の金属部品や金属板の一部に接続される。このバーリング加工部には、疲労特性や寸法精度が要求される。例えば、特許文献1には、バーリング加工部の端部にコイニング加工によって圧縮応力を付与することで、引張り残留応力を緩和し、バーリング加工部の根元を構成する曲部の曲げの内側面に局所的に圧縮応力が集中することで内側面に生じるしわや亀裂を抑制する技術が開示されている。また、バーリング加工の技術として、特許文献2に記載されているような、段階的な成形を行う方法も提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】日本国特開2018-051609号公報

【文献】日本国特許第5636846号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、バーリング加工部は、車両の足回り部品にも採用される。特にロアアームやトレーリングアームと言った車両の足回り部品には、疲労特性が要求されるが、バーリング加工の工法によっては、バーリング加工部の湾曲部の内側に引張り残留応力が発生しやすい。バーリング加工部の湾曲部の内側に引張り残留応力が発生した状態の部品に疲労負荷がかかると、バーリング加工部に变形が生じたりする場合がある。また、バーリング加工の工法によっては、この湾曲部の内側に数十 μm 程度の微小なき裂（曲げ内き裂）が発生することが一般に知られており、湾曲部の曲率半径を拡大する等といった形状変更が必要となる場合がある。

【0005】

本発明は、上記の問題に鑑みてなされたものであり、バーリング加工部の湾曲部におけるき裂の発生を抑制できる、バーリング加工方法、バーリング加工用金型、バーリング加工装置およびバーリング加工品を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

（1）本発明の一態様に係るバーリング加工方法は、

第一ダイ穴と前記第一ダイ穴の軸線に対して垂直な第一支持面とを備える第一ダイと、第二ダイ穴と前記第二ダイ穴の軸線に対して垂直な第二支持面とを備える第二ダイと、

前記第一支持面および前記第二支持面と対向する第三支持面を備え、前記第一ダイおよび前記第二ダイとの間で金属部品を挟持するホルダーと、

軸部を備え、前記第一ダイ穴の前記軸線および前記第二ダイ穴の前記軸線に沿って移動可能に設けられたパンチと、を含み、

前記第一支持面、前記第二支持面および前記第三支持面は互いに平行に配され、

前記第二ダイ穴の直径が前記第一ダイ穴の直径よりも小さく、かつ前記第二支持面の外径が前記第一ダイ穴の直径よりも小さい、バーリング加工用金型を用いて、

下孔が成形された前記金属部品であって、バーリング加工を実施する箇所において厚さが1.8～4.2mmの鋼部材である前記金属部品に、立ち上がり部と湾曲部を含むバーリング加工部を成形する方法であって、

前記下孔を拡張させるとともに、前記金属部品の前記下孔周辺の第一範囲における前記金属部品の厚さ方向の第一方向へ向けて前記下孔の縁部を前記金属部品に対して相対移動させ、前記第一範囲を、全体が前記第一方向へ向けて前記金属部品から立ち上がる予成形部となるように成形する予成形工程と、

前記第一方向と反対の第二方向へ向けて前記予成形部を变形させ、前記予成形部の外径側の第二範囲が前記第一方向において前記第一範囲と同じ高さとなりかつ、前記第二範囲よりも前記予成形部の内径側の第三範囲の一部が前記立ち上がり部および前記湾曲部の一

10

20

30

40

50

部となるように成形する本成形工程と、
を含み、

前記湾曲部の外径が前記予成形部の外径よりも小さく、かつ、

前記第一方向に平行かつ、前記下孔の中心を通る断面視で、前記湾曲部の最大の曲率半径が前記予成形部の最小の曲率半径よりも小さく、

前記第一ダイの前記第一支持面と前記ホルダーの前記第三支持面との間で前記金属部品を挟持し、前記パンチを前記第一方向へ向けて前記第一ダイに対して相対移動させて前記パンチを前記第一ダイ穴に挿通させることで、前記パンチと前記第一ダイとの間に前記予成形部を成形し、

前記第一支持面と前記第三支持面との間で前記金属部品を挟持した状態で、前記第二ダイを前記第二方向へ向けて前記ホルダーに対して相対移動させて前記パンチと前記第一ダイとの間に前記第二ダイの一部を挿通させることで、前記第二ダイと前記パンチおよび前記ホルダーとの間に前記バーリング加工部を成形し、

前記第一ダイ穴の半径と前記第二ダイ穴の半径の差を U 、前記パンチの前記軸部の直径を P 、前記金属部品の前記下孔の直径を A としたとき、下記の式1を満たし、

前記金属部品の前記下孔の縁部の高さを t 、前記第一方向における前記湾曲部の外面の高さを h としたとき、下記の式2を満たすことを特徴とする。

$$0.5 \times (P - A) / 2 < U < 2.0 \times (P - A) / 2 \quad \dots \text{式1}$$

$$0.2 < h / t < 0.6 \quad \dots \text{式2}$$

(2) 本発明の一態様に係るバーリング加工方法は、

第一ダイ穴と前記第一ダイ穴の軸線に対して垂直な第一支持面とを備える第一ダイと、
前記第一支持面と対向しかつ前記第一支持面と平行に配された第一ホルダー支持面を備え、前記第一ダイとの間で金属部品を挟持する第一ホルダーと、

第一軸部を備え、前記第一ダイ穴の前記軸線に沿って移動可能に設けられた第一パンチと、を含む一組の予成形金型と、

第二ダイ穴と前記第二ダイ穴の軸線に対して垂直な第二支持面とを備える第二ダイと、
前記第二支持面と対向しかつ前記第二支持面と平行に配された第二ホルダー支持面を備え、前記第二ダイとの間で前記金属部品を挟持する第二ホルダーと、

第二軸部を備え、前記第二ダイ穴の前記軸線に沿って移動可能に設けられた第二パンチと、を含む一組の本成形金型と、

を含むバーリング加工用金型を用いて、

下孔が成形された前記金属部品であって、バーリング加工を実施する箇所において厚さが1.8～4.2mmの鋼部材である前記金属部品に、立ち上がり部と湾曲部を含むバーリング加工部を成形する方法であって、

前記下孔を拡張させるとともに、前記金属部品の前記下孔周辺の第一範囲における前記金属部品の厚さ方向の第一方向へ向けて前記下孔の縁部を前記金属部品に対して相対移動させ、前記第一範囲を、全体が前記第一方向へ向けて前記金属部品から立ち上がる予成形部となるように成形する予成形工程と、

前記第一方向と反対の第二方向へ向けて前記予成形部を変形させ、前記予成形部の外径側の第二範囲が前記第一方向において前記第一範囲と同じ高さとなりかつ、前記第二範囲よりも前記予成形部の内径側の第三範囲の一部が前記立ち上がり部および前記湾曲部の一部となるように成形する本成形工程と、

を含み、

前記湾曲部の外径が前記予成形部の外径よりも小さく、かつ、

前記第一方向に平行かつ、前記下孔の中心を通る断面視で、前記湾曲部の最大の曲率半径が前記予成形部の最小の曲率半径よりも小さく、

前記第一ダイの前記第一支持面と前記第一ホルダーの前記第一ホルダー支持面との間で前記金属部品を挟持し、前記第一パンチを前記第一方向へ向けて前記第一ダイに対して相対移動させて前記第一パンチを前記第一ダイ穴に挿通させることで、前記第一パンチと前記第一ダイとの間に前記予成形部を成形し、

10

20

30

40

50

前記予成形部が成形された前記金属部品を前記予成形金型から離間させ、

次いで、前記予成形部が成形された前記金属部品が前記第一方向側となるように、前記第二ホルダーの前記第二ホルダー支持面上に前記予成形部が成形された前記金属部品を載置し、

前記第一方向へ向けて前記第二パンチを拡径された前記下孔へ挿入し、前記第二ダイを前記第二方向へ向けて前記第二ホルダーに対して相対移動させ、前記第二ダイ穴に前記第二パンチを挿通させることで、前記第二ダイと前記第二パンチおよび前記第二ホルダーとの間に前記バーリング加工部を成形し、

前記第二ダイ穴の直径が前記第一ダイ穴の直径以下であり、

前記金属部品の前記下孔の縁部の高さを t 、前記第一方向における前記湾曲部の外面の高さを h としたとき、下記の式 2 を満たし、

前記第一ダイ穴の半径と前記第二ダイ穴の半径の差を U 、前記第二パンチの前記第二軸部の直径を P_s 、前記金属部品の前記下孔の直径を A としたとき、下記の式 5 を満たすことを特徴とする。

$$0.2 < h / t < 0.6 \quad \dots \text{式 2}$$

$$0.5 \times (P_s - A) / 2 < U < 2.0 \times (P_s - A) / 2 \quad \dots \text{式 5}$$

(3) 上記 (2) に記載のバーリング加工方法では、

前記第一方向へ向けて前記第二パンチを拡径された前記下孔へ挿入し、次いで、前記第二ダイを前記第二方向へ向けて前記第二ホルダーに対して相対移動させてもよい。

(4) 上記 (2) に記載のバーリング加工方法では、

前記第二ダイを前記第二方向へ向けて前記第二ホルダーに対して相対移動させ、次いで、前記第一方向へ向けて前記第二パンチを拡径された前記下孔へ挿入してもよい。

(5) 上記 (2) から (4) のいずれか 1 項に記載のバーリング加工方法では、

前記第一パンチの前記第一軸部の径が前記第二パンチの前記第二軸部の径よりも小さくてもよい。

(6) 上記 (2) から (5) のいずれか 1 項に記載のバーリング加工方法では、

前記予成形部と前記第二ダイとの初期接触位置が、前記第一方向に平行かつ、前記下孔の中心を通る断面視において、前記第二ダイ穴の第二ダイ肩の曲率を有する部位の表面長の前記第二ダイ穴の内壁側から $7/8$ までの範囲にあってもよい。

(7) 上記 (1) から (6) のいずれか 1 項に記載のバーリング加工方法では、

前記金属部品の引張強度が 780 MPa 以上であってもよい。

(8) 上記 (1) から (7) のいずれか 1 項に記載のバーリング加工方法では、

前記金属部品の前記下孔の縁部の高さを t 、前記立ち上がり部の開口側端部の厚さを t_b としたとき、下記の式 4 を満たしてもよい。

$$t_b / t < 0.9 \quad \dots \text{式 4}$$

(9) 上記 (1) から (8) のいずれか 1 項に記載のバーリング加工方法では、

前記予成形工程の前に、前記金属部品に前記下孔を成形する下孔成形工程をさらに含んでもよい。

【0009】

(10) 本発明の一態様に係るバーリング加工品は、

立ち上がり部と湾曲部とを含むバーリング加工部と前記湾曲部を囲む周辺領域とを有するバーリング加工品であって、

前記バーリング加工部の軸線を含みかつ前記軸線に平行な断面において、前記湾曲部の外面の曲率半径を R としたとき、

前記湾曲部と前記周辺領域が接続される前記湾曲部の R 止まりから前記周辺領域側へ前記軸線に対して垂直な方向に R だけ離れ、前記立ち上がり部が成形された側の面から前記軸線に平行な方向に 0.2 mm だけ離れた位置 a における前記バーリング加工品の硬度を $H_v a$ とし、

前記湾曲部の R 止まりから前記周辺領域側へ前記軸線に対して垂直な方向に R の 3 倍だけ離れ、前記立ち上がり部が成形された側の面から前記軸線に平行な方向に前記周辺領

10

20

30

40

50

域における前記バーリング加工品の厚さの $1/4$ だけ離れた位置 b における前記バーリング加工品の硬度を Hv_b としたとき、

下記の式 7 を満たし、かつ

前記周辺領域に圧痕を有し、前記立ち上がり部の高さを U_s としたとき、前記圧痕が前記湾曲部の R 止まりから $0.5 \times U_s$ 以上かつ、 $20 \times U_s$ 以下の範囲に位置し、前記周辺領域における前記バーリング加工品の厚さを t_s としたとき、前記軸線に平行な方向における前記圧痕の最大の高さ又は深さが、 $t_s/20$ 超かつ $t_s/3$ 未満であることを特徴とする。

$$Hv_a / Hv_b > 1.03 \quad \dots \text{式 7}$$

(11) 上記 (10) に記載のバーリング加工品は、

前記 Hv_a が、前記位置 a を中心としかつ、一辺の長さが前記バーリング加工品の厚さの $1/6$ である正方形で規定される、前記断面上の範囲において測定した硬度の平均硬度でありかつ、

前記 Hv_b が、前記位置 b を中心としかつ、一辺の長さが前記バーリング加工品の厚さの $1/6$ である正方形で規定される、前記断面上の範囲において測定した硬度の平均硬度であってもよい。

(12) 上記 (10) 又は (11) に記載のバーリング加工品は、

前記周辺領域における前記バーリング加工品の厚さを t_s 、前記軸線に平行な方向における前記湾曲部の外面の高さを h としたとき、下記の式 8 を満たしてもよい。

$$0.2 < h / t_s < 0.6 \quad \dots \text{式 8}$$

(13) 上記 (10) から (12) のいずれか 1 項に記載のバーリング加工品は、

前記周辺領域における前記バーリング加工品の厚さを t_s 、前記立ち上がり部の開口側端部の厚さを t_b としたとき、下記の式 9 を満たしてもよい。

$$t_b / t_s < 0.9 \quad \dots \text{式 9}$$

(14) 上記 (10) から (13) のいずれか 1 項に記載のバーリング加工品は、

前記湾曲部の前記断面において、表面からの深さが $20 \mu m$ 以上であるき裂がなくともよい。

(15) 上記 (10) から (14) のいずれか 1 項に記載のバーリング加工品は、

車両に用いられる、ロアアーム、トレーリングアームおよびアップアームのいずれかであってもよい。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、バーリング加工部におけるき裂の発生を抑制できる、バーリング加工方法、バーリング加工用金型、バーリング加工装置およびバーリング加工品を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図 1】バーリング加工部の湾曲部における圧縮歪みと曲げ内き裂の状態を示すための概略的な断面図である。

【図 2】バーリング加工の成形過程において被加工材（金属部品）が盛り上がる状態を説明するための概略的な断面図である。

【図 3】図 3 の (A) ～ (C) は、従来のバーリング加工の成形過程を説明するための概略的な平面図である。

【図 4】図 4 の (A) ～ (C) は、それぞれ図 3 の (A) ～ (C) におけるバーリング加工の成形過程を説明するための概略的な断面図である。

【図 5】第 1 実施形態に係るバーリング加工用金型を説明するための概略的な断面図である。

【図 6】バーリング加工用金型で金属部品を挟持した状態を説明するための概略的な断面図である。

【図 7】予成形後のバーリング加工用金型と予成形部が成形された金属部品とを説明するための概略的な断面図である。

10

20

30

40

50

【図 8】本成形後のバーリング加工用金型とバーリング加工品とを説明するための概略的な断面図である。

【図 9】図 9 の (A) ~ (C) は、第一実施形態に係るバーリング加工方法の成形過程を説明するための概略的な平面図である。

【図 10】図 10 の (A) ~ (C) は、それぞれ図 9 の (A) ~ (C) の状態におけるバーリング加工の成形過程を説明するための概略的な断面図である。

【図 11】第 2 実施形態に係るバーリング加工用金型の予成形金型を説明するための概略的な断面図である。

【図 12】第 2 実施形態に係るバーリング加工用金型の本成形金型を説明するための概略的な断面図である。

10

【図 13】第 2 実施形態に係る予成形後の予成形金型と予成形部が成形された金属部品とを説明するための概略的な断面図である。

【図 14】第 2 実施形態に係る本成形金型に予成形部が成形された金属部品を載置した状態を説明するための概略的な断面図である。

【図 15】第 2 実施形態に係る本成形金型において、図 14 の状態から、拡張された下孔に第二パンチを挿入した状態を説明するための概略的な断面図である。

【図 16】第 2 実施形態に係る本成形金型において、図 15 の状態から、第二ダイを第二ホルダーに対して相対移動させてバーリング加工部を成形した状態を説明するための概略的な断面図である。

【図 17】第 2 実施形態に係る本成形金型において、図 14 の状態から、第二ダイを第二ホルダーに対して相対移動させて予成形部を変形させた状態を説明するための概略的な断面図である。

20

【図 18】第三実施形態に係るバーリング加工品を説明するための概略的な断面図である。

【図 19】第三実施形態に係るバーリング加工品が有する圧痕を説明するための概略的な断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明者らは、バーリング加工の成形過程で、湾曲部の内側の表面に発生する圧縮ひずみによって凹凸が発生することで、上述のような曲げ内き裂が生じることを見出した。図 1 は、バーリング加工部の湾曲部における圧縮歪みと曲げ内き裂の状態を示すための概略的な断面図である。図 1 では、バーリング加工品 10 を、バーリング加工部 11 の軸線 c b を通り且つ軸線 c b に平行な平面で断面視した状態を示し、軸線 c b を中心としたバーリング加工部 11 の片側の端面のみを示している。図 1 に示すように、バーリング加工品 10 のバーリング加工部 11 は湾曲部 12 と立ち上がり部 13 とを有する。この湾曲部 12 の外面 12 a には、成形過程で、図中の矢印の方向に圧縮歪みが発生し、この圧縮歪みに起因する凹凸を起点として曲げ内き裂 C R が生じる。

30

【0013】

本発明者らは、バーリング加工部の湾曲部の曲率半径が被加工材の板厚に対して極めて小さく且つ、被加工材が高強度材料である場合には、曲げ内き裂が発生する場合があります、この曲げ内き裂は、成形過程で湾曲部の内側の表面に材料が盛り上がる箇所に起因して発生することを見出した。

40

【0014】

図 2 に、バーリング加工の成形過程における被加工材が盛り上がる状態を説明するための概略的な断面図を示す。図 2 は、バーリング加工の成形過程において、ダイ 20 とホルダー 30 によって被加工材 M を挟持して、パンチ 40 によって被加工材 M を変形させて湾曲部 12 が成形されている状態を示す図である。図 2 に例示するように、バーリング加工部の湾曲部の曲率半径に対応するダイ肩 21 の曲率半径が小さい場合、特に成形過程の初期段階において、ダイ肩 21 と接触する湾曲部 12 の外面 12 a に盛り上がり部 B P が発生する。このような盛り上がり部 B P には圧縮ひずみが生じるため、上記のような曲げ内き裂の発生要因となり得る。そこで本発明者らは、圧縮歪みの要因となる、このような材

50

料の盛り上がりを抑制するための手法を検討するに至った。

【0015】

以下、本発明の実施形態について例を挙げて説明するが、本発明は以下で説明する例に限定されないことは自明である。以下の説明では、具体的な数値や材料を例示する場合があるが、本発明の効果が得られる限り、他の数値や材料を適用してもよい。また、以下の実施形態の各構成要素は、互いに組み合わせることができる。

【0016】

[第1実施形態]

本実施形態に係るバーリング加工方法は、第一ダイ穴と前記第一ダイ穴の軸線に対して垂直な第一支持面とを備える第一ダイと、第二ダイ穴と第二ダイ穴の軸線に対して垂直な第二支持面とを備える第二ダイと、第一支持面および第二支持面と対向する第三支持面を備え、第一ダイおよび第二ダイとの間で金属部品を挟持するホルダーと、軸部を備え、第一ダイ穴の軸線および第二ダイ穴の軸線に沿って移動可能に設けられたパンチと、を含み、第一支持面、第二支持面および第三支持面は互いに平行に配され、第二ダイ穴の直径が第一ダイ穴の直径よりも小さく、かつ第二支持面の外径が第一ダイ穴の直径よりも小さい、バーリング加工用金型を用いて、下孔が成形された金属部品に、立ち上がり部と湾曲部を含むバーリング加工部を成形する方法であって、下孔を拡張させるとともに、金属部品の下孔周辺の第一範囲における金属部品の厚さ方向の第一方向へ向けて下孔の縁部を金属部品に対して相対移動させ、第一範囲を、全体が第一方向へ向けて金属部品から立ち上がる予成形部となるように成形する予成形工程と、第一方向と反対の第二方向へ向けて予成形部を変形させ、予成形部の外径側の第二範囲が第一方向において第一範囲と同じ高さとなりかつ、第二範囲よりも予成形部の内径側の第三範囲の一部が立ち上がり部および湾曲部の一部となるように成形する本成形工程と、を含む。

上記のバーリング加工方法では、湾曲部の外径が予成形部の外径よりも小さく、かつ、第一方向に平行かつ、下孔の中心を通る断面視で、湾曲部の最大の曲率半径が予成形部の最小の曲率半径よりも小さく、第一ダイの第一支持面とホルダーの第三支持面との間で金属部品を挟持し、パンチを第一方向へ向けて第一ダイに対して相対移動させてパンチを第一ダイ穴に挿通させることで、パンチと第一ダイとの間に予成形部を成形し、第一支持面と第三支持面との間で金属部品を挟持した状態で、第二ダイを第二方向へ向けてホルダーに対して相対移動させてパンチと第一ダイとの間に第二ダイの一部を挿通させることで、第二ダイとパンチおよびホルダーとの間にバーリング加工部を成形し、第一ダイ穴の半径と第二ダイ穴の半径の差をU、パンチの軸部の直径をP、金属部品の下孔の直径をAとしたとき、下記の式1を満たし、金属部品の下孔の縁部の高さをt、第一方向における湾曲部の外面の高さをhとしたとき、下記の式2を満たすことを特徴とする。

$$0.5 \times (P - A) / 2 < U < 2.0 \times (P - A) / 2 \quad \dots \text{式1}$$

$$0.2 < h / t < 0.6 \quad \dots \text{式2}$$

【0017】

上記の構成からなるバーリング加工方法では、下孔周辺に一方向へ向けて予成形部を成形する予成形工程と、予成形部を一方向とは反対側へ変形させてバーリング加工部の立ち上がり部と湾曲部とを成形する本成形工程とを含み、湾曲部の外径が予成形部の外径よりも小さくかつ、第一方向に平行かつ下孔の中心を通る断面視で、湾曲部の最大の曲率半径が予成形部の最小の曲率半径よりも小さいことにより、バーリング加工部の湾曲部におけるき裂の発生を抑制できる。

【0018】

ここで、図3の(A)～(C)は、従来のバーリング加工の成形過程を説明するための概略的な平面図であり、金属部品1の表面と交差する方向から平面視した図である。図3の(A)は、下孔2を有する金属部品1を示している。図3の(B)は、下孔2の周縁部を変形させて下孔2が拡張した状態を示している。図3の(C)は、バーリング加工が完了したバーリング加工品100を示している。図4の(A)～(C)は、それぞれ図3の(A)～(C)におけるバーリング加工の成形過程を説明するための概略的な断面図であ

り、下孔 2 の中心を通り且つ金属部品 1 の表面と直交する軸 c a 又は成形されるバーリング加工部 1 1 0 の軸線 c b を通り且つこれらの軸に平行な断面を示している。なお、一般的には、下孔 2 の中心を通り且つ金属部品 1 の表面と直交する軸 c a とバーリング加工部 1 1 0 の軸線 c b とは一致させる。

【0019】

従来のバーリング加工方法では、図 3 および図 4 に示すように、金属部品 1 に設けられた下孔 2 を拡張させるとともに金属部品 1 の一部を曲げて立ち上がり部 1 2 0 と湾曲部 1 3 0 とを含むバーリング加工部 1 1 0 を成形する。しかしながら、バーリング加工の工法によっては、湾曲部 1 3 0 の内側に微小なき裂（曲げ内き裂）が発生することがあり、湾曲部 1 3 0 の曲率半径を拡大する等といった形状変更が必要となる場合がある。本実施形態に係るバーリング加工方法では、このようなバーリング加工部の湾曲部におけるき裂の発生を抑制できる。

【0020】

以下に、本実施形態に係るバーリング加工方法について説明する。本実施形態では、図 5 に示すようなバーリング加工用金型 1 0 0 0 を用いたバーリング加工方法を説明する。

【0021】

本実施形態で用いるバーリング加工用金型は、図 5 に示すように、第一ダイ穴 1 1 1 0 と第一ダイ穴 1 1 1 0 の軸線 c d 1 に対して垂直な第一支持面 1 1 2 0 とを備える第一ダイ 1 1 0 0 と、第二ダイ穴 1 2 1 0 と第二ダイ穴 1 2 1 0 の軸線 c d 2 に対して垂直な第二支持面 1 2 2 0 とを備える第二ダイ 1 2 0 0 と、第一支持面 1 1 2 0 および第二支持面 1 2 2 0 と対向する第三支持面 1 3 2 0 を備え、第一ダイ 1 1 0 0 および第二ダイ 1 2 0 0 との間で金属部品 1 を挟持するホルダー 1 3 0 0 と、軸部 1 4 1 0 を備え、第一ダイ穴 1 1 1 0 の軸線 c d 1 および第二ダイ穴 1 2 1 0 の軸線 c d 2 に沿って移動可能に設けられたパンチ 1 4 0 0 と、を含む。

【0022】

第一ダイ 1 1 0 0 の第一ダイ穴 1 1 1 0 の内壁面 1 1 1 1 と第一支持面 1 1 2 0 とは、第一ダイ肩面 1 1 3 0 で接続されている。第二ダイ 1 2 0 0 の第二ダイ穴 1 2 1 0 の内壁面 1 2 1 1 と第二支持面 1 2 2 0 とは、第二ダイ肩面 1 2 3 0 で接続されている。また、第二支持面 1 2 2 0 はダイ穴側面 1 2 4 0 と接続されている。ダイ穴側面 1 2 4 0 は、第二ダイ穴 1 2 1 0 の内壁面 1 2 1 1 の外周側に位置する。第二支持面 1 2 2 0 の外径 r o 2 は、第一ダイ穴 1 1 1 0 の軸線 c d 1 に沿った平面視におけるダイ穴側面 1 2 4 0 の直径とする。ここで、ダイ穴側面 1 2 4 0 の直径とは、第二ダイ穴 1 2 1 0 の軸線 c d 2 に沿った平面視におけるダイ穴側面 1 2 4 0 の形状が円形状の場合にはその直径である。第二ダイ穴 1 2 1 0 の軸線 c d 2 に沿った平面視におけるダイ穴側面 1 2 4 0 の形状が円形状でない場合には、第二ダイ穴 1 2 1 0 の軸線 c d 2 とダイ穴側面 1 2 4 0 との距離のうちで最も大きいものを 2 倍したものをダイ穴側面 1 2 4 0 の直径とする。第二支持面 1 2 2 0 とダイ穴側面 1 2 4 0 とは稜線部（図示せず）を介して接続されていてもよいが、この稜線部の幅は小さくともよい。図 5 等の例では、第一ダイ穴 1 1 1 0 の軸線 c d 1 と Z 軸とは平行である。図 5 等の Z 軸、X 軸および Y 軸は互いに直交する。

【0023】

略円筒状のパンチ 1 4 0 0 は、軸部 1 4 1 0 を含み、軸部 1 4 1 0 の軸部側面 1 4 1 1 は頂面 1 4 2 0 とパンチ肩面 1 4 3 0 を介して接続されている。

【0024】

バーリング加工用金型 1 0 0 0 において、第一支持面 1 1 2 0、第二支持面 1 2 2 0 および第三支持面 1 3 2 0 は互いに平行に配される。また、パンチ 1 4 0 0 の頂面 1 4 2 0 も、第一支持面 1 1 2 0、第二支持面 1 2 2 0 および第三支持面 1 3 2 0 と平行に配されてもよい。

【0025】

第一ダイ穴 1 1 1 0 の軸線 c d 1 と第二ダイ穴 1 2 1 0 の軸線 c d 2 とは一致している。また、ホルダー 1 3 0 0 のホルダー穴 1 3 1 0 の軸線（図示せず）は第一ダイ穴 1 1 1

10

20

30

40

50

0の軸線cd1と一致している。ここで、穴の軸線とは、穴の縁部が描く円形状の中心を通りかつ、穴の深さ方向に平行な線である。また、パンチ1400の軸線（図示せず）は第一ダイ穴1110の軸線cd1と一致している。ここで、パンチ1400の軸線とは、パンチの略円柱形状部の軸線である。

【0026】

バーリング加工用金型1000において、第二ダイ穴1210の直径rd2が第一ダイ穴1110の直径rd1よりも小さく、かつ第二支持面1220の外径ro2が第一ダイ穴の直径rd1よりも小さい。

【0027】

第一ダイ穴1110の軸線cd1に沿った平面視では、第一ダイ穴1110の内壁面1111、第二ダイ穴1210の内壁面1211およびパンチ1400の軸部側面1411は、それぞれが円形状であってもよい。第一ダイ穴1110の軸線cd1に沿った平面視では、第二ダイ1200のダイ穴側面1240とホルダー1300のホルダー穴1310の内壁面は、円形状であってもよく、その他の形状であってもよい。第一ダイ穴1110の軸線cd1に沿った平面視では、第二ダイ穴1210の内壁面1211の直径（第二ダイ穴1210の直径）rd2は、パンチ1400の軸部側面1411の直径よりも大きく、第一ダイ穴1110の内壁面1111の直径（第一ダイ穴1110の直径）rd1は、第二ダイ穴1210の内壁面1211の直径よりも大きい。また、第一ダイ穴1110の軸線cd1に沿った平面視では、第二ダイ1200のダイ穴側面1240の直径の最大値よりも、第一ダイ穴1110の内壁面1111の直径が大きい。

【0028】

図5の例では、ホルダー1300がばね1500に接続されている。例えば、ばね1500は、ホルダー1300と接続される側とは反対側において金型の台座に接続されてもよい。また、パンチ1400は、第一ダイ1100および第二ダイ1200側へ向く頂面1420側とは反対側において金型の台座に接続されてもよく、移動可能に構成されていてもよい。第一ダイ1100、第二ダイ1200およびホルダー1300は、それぞれが駆動部（図示せず）に接続され、独立して移動可能に構成されていてもよい。

【0029】

以下に、上述のバーリング加工用金型1000を用いたバーリング加工方法について図6から図10を用いて説明する。まず、ホルダー1300の第三支持面1320に被加工材である金属部品1を載置する。この際、金属部品1に設けられた下孔2の中心が、第一ダイ穴1110の軸線cd1上に位置するように載置することが好ましい。なお、本実施形態の例では、図5等のZ軸の正方向を鉛直方向として説明するが、これに限られない。バーリング加工用金型1000と金属部品1との位置関係が維持できれば、第一ダイ穴1110の軸線cd1は鉛直方向に平行でなくともよい。

【0030】

次いで、図6に示すように、第一ダイ1100の第一支持面1120とホルダー1300の第三支持面1320との間で金属部品1を挟持する。

【0031】

（予成形工程）

次いで、予成形工程において、予成形を実施する。予成形工程では、下孔2を拡張させるとともに、金属部品1の下孔2周辺の第一範囲3における金属部品1の厚さ方向の第一方向へ向けて下孔2の縁部2aを金属部品1に対して相対移動させ、第一範囲3を、全体が第一方向へ向けて金属部品1から立ち上がる予成形部4となるように成形する。第一範囲3とは、金属部品1に確定される範囲であり、金属部品1の第一範囲3が変形することで金属部品1に予成形部4が成形される。本実施形態では、第一方向は図5等のZ軸の負方向であり、後述する第二方向はZ軸の正方向である。

【0032】

ここで、図9の（A）は、下孔2が設けられた金属部品1を、金属部品1の表面に対して垂直な方向に平面視した状態を示している。下孔2は金属部品1に設けられた縁部2a

10

20

30

40

50

によって画定され、下孔 2 の中心軸を $c h$ とする。図 9 の (A) ~ (C) は、互いに同じ方向から見た状態を示す。図 10 の (A) は、図 9 の (A) の金属部品 1 を、中心軸 $c h$ を通る面で断面視した状態の図である。図 10 の (A) ~ (C) は、互いに同じ方向から見た状態を示す。図 9 の (B) は、図 9 の (A) の金属部品 1 を変形して得られた、予成形部 4 が設けられた金属部品 1 を示す図である。図 10 の (A) は、図 9 の (A) の金属部品 1 を中心軸 $c h$ が通る面で断面視した状態の図である。ここで、金属部品 1 の厚さ方向とは、下孔 2 の中心軸 $c h$ に平行な方向である。また、第一方向とは、本成形工程後のバーリング加工品 100 において、バーリング加工部 110 の立ち上がり部 120 の縁部 121 (開口側端部) が向く方向である。

【0033】

本実施形態に係るバーリング加工方法では、予成形を実施するため、バーリング加工用金型 1000 において、パンチ 1400 を第一方向へ向けて第一ダイ 1100 に対して相対移動させてパンチ 1400 を第一ダイ穴 1110 に挿通させることで、パンチ 1400 と第一ダイ 1100 との間に予成形部 4 を成形する。図 7 に、予成形後のバーリング加工用金型 1000 と金属部品 1 を示す。図 7 に示すように、予成形後の状態では、パンチ 1400 が下孔 2 に挿入されることで、下孔 2 が拡張するとともに、第一範囲 3 が、全体が第一方向へ向けて金属部品 1 から立ち上がる予成形部 4 となるように成形される。図 7 の状態では、第二ダイ 1200 を第二方向へ向けて移動させることで、第二ダイ 1200 にばね 1600 を介して接続された第一ダイ 1100 によってホルダー 1300 が第二方向へ移動し、ばね 1500 が縮んでいる。

【0034】

本実施形態の例では、第一ダイ 1100 をホルダー 1300 へ向けて移動させているが、これに限られず、ホルダー 1300 を第一ダイ 1100 へ向けて移動させてもよい。また、本実施形態の例では、第一ダイ 1100 と第二ダイ 1200 とを同時に移動させる例を示すが、これに限られず、第一ダイ 1100 と第二ダイ 1200 とは独立して移動可能に構成されてよい。図 6 等の例では、第一ダイ 1100 と第二ダイ 1200 とは、ばね 1600 によって接続されている。そのため、第二ダイ 1200 をホルダー 1300 に対して相対移動させることで、同時に第一ダイ 1100 もホルダー 1300 に対して相対移動する。また、本実施形態において、予成形中に下孔 2 の縁部 2a が第二ダイ 1200 に接触していた方がよい場合もあれば、接触していない方がよい場合もある。

【0035】

(本成形工程)

予成形工程に次いで、本成形工程では、第一方向と反対の第二方向へ向けて予成形部 4 を変形させ、予成形部 4 の外径側の第二範囲 5 が第一方向において第一範囲 3 と同じ高さとなりかつ、第二範囲 5 よりも予成形部 4 の内径側の第三範囲 6 の一部が、バーリング加工部 110 の立ち上がり部 120 および湾曲部 130 の一部となるように成形する。

【0036】

図 9 の (C) は、バーリング加工部 110 が設けられたバーリング加工品 100 を、バーリング加工部 110 の立ち上がり部 120 の縁部 121 側から、バーリング加工部の軸線 $c b$ に沿って平面視した状態を示している。バーリング加工部の軸線 $c b$ と下孔 2 の中心軸 $c h$ とは一致する。

【0037】

なお、図 9 の (B) に示すように、下孔 2 の中心軸 $c h$ に平行な方向の平面視において、予成形部 4 は円形状となる。第二範囲 5 は、予成形部 4 に含まれる範囲であって予成形部 4 の外径側の範囲とする。また、第三範囲 6 は、予成形部 4 に含まれる範囲であって、第二範囲 5 よりも予成形部 4 の内径側の範囲とする。中心軸 $c h$ を通る面における断面視で、予成形部 4 の一方の表面は、予成形前の第一範囲 3 の一方の表面よりも第一方向側に位置する。

【0038】

本実施形態に係るバーリング加工方法では、第一支持面 1120 と第三支持面 1320

10

20

30

40

50

との間で金属部品 1 を挟持した状態で、第二ダイ 1 2 0 0 を第二方向へ向けてホルダー 1 3 0 0 に対して相対移動させてパンチ 1 4 0 0 と第一ダイ 1 1 0 0 との間に第二ダイ 1 2 0 0 の一部を挿通させることで、第二ダイ 1 2 0 0 とパンチ 1 4 0 0 およびホルダー 1 3 0 0 との間にバーリング加工部 1 1 0 を成形する。図 8 に、本成形後のバーリング加工用金型 1 0 0 0 とバーリング加工品 1 0 0 を示す。図 8 の状態では、図 7 の状態よりさらに第二ダイ 1 2 0 0 が第二方向へ向けて移動され、ばね 1 6 0 0 が縮むことで第二ダイ 1 2 0 0 とホルダー 1 3 0 0 とが図 7 の状態よりも近接する状態となっている。本実施形態に係るバーリング加工用金型の構成のように、第一ダイ 1 1 0 0 と第二ダイ 1 2 0 0 とをばね 1 6 0 0 で接続する場合には、予成形工程において第一ダイ 1 1 0 0 とパンチ 1 4 0 0 とを相対移動させ、次いで本成形工程において第二ダイ 1 2 0 0 とパンチ 1 4 0 0 とを相対移動させるために、ばね 1 5 0 0 の反発力よりもばね 1 6 0 0 の反発力を大きくする必要がある。しかし、先述のように、第一ダイ 1 1 0 0 、第二ダイ 1 2 0 0 、ホルダー 1 3 0 0 およびパンチ 1 4 0 0 は、それぞれが独立して移動するように構成されてもよい。

【 0 0 3 9 】

図 8 に示すように、本成形後の状態では、第二ダイ 1 2 0 0 が第一ダイ 1 1 0 0 とパンチ 1 4 0 0 との間に挿通されることで、予成形部 4 が第二方向へ変形する。これにより、立ち上がり部 1 2 0 と湾曲部 1 3 0 を含むバーリング加工部 1 1 0 が成形される。

【 0 0 4 0 】

ここで、本実施形態に係るバーリング加工方法において、予成形部 4 の外径とは、下孔 2 の中心軸 c h に平行な方向における平面視において、円形状に成形される予成形部 4 の外径を意味する。予成形部 4 の外径は、図 9 の (B) に示すような、予成形部 4 の縁部 4 a が画定する円形状の外径とも換言できる。予成形部 4 の縁部 4 a は、予成形前の第一範囲 3 の一方の表面と同じ高さの表面と、予成形前の第一範囲 3 の一方の表面よりも第一方向側に位置する表面との境界と定義できる。本実施形態に係るバーリング加工方法では、予成形工程によって、縁部 4 a とその近傍を含む範囲には後述する圧痕（曲げ痕を含む）が生じる。

【 0 0 4 1 】

上記のバーリング加工方法において、湾曲部 1 3 0 の外径とは、バーリング加工部 1 1 0 の軸線 c b に平行な方向における平面視において、円形状に成形される湾曲部 1 3 0 の外径を意味する。湾曲部 1 3 0 の外径は、図 9 の (C) に示すような、湾曲部 1 3 0 の縁部 1 3 0 a が画定する円形状の外径とも換言できる。湾曲部 1 3 0 の縁部 1 3 0 a は、予成形前の第一範囲 3 の一方の表面と同じ高さの表面と、予成形前の第一範囲 3 の一方の表面よりも第一方向側に位置する表面との境界と定義できる。

【 0 0 4 2 】

上記のバーリング加工方法において、湾曲部 1 3 0 の曲率半径は、第一方向に平行かつ下孔 2 の中心を通る断面視における曲率半径である。ここで、第一方向は、バーリング加工部 1 1 0 の軸線 c b と一致する。換言すれば、第一方向に平行かつ下孔 2 の中心を通る断面は、バーリング加工部 1 1 0 の軸線 c b に平行かつ、バーリング加工部 1 1 0 の軸線 c b を含む断面である。湾曲部 1 3 0 は、この断面視において一定の曲率半径を有してもよく、湾曲部 1 3 0 内で曲率半径が変化してもよい。湾曲部 1 3 0 の最大の曲率半径とは、湾曲部 1 3 0 の曲率半径のうちで、第一方向に平行かつ下孔 2 の中心を通る断面視で最大となる曲率半径を意味する。湾曲部 1 3 0 の表面のうちで凹形状となる表面、すなわちバーリング加工部 1 1 0 の外側に位置する表面の形状は、第二ダイ 1 2 0 0 の第二ダイ肩面 1 2 3 0 の形状に対応する。

【 0 0 4 3 】

同様に、予成形部 4 は、第一方向に平行かつ下孔 2 の中心を通る断面視において一定の曲率半径を有してもよく、予成形部 4 内で曲率半径が変化してもよい。予成形部 4 の最大の曲率半径とは、予成形部 4 の曲率半径のうちで、第一方向に平行かつ下孔 2 の中心を通る断面視で最大となる曲率半径を意味する。

【 0 0 4 4 】

本実施形態に係るバーリング加工方法においては、予成形工程と本成形工程とを含みかつ、湾曲部の外径が予成形部の外径よりも小さく、かつ、第一方向に平行かつ、下孔の中心を通る断面視で、湾曲部の最大の曲率半径が予成形部の最小の曲率半径よりも小さいことで、湾曲部に発生する圧縮歪みを抑制することができ、バーリング加工部の湾曲部におけるき裂の発生を抑制できる。

【0045】

また、本実施形態に係るバーリング加工方法では、第一ダイ穴1110の半径と第二ダイ穴1210の半径の差をU、パンチ1400の軸部の直径をP、金属部品1の下孔2の直径をAとしたとき、下記の式1を満たす。式1を満たすことにより、予成形工程において適切な予成形部4を成形することができ、本成形工程において圧縮歪みが集中することを抑制できる。Uが $20 \times (P - A) / 2$ 未満であることで、第二ダイ1200と金属部品1との接触面積を確保することができ、盛り上がり部を抑制でき曲げ内き裂の発生を抑制できる。Uが $0.5 \times (P - A) / 2$ 超であることで、本成形工程における第二ダイ1200と金属部品1の予成形部4とが接触する距離が短くなるため、盛り上がり部を抑制でき曲げ内き裂の発生を抑制できる。ここで、第一ダイ穴1110の半径と第二ダイ穴1210の半径の差Uは、第一ダイ穴1110の直径 r_{d1} と第二ダイ穴1210の直径 r_{d2} を用いて、 $(r_{d1} - r_{d2}) / 2$ と表せる。

【0046】

$$0.5 \times (P - A) / 2 < U < 20 \times (P - A) / 2 \quad \dots \text{式1}$$

【0047】

さらに、本実施形態に係るバーリング加工方法では、金属部品1の下孔2の縁部2aの高さをt、第一方向における湾曲部130の外面の高さをhとしたとき、下記の式2を満たす。

【0048】

$$0.2 < h / t < 0.6 \quad \dots \text{式2}$$

【0049】

上述した曲げ内き裂は、 h / t が小さいほど発生しやすい。その理由は、 h / t が小さいほど、板厚に対してバーリング加工部110の湾曲部130の曲げ半径が小さくなり、曲げ内表層の圧縮ひずみが大きくなり、盛り上がり部がより顕著に形成されるためである。本実施形態に係るバーリング加工方法の効果は、 h / t が0.6未満である場合に、より顕著に発揮される。また、 h / t が0.2以下である場合、曲げ内の圧縮ひずみが過大となるため、盛り上がり部の形成が抑制できず曲げ内き裂が発生する可能性があるため、 h / t を0.2超とする。

【0050】

また、 h / t を上記の範囲にすることで、立ち上がり部120の範囲を大きくすることができるという利点がある。ここで、金属部品1の下孔2の縁部2aの高さとは、換言すれば、下孔2の縁部2aにおける金属部品1の厚さ（板厚）である。下孔2の縁部2aにおける金属部品1の厚さは、マイクロメータやノギスなどの測定器具を用いて複数箇所（例えば5箇所）を測定した値の平均値としてよい。

【0051】

また、本実施形態に係るバーリング加工方法では、第一ダイ穴1110の半径と第二ダイ穴1210の半径の差をU、パンチ1400の軸部の直径をP、金属部品1の下孔2の直径をA、金属部品1の下孔2の縁部2aの高さをtとしたとき、下記の式3を満たしてもよい。

【0052】

$$2.0 \times (P - A) / 2 / t < U < 80 \times (P - A) / 2 / t \quad \dots \text{式3}$$

【0053】

式3を満たすことにより、板厚tの幅と予成形工程における金属部品1の挙動を考慮に入れ、曲げ内き裂の発生をより抑制できる。

【0054】

10

20

30

40

50

本実施形態に係るバーリング加工方法は、金型の交換等を実施せずに、1工程でバーリング加工を実施できるという利点がある。

【0055】

本実施形態に係るバーリング加工方法では、金属部品1として、引張強度が780MPa以上の鋼部材が好ましく用いられる。金属部品1としては、引張強度が980MPa以上の鋼部材、引張強度が1180MPa以上の鋼部材がより好ましく用いられる。金属部品1の引張強度は、金属部品1からJIS Z 2201に記載のJIS 5号引張試験片を採取し、JIS Z 2241:2011に沿って引張試験を行うことで測定する。

【0056】

本実施形態に係るバーリング加工方法では、金属部品の厚さが1.8~4.2mmであることが好ましく、2.0~3.9mmであることがより好ましい。金属部品の厚さは、2.3~3.2mmであることがさらに好ましい。金属部品の厚さをこのような範囲とすることで、所望の剛性と軽量性を確保できる。金属部品の厚さは、マイクロメータやノギスなどの測定器具を用いて、下穴や、曲げ加工を受けているような平面になっていない部位を除き、金属部品の内で平面である部位複数箇所（例えば5箇所）を測定した値の平均値としてよい。

10

【0057】

本実施形態に係るバーリング加工方法では、金属部品1の下孔2の縁部2aの高さをt、立ち上がり部120の開口側端部（縁部121）の厚さをtbとしたとき、下記の式4を満たしてもよい。これにより立ち上がり部の範囲を大きくできるという利点がある。厚さtbは、マイクロメータやノギスなどの測定器具を用いて複数箇所（例えば5箇所）を測定した値の平均値としてよい。

20

【0058】

$$tb/t < 0.9 \quad \cdots \text{式4}$$

【0059】

本実施形態に係るバーリング加工方法では、予成形工程の前に、金属部品1に下孔2を成形する下孔成形工程をさらに含んでもよい。

【0060】

また、本発明によれば、第1実施形態に係るバーリング加工方法に用いるためのバーリング加工用金型であって、第一ダイ穴と第一ダイ穴の軸線に対して垂直な第一支持面とを備える第一ダイと、第二ダイ穴と第二ダイ穴の軸線に対して垂直な第二支持面とを備える第二ダイと、第一支持面および第二支持面と対向する第三支持面を備え、第一ダイおよび第二ダイとの間で金属部品を挟持するホルダーと、軸部を備え、第一ダイ穴の軸線および第二ダイ穴の軸線に沿って移動可能に設けられたパンチと、とを含み、第一支持面、第二支持面および第三支持面は互いに平行に配され、第二ダイ穴の直径が第一ダイ穴の直径よりも小さく、かつ第二支持面の外径が第一ダイ穴の直径よりも小さいことを特徴とするバーリング加工用金型が提供される。また、本発明によれば、第1実施形態で説明したバーリング加工用金型の、第一ダイ、第二ダイ、ホルダー、およびパンチを互いに相対移動可能な駆動機構を備えるバーリング加工装置が提供される。

30

【0061】

〔第2実施形態〕

本実施形態に係るバーリング加工方法は、下孔が成形された金属部品に、立ち上がり部と湾曲部を含むバーリング加工部を成形する方法であって、下孔を拡張させるとともに、金属部品の下孔周辺の第一範囲における金属部品の厚さ方向の第一方向へ向けて下孔の縁部を金属部品に対して相対移動させ、第一範囲を、全体が第一方向へ向けて金属部品から立ち上がる予成形部となるように成形する予成形工程と、第一方向と反対の第二方向へ向けて予成形部を変形させ、予成形部の外径側の第二範囲が第一方向において第一範囲と同じ高さとなりかつ、第二範囲よりも予成形部の内径側の第三範囲の一部が立ち上がり部および湾曲部の一部となるように成形する本成形工程と、を含み、湾曲部の外径が予成形部の外径よりも小さく、かつ、第一方向に平行かつ、下孔の中心を通る断面視で、湾曲部の

40

50

最大の曲率半径が予成形部の最小の曲率半径よりも小さいことを特徴とする。

【0062】

本実施形態に係るバーリング加工方法では、第一ダイ穴と第一ダイ穴の軸線に対して垂直な第一支持面とを備える第一ダイと、第一支持面と対向しかつ第一支持面と平行に配された第一ホルダー支持面を備え、第一ダイとの間で金属部品を挟持する第一ホルダーと、第一軸部を備え、第一ダイ穴の軸線に沿って移動可能に設けられた第一パンチと、を含む一組の予成形金型と、第二ダイ穴と第二ダイ穴の軸線に対して垂直な第二支持面とを備える第二ダイと、第二支持面と対向しかつ第二支持面と平行に配された第二ホルダー支持面を備え、第二ダイとの間で金属部品を挟持する第二ホルダーと、第二軸部を備え、第二ダイ穴の軸線に沿って移動可能に設けられた第二パンチと、を含む一組の本成形金型と、を含むバーリング加工用金型を用い、第二ダイ穴の直径が第一ダイ穴の直径以下である。

10

また、本実施形態に係るバーリング加工方法では、第一ダイの第一支持面と第一ホルダーの第一ホルダー支持面との間で金属部品を挟持し、第一パンチを第一方向へ向けて第一ダイに対して相対移動させて第一パンチを第一ダイ穴に挿通させることで、第一パンチと第一ダイとの間に予成形部を成形し、予成形部が成形された金属部品を予成形金型から離間させ、次いで、予成形部が成形された金属部品が第一方向側となるように、第二ホルダーの第二ホルダー支持面上に予成形部が成形された金属部品を載置し、第一方向へ向けて第二パンチを拡張された下孔へ挿入し、第二ダイを第二方向へ向けて第二ホルダーに対して相対移動させ、第二ダイ穴に第二パンチを挿通させることで、第二ダイと第二パンチおよび第二ホルダーとの間にバーリング加工部を成形し、金属部品の下孔の縁部の高さを t 、第一方向における湾曲部の外面の高さを h としたとき、下記の式2を満たす。

20

$$0.2 < h/t < 0.6 \quad \dots \text{式2}$$

【0063】

上記の構成からなるバーリング加工方法では、下孔周辺に一方向へ向けて予成形部を成形する予成形工程と、予成形部を一方向とは反対側へ変形させてバーリング加工部の立ち上がり部と湾曲部とを成形する本成形工程とを含み、湾曲部の外径が予成形部の外径よりも小さくかつ、第一方向に平行かつ、下孔の中心を通る断面視で、湾曲部の最大の曲率半径が予成形部の最小の曲率半径よりも小さいことにより、バーリング加工部の湾曲部におけるき裂の発生を抑制できる。

【0064】

30

以下に、本実施形態に係るバーリング加工方法について説明する。なお、本実施形態に係るバーリング加工方法においては、被加工材である金属部品1が成形されてバーリング加工品100となる過程における金属部品1の形態は類似する点もあるため、適宜説明を省略する。また、第一方向、第二方向、軸線等の定義についても第一実施形態と同様である。本実施形態に係る金属部品1の変形の過程は、実施形態1で説明した、図9の(A)～(C)および図10の(A)～(C)に示す過程と同様である。

【0065】

本実施形態に係るバーリング加工方法では、予成形工程において、図11に示すような、予成形金型2000を用いる。予成形金型2000では、第一ダイ穴2110と第一ダイ穴の軸線 $cd1'$ に対して垂直な第一支持面2120とを備える第一ダイ2100と、第一支持面2120と対向しかつ第一支持面2120と平行に配された第一ホルダー支持面2320を備え、第一ダイ2100との間で金属部品1を挟持する第一ホルダー2300と、第一軸部2410を備え、第一ダイ穴2110の軸線 $cd1'$ に沿って移動可能に設けられた第一パンチ2400と、を含む。

40

【0066】

また、本実施形態に係るバーリング加工方法では、本成形工程において、図12に示すような、本成形金型3000を用いる。本成形金型3000では、第二ダイ穴3210と第二ダイ穴3210の軸線 $cd2'$ に対して垂直な第二支持面3220とを備える第二ダイ3200と、第二支持面3220と対向しかつ第二支持面3220と平行に配された第二ホルダー支持面3320を備え、第二ダイ3200との間で予成形部4が成形された金属

50

部品 1 を挟持する第二ホルダー 3 3 0 0 と、第二軸部 3 4 1 0 を備え、第二ダイ穴 3 2 1 0 の軸線 c d 2 ' に沿って移動可能に設けられた第二パンチ 3 4 0 0 と、を含む。

【 0 0 6 7 】

また、本実施形態に係る予成形金型 2 0 0 0 および本成形金型 3 0 0 0 において、第二ダイ穴 3 2 1 0 の直径が第一ダイ穴 2 1 1 0 の直径以下である。

【 0 0 6 8 】

本実施形態に係るバーリング加工方法では、まず、第一実施形態と同様に、下孔が設けられた金属部品 1 を予成形金型 2 0 0 0 に載置する。そして、第一ダイ 2 1 0 0 の第一支持面 2 1 2 0 と第一ホルダー 2 3 0 0 の第一ホルダー支持面 2 3 2 0 との間で金属部品 1 を挟持する。

【 0 0 6 9 】

次いで、予成形を実施するために、予成形金型 2 0 0 0 において、第一パンチ 2 4 0 0 を第一方向へ向けて第一ダイ 2 1 0 0 に対して相対移動させて第一パンチ 2 4 0 0 を第一ダイ穴 2 1 1 0 に挿通させることで、第一パンチ 2 4 0 0 と第一ダイ 2 1 0 0 との間に予成形部 4 を成形する。図 1 3 に、予成形後の予成形金型 2 0 0 0 と金属部品 1 を示す。

【 0 0 7 0 】

予成形の実施後、予成形部 4 が成形された金属部品 1 を予成形金型 2 0 0 0 から離間させる。本実施形態に係るバーリング加工方法では、予成形工程によって、縁部 4 a とその近傍を含む範囲には後述する圧痕（曲げ痕を含む）が生じる。

【 0 0 7 1 】

次いで、図 1 4 に示すように、予成形部 4 が成形された金属部品 1 が第一方向側となるように、本成形金型 3 0 0 0 の第二ホルダー 3 3 0 0 の第二ホルダー支持面 3 3 2 0 上に金属部品 1 を載置する。

【 0 0 7 2 】

本実施形態に係るバーリング加工方法では、本成形を実施するために、第一方向へ向けて第二パンチ 3 4 0 0 を拡張された下孔 2 へ挿入し、第二ダイ 3 2 0 0 を第二方向へ向けて第二ホルダー 3 3 0 0 に対して相対移動させ、第二ダイ穴 3 2 1 0 に第二パンチ 3 4 0 0 を挿通させることで、第二ダイ 3 2 0 0 と第二パンチ 3 4 0 0 および第二ホルダー 3 3 0 0 との間にバーリング加工部 1 1 0 を成形する。

【 0 0 7 3 】

本実施形態に係るバーリング加工方法では、金属部品 1 の下孔 2 の縁部 2 a の高さを t 、第一方向における湾曲部 1 3 0 の外面の高さを h としたとき、下記の式 2 を満たす。

【 0 0 7 4 】

$$0.2 < h / t < 0.6 \quad \dots \text{式 2}$$

【 0 0 7 5 】

上述した曲げ内き裂は、 h / t が小さいほど発生しやすい。その理由は、 h / t が小さいほど、板厚に対してバーリング加工部 1 1 0 の湾曲部 1 3 0 の曲げ半径が小さくなり、曲げ内表層の圧縮ひずみが大きくなり、盛り上がり部がより顕著に形成されるためである。本実施形態に係るバーリング加工方法の効果は、 h / t が 0.6 未満である場合に、より顕著に発揮される。また、 h / t が 0.2 以下である場合、曲げ内の圧縮ひずみが過大となるため、盛り上がり部の形成が抑制できず曲げ内き裂が発生する可能性があるため、 h / t を 0.2 超とする。

【 0 0 7 6 】

また、 h / t を上記の範囲にすることで、立ち上がり部 1 2 0 の範囲を大きくすることができるという利点がある。ここで、金属部品 1 の下孔 2 の縁部 2 a の高さとは、換言すれば、下孔 2 の縁部 2 a における金属部品 1 の厚さ（板厚）である。下孔 2 の縁部 2 a における金属部品 1 の厚さは、マイクロメータやノギスなどの測定器具を用いて複数箇所（例えば 5 箇所）を測定した値の平均値としてよい。

【 0 0 7 7 】

本実施形態に係るバーリング加工方法では、第一ダイ穴 2 1 1 0 の半径と第二ダイ穴 3

10

20

30

40

50

210の半径の差をU、第二パンチ3400の第二軸部3410の直径をPs、金属部品1の下孔2の直径をAとしたとき、下記の式5を満たしてもよい。式5を満たすことにより、予成形工程において適切な予成形部4を成形することができ、本成形工程において圧縮歪みが集中することを抑制できる。Uが $20 \times (Ps - A) / 2$ 未満であることで、第二ダイ3200と金属部品1との接触面積を確保することができ、盛り上がり部を抑制でき曲げ内き裂の発生を抑制できる。Uが $0.5 \times (Ps - A) / 2$ 超であることで、本成形工程における第二ダイ3200と金属部品1の予成形部4とが接触する距離が短くなるため、盛り上がり部を抑制でき曲げ内き裂の発生を抑制できる。ここで、第一ダイ穴2110の半径と第二ダイ穴3210の半径の差Uは、第一ダイ穴2110の内壁面2111の直径rd1'と第二ダイ穴3210の内壁面3211の直径rd2'を用いて、 $(rd1' - rd2') / 2$ と表せる。

【0078】

$$0.5 \times (Ps - A) / 2 < U < 20 \times (Ps - A) / 2 \quad \dots \text{式5}$$

【0079】

また、本実施形態に係るバーリング加工方法では、第一ダイ穴2110の半径と第二ダイ穴3210の半径の差をU、第二パンチ3400の第二軸部3410の直径をPs、金属部品1の下孔2の直径をA、金属部品1の下孔2の縁部2aの高さをtとしたとき、下記の式6を満たしてもよい。

【0080】

$$2.0 \times (Ps - A) / 2 / t < U < 80 \times (Ps - A) / 2 / t \quad \dots \text{式6}$$

【0081】

式6を満たすことにより、板厚tの幅と予成形工程における金属部品1の挙動を考慮に入れ、曲げ内き裂の発生をより抑制できる。

【0082】

本実施形態に係るバーリング加工方法の本成形工程では、以下に説明するように、2通りの方法で本成形を実施することができる。

【0083】

本実施形態に係るバーリング加工方法では、第1の方法としては、図15に示すように、まず、第一方向へ向けて第二パンチ3400を拡張された下孔2へ挿入してもよい。図15に示すような状態で、第二ダイ3200を第二方向へ向けて第二ホルダー3300に対して相対移動させることで、図16に示すような状態となり、バーリング加工部110が成形されたバーリング加工品100が得られる。

【0084】

第2の方法としては、図17に示すように、まず、第二ダイ3200を第二方向へ向けて第二ホルダー3300に対して相対移動させる。予成形部4が成形された金属部品1は、第二ダイ3200の第二支持面3220と第二ホルダー3300の第二ホルダー支持面3320とによって押圧され、第二方向へ向けて変形する。この状態では、図17に示すように、下孔2の周辺に予成形工程によって成形された予成形部4の一部が残っている。次いで、第一方向へ向けて第二パンチ3400を拡張された下孔2へ挿入することで、図16に示すような状態となり、バーリング加工部110が成形されたバーリング加工品100が得られる。

【0085】

本実施形態に係るバーリング加工方法では、第一パンチ2400の第一軸部2410の径が第二パンチ3400の第二軸部3410の径よりも小さくてもよい。これにより立ち上がり部の高さを高くできるという利点がある。なお、第一パンチ2400の第一軸部2410の径と第二パンチ3400の第二軸部3410の径は、同一であってもよい。

【0086】

本実施形態に係るバーリング加工方法では、予成形部4と第二ダイ3200との初期接触位置が、第一方向に平行かつ、下孔2の中心を通る断面視において、第二ダイ穴3210の第二ダイ肩面3230の曲率を有する部位の表面長の第二ダイ穴3210の内壁面3

211側から7／8までの範囲にあってもよい。これにより、本成形工程において、圧縮歪みが集中することをより効果的に抑制できる。

【0087】

本実施形態に係るバーリング加工方法では、予成形工程で用いた第一パンチ2400を、本成形工程において上述の第二パンチ3400として利用してもよい。すなわち、予成形の実施後に、予成形部4が成形された金属部品1を、第一パンチ2400および第一ホルダー2300から離間させずに、第一ダイ2100を第二ダイ3200へ変更して、本成形を実施してもよい。

【0088】

本実施形態に係るバーリング加工方法は、特殊な構造の金型を要しないという点で優れている。なお、本実施形態の例では、第一ダイ2100、第二ダイ3200、第一ホルダー2300、又は第二ホルダー3300はに接続されるばねの図示を省略しているが、各金型がばねに接続されていてもよく、第一実施形態と同様の構成を採用できる。第一ダイ2100、第二ダイ3200、第一ホルダー2300、第二ホルダー3300は、それぞれが駆動部（図示せず）に接続され、独立して移動可能に構成されていてもよい。また、第一パンチ2400（又は第二パンチ3400）は、第一ダイ2100（又は第二ダイ3200）側へ向く頂面2420（又は頂面3420）側とは反対側において金型の台座に接続されてもよく、移動可能に構成されていてもよい。

【0089】

本実施形態に係るバーリング加工方法では、金属部品1として、引張強度が780MPa以上の鋼部材が好ましく用いられる。金属部品1としては、引張強度が980MPa以上の鋼部材、引張強度が1180MPa以上の鋼部材がより好ましく用いられる。金属部品1の引張強度は、金属部品1からJIS Z 2201に記載のJIS 5号引張試験片を採取し、JIS Z 2241：2011に沿って引張試験を行うことで測定する。

【0090】

本実施形態に係るバーリング加工方法では、金属部品の厚さが1.8～4.2mmであることが好ましく、2.0～3.9mmであることがより好ましい。金属部品の厚さは、2.3～3.2mmであることがさらに好ましい。金属部品の厚さをこのような範囲とすることで、所望の剛性と軽量性を確保できる。金属部品の厚さは、マイクロメータやノギスなどの測定器具を用いて、下穴や、曲げ加工を受けているような平面になっていない部位を除き、金属部品の内で平面である複数箇所（例えば5箇所）を測定した値の平均値としてよい。

【0091】

本実施形態に係るバーリング加工方法では、金属部品1の下孔2の縁部2aの高さをt、立ち上がり部120の開口側端部（縁部121）の厚さをtbとしたとき、下記の式4を満たしてもよい。これにより立ち上がり部の範囲を大きくすることができるという利点がある。厚さtbは、マイクロメータやノギスなどの測定器具を用いて複数箇所（例えば5箇所）を測定した値の平均値としてよい。

【0092】

$$tb/t < 0.9 \quad \dots \text{式4}$$

【0093】

本実施形態に係るバーリング加工方法では、予成形工程の前に、金属部品1に下孔2を成形する下孔成形工程をさらに含んでもよい。

【0094】

また、本発明によれば、第2実施形態に係るバーリング加工方法に用いるためのバーリング加工用金型であって、第一ダイ穴と第一ダイ穴の軸線に対して垂直な第一支持面とを備える第一ダイと、第二ダイ穴と第二ダイ穴の軸線に対して垂直な第二支持面とを備える第二ダイと、第一支持面および第二支持面と対向する第三支持面を備え、第一ダイおよび第二ダイとの間で金属部品を挟持するホルダーと、軸部を備え、第一ダイ穴の軸線および第二ダイ穴の軸線に沿って移動可能に設けられたパンチと、とを含み、第一支持面、第二

10

20

30

40

50

支持面および第三支持面は互いに平行に配され、第二ダイ穴の直径が第一ダイ穴の直径よりも小さく、かつ第二支持面の外径が第一ダイ穴の直径よりも小さいことを特徴とするバーリング加工用金型が提供される。また、本発明によれば、第2実施形態で説明したバーリング加工用金型の、第一ダイ、第二ダイ、ホルダー、およびパンチを互いに相対移動可能な駆動機構を備えるバーリング加工装置が提供される。

【0095】

〔第3実施形態〕

本実施形態に係るバーリング加工品は、立ち上がり部と湾曲部とを含むバーリング加工部と湾曲部を囲む周辺領域とを有するバーリング加工品である。本実施形態に係るバーリング加工品は、バーリング加工部の軸線を含みかつ軸線に平行な断面において、湾曲部の外面の曲率半径を R としたとき、湾曲部と周辺領域が接続される湾曲部の R 止まりから周辺領域側へ軸線に対して垂直な方向に R だけ離れ、立ち上がり部が成形された側の面から軸線に平行な方向に 0.2 mm だけ離れた位置 a におけるバーリング加工品の硬度を Hva とし、湾曲部の R 止まりから周辺領域側へ軸線に対して垂直な方向に R の3倍だけ離れ、立ち上がり部が成形された側の面から軸線に平行な方向に周辺領域におけるバーリング加工品の厚さの $1/4$ だけ離れた位置 b におけるバーリング加工品の硬度を Hvb としたとき、下記の式7を満たし、かつ

周辺領域に圧痕を有し、立ち上がり部の高さを Us としたとき、圧痕が湾曲部の R 止まりから $0.5 \times Us$ 以上かつ、 $20 \times Us$ 以下の範囲に位置し、周辺領域における前記バーリング加工品の厚さを ts としたとき、軸線に平行な方向における圧痕の最大の高さ又は深さが、 $ts/20$ 超かつ $ts/3$ 未満である。

【0096】

$$Hva/Hvb > 1.03 \quad \dots \text{式7}$$

【0097】

上記の構成からなるバーリング加工品では、衝突特性が高いという利点がある。

【0098】

ここで、硬度 Hva および硬度 Hvb は、JIS Z 2244に記載の手法で測定できる。

【0099】

図18は、本実施形態に係るバーリング加工品100を説明するための図であり、バーリング加工部110の軸線 cb を通り且つバーリング加工部110の軸線 cb に平行な断面における断面図である。図18では、軸線 cb を中心としたバーリング加工部110の片側のみを示している。図18に示すように、本実施形態に係るバーリング加工部110は、円筒状の立ち上がり部120と湾曲部130とを含む。立ち上がり部120は、立ち上がり部120の開口側端部121とは反対側の接続端部122において湾曲部130と接続される。

【0100】

湾曲部130は、先端部131で立ち上がり部120の接続端部122と接続され、先端部131とは反対側の基端部132を介してバーリング加工品100の周辺領域140と接続される。接続端部122と先端部131とは、同一の箇所であってもよい。湾曲部130は、先端部131から基端部132に向けて拡径している。湾曲部130は、バーリング加工部110の軸線 cb を通り且つバーリング加工部110の軸線 cb に平行な断面において、滑らかに湾曲している。バーリング加工部110の軸線 cb とは、円筒状の立ち上がり部120の長さ方向の軸線を通る軸である。

【0101】

周辺領域140は、バーリング加工品100における湾曲部130を囲む領域であり、湾曲部130の基端部132に接続される領域である。バーリング加工品100の形状にもよるが、周辺領域140は、バーリング加工部110の軸線 cb と直交する平面において、バーリング加工部110の径方向に $0.5 \sim 50.0\text{ mm}$ 程度の幅を有することがより好ましい。周辺領域140におけるバーリング加工品の厚さは ts とする。厚さ ts は

、マイクロメータやノギスなどの測定器具を用いて周辺領域 140 の複数箇所（例えば 5 箇所）を測定した値の平均値としてよい。

【0102】

本実施形態に係るバーリング加工品では、Hv a が、バーリング加工部の軸線を含みかつ軸線に平行な断面において、上記位置 a を中心とする、一辺の長さがバーリング加工品の厚さの $1/6$ である正方形 S a で規定される範囲において測定した硬度の平均硬度であってもよい。また、Hv b が、バーリング加工部の軸線を含みかつ軸線に平行な断面において、上記位置 b を中心とする、一辺の長さがバーリング加工品の厚さの $1/6$ である正方形 S b で規定される範囲において測定した硬度の平均硬度であってもよい。これらの各正方形は、バーリング加工部の軸線を含みかつ軸線に平行な断面において、少なくとも一つの辺がバーリング加工部の軸線と平行となるように位置する。すなわち、これらの各正方形において、互いに平行な 2 つの辺はバーリング加工部の軸線と平行となり、これらの辺と直交する 2 つの辺はバーリング加工部の軸線に対して垂直となる。正方形 S a は、位置 a を中心とする。すなわち、位置 a から正方形 S a の各頂点までの距離は等しい。正方形 S b と位置 b の関係についても同様である。

【0103】

平均硬度は、これらの各正方形で規定される範囲から 3 ～ 11 個のサンプルを得て、その平均値とする。また、バーリング加工品の厚さは、マイクロメータやノギスなどの測定器具を用いて周辺領域 140 の複数箇所（例えば 5 箇所）を測定した値の平均値としてよい。

【0104】

次に、図 19 を参照して、圧痕について説明する。図 19 は、図 18 と同様に本実施形態に係るバーリング加工品 100 の部分的な断面図であり、バーリング加工部 110 の軸線 c b を通り且つバーリング加工部 110 の軸線 c b に平行な断面における断面図である。図 19 では、軸線 c b を中心としたバーリング加工部 110 の片側のみを示している。図 19 に示すように、周辺領域 140 には圧痕 150 が生じている。圧痕 150 は、図 19 に例示するように、バーリング加工品 100 の周辺領域 140 における両方の表面 140 a 又は 140 b のいずれにも生じ得る。

【0105】

バーリング加工品 100 に繰り返し負荷を与える疲労耐久試験を実施した際に、バーリング加工部 110 の曲げ内側部の位置（図 19 の湾曲部 130 の外周面 130 b）で疲労き裂が発生することがある。これは、疲労耐久試験において繰り返し負荷を受けることで、バーリング加工部の湾曲部 130 に応力が集中し、この部位が起点となって変形するためである。負荷を受ける際に、湾曲部 130 の角度が小さくなったり大きくなったりすることで湾曲部 130 の内側に疲労き裂が発生する。これに対し、周辺領域 140 において、湾曲部の R 止まりから $0.5 \times U_s$ 以上かつ、 $2.0 \times U_s$ 以下の範囲に圧痕 150 を有する場合には、繰り返し負荷が与えられた際に、このような圧痕 150 にも応力が発生するため、バーリング加工部 110 の曲げ内側（湾曲部 130 の外周面 130 b）の応力は低減する。すなわち、バーリング加工部 110 にかかる応力が分散される。圧痕 150 にも応力が発生する理由は、圧痕 150 ではバーリング加工部 110 の軸線 c b に平行な方向（周辺領域 140 の厚さ方向であってもよい）を向く凹凸が発生しているため、この凹凸が変形の起点になるためである。このような理由により、圧痕 150 があることで疲労耐久性がより向上する。

【0106】

圧痕 150 は、所定の高さにバーリング加工品 100 の表面が突出した部位、又は所定の深さにバーリング加工品 100 の表面が陥没した部位である。圧痕 150 の高さとは、図 19 に例示するように、バーリング加工品 100 の表面が突出する側のバーリング加工品 100 の表面（図 19 の例では表面 140 a）から、この突出部の頂部までの、バーリング加工部 110 の軸線 c b に平行な方向における距離 L h を意味する。突出部の頂部は、突出部のうちで、軸線 c b に平行な方向においてバーリング加工品 100 の表面から最

も離れた箇所である。圧痕 150 の深さとは、バーリング加工品 100 の表面が陥没する側のバーリング加工品 100 の表面（図 19 の例では表面 140 a）から、この陥没部の底部までの、バーリング加工部 110 の軸線 c b に平行な方向における距離 L d を意味する。陥没部の底部は、陥没部のうちで、軸線 c b に平行な方向においてバーリング加工品 100 の表面から最も離れた箇所である。バーリング加工品 100 の周辺領域 140 における表面（140 a、140 b）は、圧痕 150 の範囲を除く略平面の部分とする。本実施形態に係るバーリング加工品 100 では、圧痕 150 の高さ又は深さのうちで、最大となる値が、 $t_s / 20$ 超かつ $t_s / 3$ 未満である。

【0107】

圧痕 150 の最大の高さ又は深さが $t_s / 20$ 超であることで、圧痕 150 への応力分散効果が十分に発現される。また、圧痕 150 の最大の高さ又は深さが $t_s / 3$ 未満であることで、圧痕 150 からの疲労割れを抑制できる。なお、立ち上がり部 120 の高さ U_s とは、立ち上がり部 120 の開口側端部 121 から接続端部 122 までの軸線 c b に沿った距離である。湾曲部 130 の R 止まりとは、湾曲部 130 の基端部 132 を意味する。湾曲部 130 の R 止まりから $0.5 \times U_s$ 以上かつ、 $20 \times U_s$ 以下の範囲とは、軸線 c b に対して垂直かつ軸線 c b から離れる方向において、湾曲部 130 の R 止まりからの距離が $0.5 \times U_s$ 以上かつ、湾曲部 130 の R 止まりからの距離が $20 \times U_s$ 以下の範囲であり、軸線 c b を中心とする同心円で囲まれた範囲である。また、バーリング加工部 110 の軸線 c b に平行な方向において、周辺領域 140 におけるバーリング加工品の厚さ t_s の 2% 以上バーリング加工品 100 の表面が突出又は陥没した部位を圧痕 150 とする。圧痕 150 の高さ L_h 又は深さ L_d は、接触式又は非接触式の形状測定器を用いて測定する。

【0108】

圧痕 150 は、軸線 c b に平行な方向から平面視したとき、上述の範囲において、連続的又は断続的に、軸線 c b を中心とする円弧を描く形状に形成されることがより好ましい。また、圧痕 150 は、上記平面視で、楕円形状であってもよい。

【0109】

本実施形態に係るバーリング加工品では、周辺領域 140 におけるバーリング加工品 100 の厚さを t_s 、軸線 c b に平行な方向における湾曲部 130 の外周面 130 b の高さを h としたとき、下記の式 8 を満たしてもよい。

【0110】

$$0.2 < h / t_s < 0.6 \quad \dots \text{式 8}$$

【0111】

ここで、高さ h は、バーリング加工部 110 の軸線 c b を通り且つバーリング加工部 110 の軸線 c b に平行な断面において、立ち上がり部 120 の外周面 120 a と湾曲部 130 の外周面 130 b との接点 O から湾曲部 130 の基端部 132 における外周面 130 b までの距離であって、軸線 c b に平行な方向の距離である。湾曲部 130 の高さ h は $0.6 \sim 3.0 \text{ mm}$ が好ましく、 $1.3 \sim 2.1 \text{ mm}$ がより好ましい。また、厚さ t_s としては、図 18 に示すような湾曲部 130 の基端部 132 における板厚を採用してもよい。

【0112】

本実施形態に係るバーリング加工品では、周辺領域 140 におけるバーリング加工品 100 の厚さを t_s 、立ち上がり部 120 の開口側端部 121 の厚さを t_b としたとき、下記の式 9 を満たしてもよい。厚さ t_b は、マイクロメータやノギスなどの測定器具を用いて複数箇所（例えば 5 箇所）を測定した値の平均値としてよい。

【0113】

$$t_b / t_s < 0.9 \quad \dots \text{式 9}$$

【0114】

本実施形態に係るバーリング加工品では、湾曲部 130 の断面において、表面からの深さが $20 \mu\text{m}$ 以上であるき裂がなくともよい。これにより衝突特性が向上するという利点がある。ここで、表面とは、湾曲部 130 の外周面 130 b である。き裂の有無および深

10

20

30

40

50

さは、断面を切断して光学顕微鏡等で観察することで測定できる。

【0115】

本実施形態に係るバーリング加工品は、車両に用いられる、ロアアーム、トレーリングアームおよびアップパーアームのいずれかとして、好ましく用いることができる。

【0116】

本実施形態に係るバーリング加工品は、上述した第一実施形態又は第二実施形態に係るバーリング加工方法によって製造されたバーリング加工品であってもよい。

【0117】

また、本発明の一実施形態に係るバーリング加工方法は、第1実施形態に係るバーリング加工方法によって製造された第3実施形態に係るバーリング加工品を製造するためのバーリング加工方法である。また、本発明の一実施形態に係るバーリング加工方法は、第2実施形態に係るバーリング加工方法によって製造された第3実施形態に係るバーリング加工品を製造するためのバーリング加工方法である。

【実施例】

【0118】

〔実験例1〕

各実験例において、引張強度が980MPa級、板厚が2.9mmの鋼部材に直径40mmの下孔を設け、この下孔に各種工法でバーリング加工を施し、湾曲部及び立ち上がり部を含むバーリング部を形成した。

【0119】

実施例1では、上述の第1実施形態の方法でバーリング加工を施した。金型の各寸法は下記の通りとした。

- ・パンチ径：50mm
- ・第一ダイ穴径：65.2mm
- ・第二ダイ穴径：55.2mm
- ・第一ダイの第一ダイ肩面の曲率半径：5mm

【0120】

比較例1では、単一の金型を用いて従来の方法でバーリング加工を施した。金型の各寸法は下記の通りとした。

- ・パンチ径：50mm
- ・ダイ穴径：55.2mm

【0121】

比較例2では、第1実施形態の方法でバーリング加工を施したが、上述した式1について、第一ダイ穴と第二ダイ穴のダイ穴径の差であるUが $0.5 \times (P - A) / 2$ 以下であった。金型の各寸法は下記の通りとした。

- ・パンチ径：50mm
- ・第一ダイ穴径：57.2mm
- ・第二ダイ穴径：55.2mm
- ・第一ダイの第一ダイ肩面の曲率半径：5mm

【0122】

比較例3では、第1実施形態の方法でバーリング加工を施したが、上述した式1について、Uが $20 \times (P - A) / 2$ 以上であった。金型の各寸法は下記の通りとした。

- ・パンチ径：50mm
- ・第一ダイ穴径：160mm
- ・第二ダイ穴径：55.2mm
- ・第一ダイの第一ダイ肩面の曲率半径：5mm

【0123】

表1に、 h/t の値に対する、20μm以上のき裂の発生の有無の結果を示す。バーリング加工品のバーリング加工部の湾曲部内側（図18の湾曲部130の外周面130b）に20μm以上のき裂が見られた実験例を「×(bad)」とし、20μm以上のき裂が

10

20

30

40

50

見られなかった実験例を「○ (good)」とした。き裂の発生の有無は、バーリング加工部の軸線が通る平面で切断したサンプルの断面を研磨し、光学顕微鏡によって観察して判断した。バーリング部の軸線 $c-b$ を中心に等間隔で 12 個のサンプルを採取し、そのうちで上記の条件を満たすものの有無によって判定した。ここで、 h はバーリング加工が施されたバーリング部の湾曲部の外面の高さであり、 t は鋼部材の下孔の縁部の高さである。

【0124】

【表 1】

	h/t											
	0.10	0.15	0.20	0.22	0.30	0.50	0.58	0.60	0.65	0.70	0.80	0.90
実施例 1	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○
比較例 1	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
比較例 2	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○
比較例 3	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○

【0125】

表 1 に示すように、本発明に係るバーリング加工方法で作成したバーリング加工品のうち、 h/t が 0.2 超かつ 0.6 未満の範囲において、き裂の発生が抑制されていることがわかる。

【0126】

【実験例 2】

各実験例において、引張強度が 980 MPa 級、板厚が 2.9 mm、350 mm×350 mm の大きさの鋼部材（鋼板）に直径 12 mm の下孔を設け、この下孔に各種工法でバーリング加工を施し、湾曲部及び立ち上がり部を含むバーリング部を形成した。バーリング加工部の内径は 25 mm であった。バーリング加工部の内径に相当する外径を有する円筒ジグをバーリング部に差し込み、バーリング部のエッジ全周と円筒ジグをレーザー溶接で接合し、試験片を作成した。バーリング加工部が立ち上がる側の鋼板の表面から立ち上がり部の開口側端部までの高さを 5.0 mm とし、バーリング加工部の湾曲部の外面の高さを 1.0 mm とした。すなわち、立ち上がり部の高さ U_s は、4.0 mm であった。

【0127】

実施例 1 では、上述の第 1 実施形態の方法でバーリング加工を施した。金型の各寸法は下記の通りとした。

- ・パンチ径：25 mm
- ・第一ダイ穴径：40.2 mm
- ・第二ダイ穴径：30.2 mm
- ・第一ダイの第一ダイ肩面の曲率半径：5 mm

実施例 1 のバーリング加工品では、立ち上がり部の高さを U_s としたとき、バーリング加工部の周辺の圧痕が湾曲部の R 止まりから $0.5 \times U_s$ 以上かつ、 $2.0 \times U_s$ 以下の範囲に、最大の高さ又は深さが、 $t_s/20$ 超かつ $t_s/3$ 未満である圧痕を有していた。すなわち、表 2 に示すように、圧痕の位置および圧痕の高さ又は深さの条件を満足し、本発明の要件を満たしていた。

【0128】

比較例 1 では、単一の金型を用いて従来の方法でバーリング加工を施した。金型の各寸法は下記の通りとした。

- ・パンチ径：25 mm

- ・ダイ穴径：30.2 mm
- ・ダイ肩面の曲率半径：1.0 mm

比較例1のバーリング加工品では、圧痕が観察されなかった。

【0129】

比較例2では、上述の第1実施形態の方法でバーリング加工を施した。金型の各寸法は下記の通りとした。

- ・パンチ径：25 mm
- ・第一ダイ穴径：32.2 mm
- ・第二ダイ穴径：30.2 mm
- ・第一ダイの第一ダイ肩面の曲率半径：15 mm

比較例2のバーリング加工品では、圧痕が観察されたが、圧痕の最大の高さ又は深さが、 $t_s/20$ 以下であった。圧痕は、湾曲部のR止まりから $0.5 \times U_s$ 以上かつ、 $20 \times U_s$ 以下の範囲に位置していた。すなわち、表2に示すように、圧痕の位置の条件を満たしたが、圧痕の高さ又は深さの条件の下限値を満たしていなかった。

【0130】

比較例3では、上述の第1実施形態の方法でバーリング加工を施した。金型の各寸法は下記の通りとした。

- ・パンチ径：25 mm
- ・第一ダイ穴径：29.5 mm
- ・第二ダイ穴径：30.2 mm
- ・第二ダイの第二ダイ肩面の曲率半径：0.5 mm

比較例3のバーリング加工品では、圧痕が観察されたが、圧痕の最大の高さ又は深さが、 $t_s/3$ 以上であった。第一ダイの曲率半径が小さいため圧痕の高さ又は深さの上限を満たさなかったと考えられる。また、圧痕は、湾曲部のR止まりから $0.5 \times U_s$ 以上かつ、 $20 \times U_s$ 以下の範囲よりもバーリング加工部から離れた側に位置していた。すなわち、表2に示すように、圧痕の位置の条件の上限値を満たさず、また圧痕の高さ又は深さの条件の上限値を満たしていなかった。

【0131】

比較例4では、上述の第1実施形態の方法でバーリング加工を施した。金型の各寸法は下記の通りとした。

- ・パンチ径：25 mm
- ・第一ダイ穴径：29.5 mm
- ・第二ダイ穴径：30.2 mm
- ・第二ダイの第二ダイ肩面の曲率半径：5 mm

比較例4のバーリング加工品では、最大の高さ又は深さが、 $t_s/20$ 超かつ $t_s/3$ 未満である圧痕を有していた。しかし、圧痕は、湾曲部のR止まりから $0.5 \times U_s$ 以上かつ、 $20 \times U_s$ 以下の範囲よりもバーリング加工部から離れた側に位置していた。すなわち、表2に示すように、圧痕の高さ又は深さの条件を満足するものの、圧痕の位置の条件の上限値を満たしていなかった。

【0132】

試験片の一つの端部（辺）に対し、バーリング加工部の軸線に平行な方向に+2 mm～-2 mmの変位を1 Hzで繰り返し付与し、その際の荷重を計測した。各実験例の試験片についてこの計測を実施し、20万回の変位を付与した時点での、き裂の有無を評価した。

【0133】

表2に、圧痕条件に対する、き裂の発生の有無の結果を示す。20万回の変位を付与した時点での、バーリング加工品のバーリング加工部の湾曲部内側（図18の湾曲部130の外周面130b）に100 μ m以上のき裂が見られた実験例を「×（bad）」とし、100 μ m以上のき裂が見られなかった実験例を「○（good）」とした。き裂の発生の有無は、バーリング加工部の軸線が通る平面で切断したサンプルの断面を研磨し、光学顕微鏡によって観察して判断した。軸線cbに対して等間隔に12個のサンプルを採取し

10

20

30

40

50

、目視によってき裂の有無を判定した。
【 0 1 3 4 】
【表 2】

	圧痕の位置	圧痕の高さ又は深さ	き裂の有無
実施例1	満足	満足	○
比較例1	－	－	×
比較例2	満足	下限値を満たさず	×
比較例3	上限値を満たさず	上限値を満たさず	×
比較例4	上限値を満たさず	満足	×

10

【 0 1 3 5 】
表 2 に示すように、本発明に係るバーリング加工品のうち、圧痕の位置および高さ又は
の条件を満たすものは、疲労耐久性に優れていることがわかる。

20

【産業上の利用可能性】

【 0 1 3 6 】
本発明では、バーリング加工部におけるき裂の発生を抑制できる、バーリング加工方法
、バーリング加工用金型、バーリング加工装置およびバーリング加工品を提供できるため
、産業上の利用可能性が高い。

【符号の説明】

- 【 0 1 3 7 】
- 1 金属部品
 - 2 下孔
 - 3 第一範囲
 - 4 予成形部
 - 5 第二範囲
 - 6 第三範囲
 - 1 0 0 バーリング加工品
 - 1 1 0 バーリング加工部
 - 1 2 0 立ち上がり部
 - 1 3 0 湾曲部
 - 1 4 0 周辺領域
 - 1 5 0 圧痕
 - 1 0 0 0 バーリング加工用金型
 - 1 1 0 0 第一ダイ
 - 1 1 1 1、2 1 1 1 第一ダイ穴の内壁面
 - 1 1 3 0、2 1 3 0 第一ダイ肩面
 - 1 2 0 0 第二ダイ
 - 1 2 1 1、3 2 1 1 第二ダイ穴の内壁面
 - 1 2 3 0、3 2 3 0 第二ダイ肩面
 - 1 3 0 0ホルダー
 - 1 3 1 0、2 3 1 0、3 3 1 0ホルダー穴
 - 1 4 0 0パンチ
 - 2 0 0 0 予成形金型

30

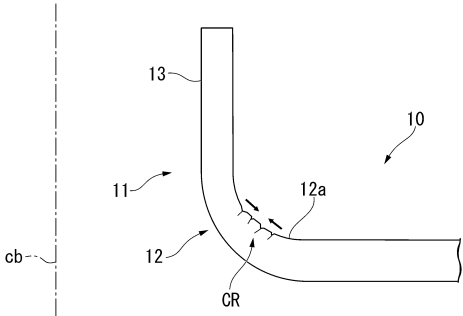
40

50

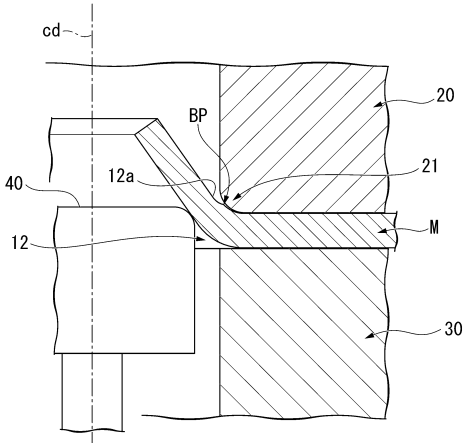
3 0 0 0 本成形金型
c d ダイ穴の軸線
r d 1、r d 1 ’ 第一ダイ穴の直径
r d 2、r d 2 ’ 第二ダイ穴の直径
r o 2 第二支持面の外径

【図面】

【図 1】



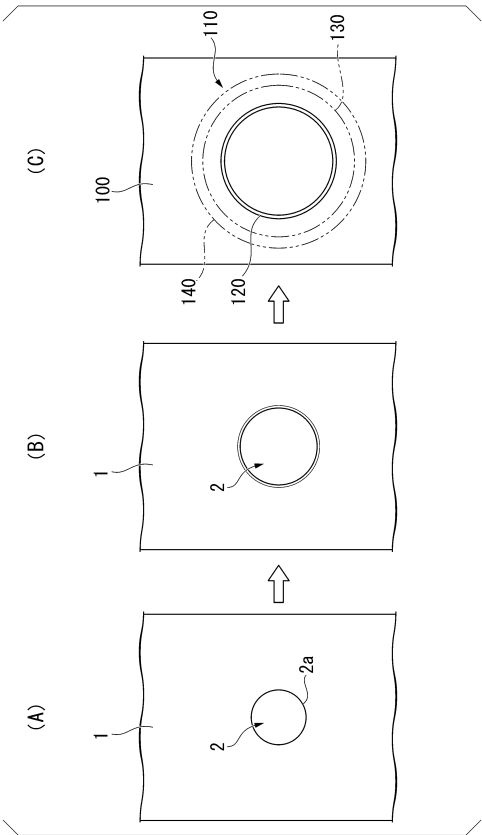
【図 2】



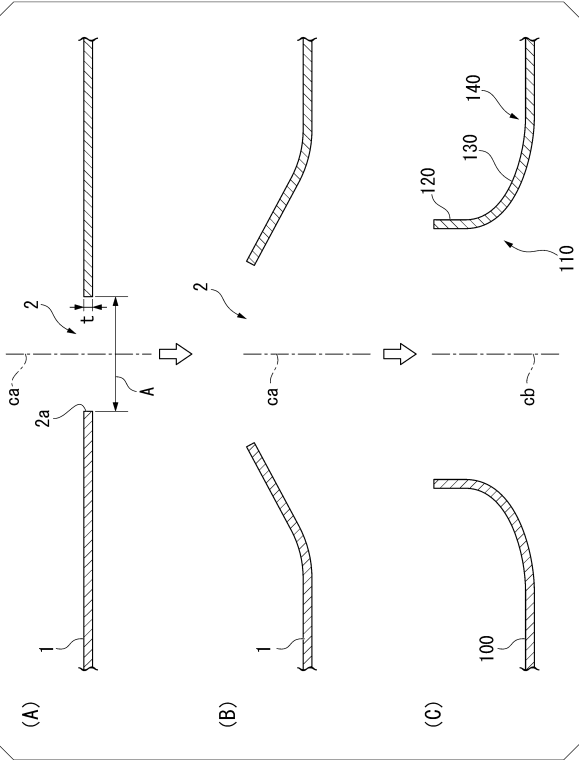
10

20

【図 3】



【図 4】

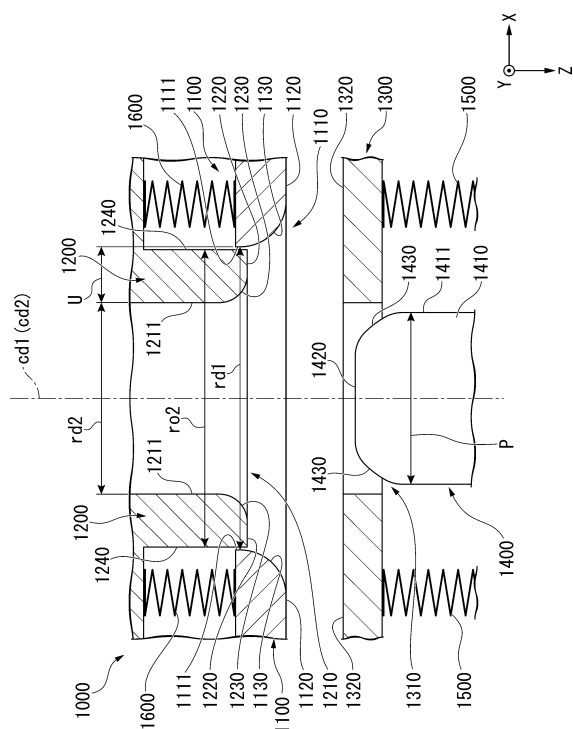


30

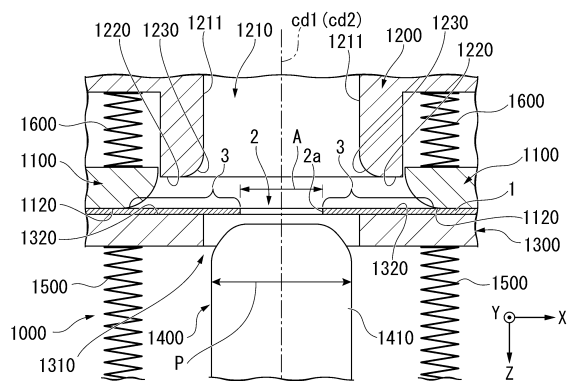
40

50

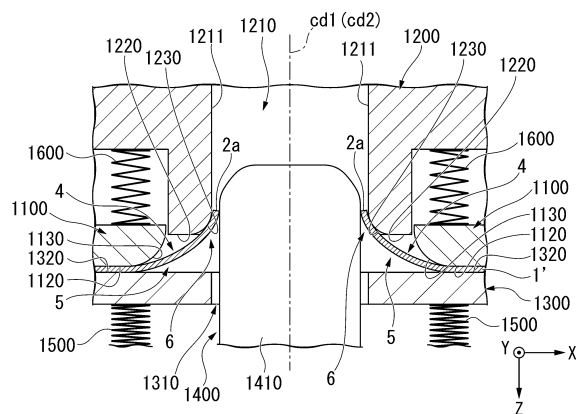
【図 5】



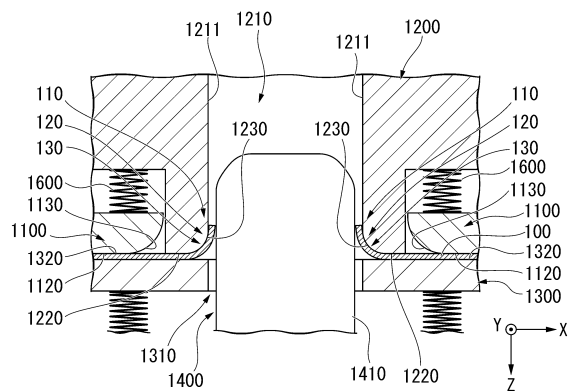
【圖 6】



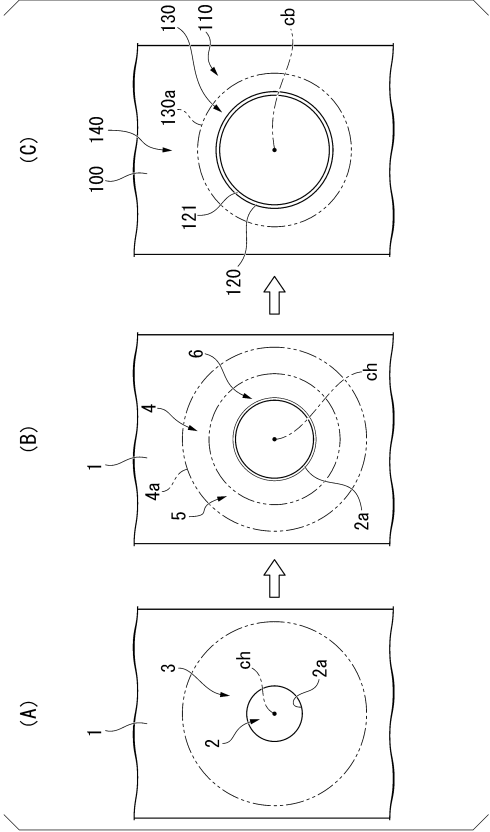
【圖 7】



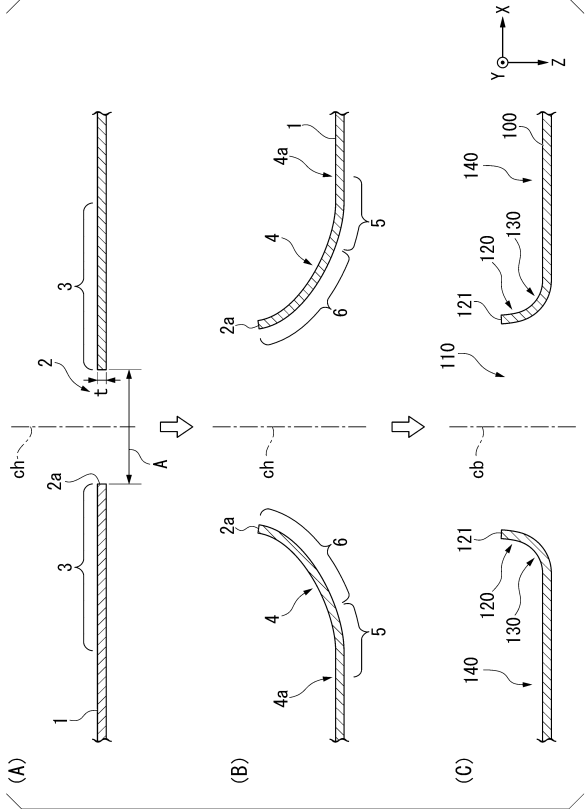
【圖 8】



【図 9】



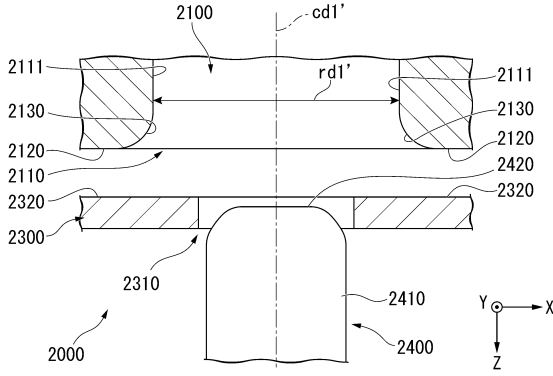
【図 10】



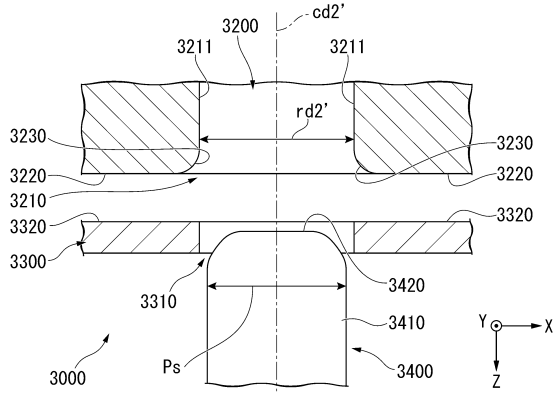
10

20

【図 11】



【図 12】

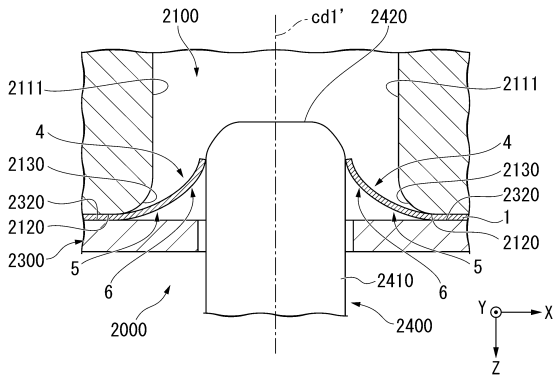


30

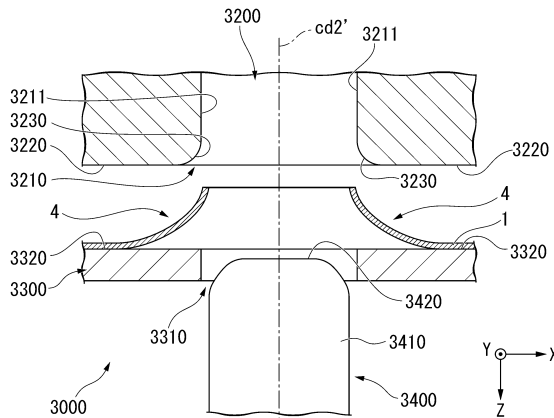
40

50

【図 1 3】

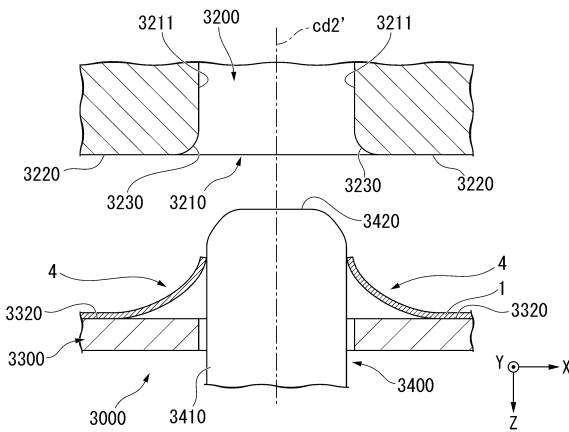


【図 1 4】

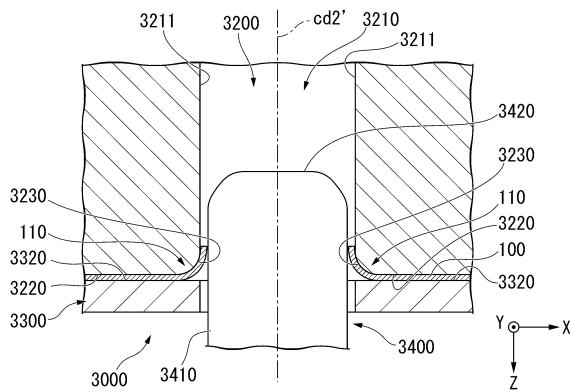


10

【図 1 5】



【図 1 6】



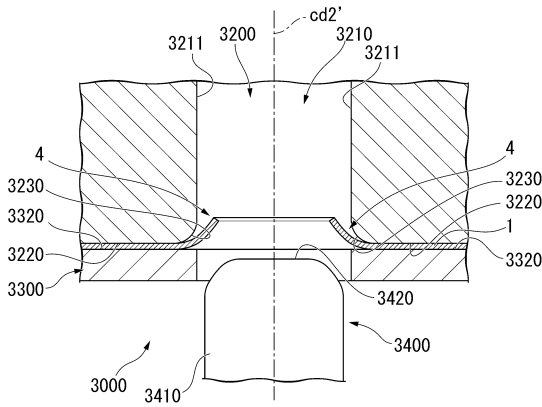
20

30

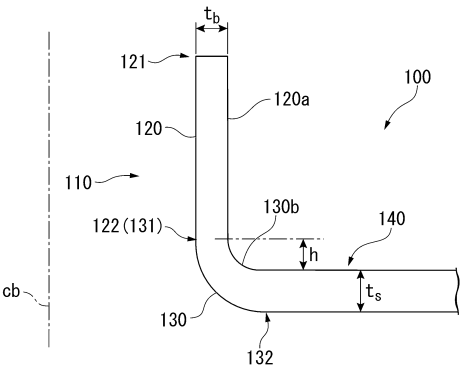
40

50

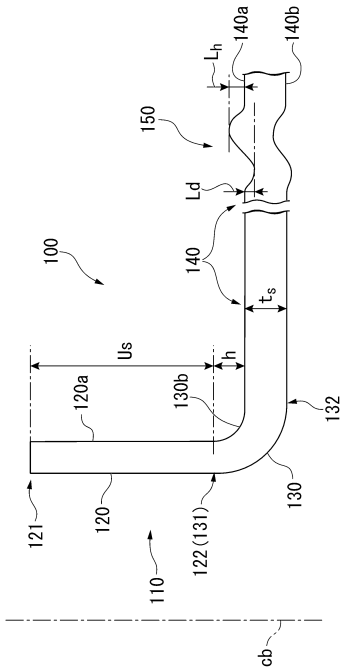
【図 17】



【図 18】



【図 19】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (74)代理人 100207686
弁理士 飯田 恭宏
- (74)代理人 100224812
弁理士 井口 翔太
- (72)発明者 大塚 研一郎
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内
- (72)発明者 東 昌史
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内
- (72)発明者 ▲浜▼田 幸一
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内
- (72)発明者 田畑 亮
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内
- (72)発明者 漆畑 諒
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内
- (72)発明者 北原 優樹
東京都千代田区丸の内二丁目6番1号 日本製鉄株式会社内
- 審査官 永井 友子
- (56)参考文献 特開2017-196632(JP, A)
特開2004-344968(JP, A)
特開平01-180728(JP, A)
特開2018-051609(JP, A)
特開2016-047544(JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B21D 19/08
B21D 22/26