

明 細 書

発明の名称： しごき加工用金型及び成形材製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、折返し絞り成形部に対してしごき加工を行うためのしごき加工用金型及び成形材製造方法に関する。

背景技術

[0002] 一般に、めっき鋼板等の表面処理金属板を素材として、絞り加工等のプレス成形により環状の折返し絞り成形部が成形されている。一例として、特許文献 1 の中で、電動機のハウジング 1 の一部に、折り返し絞り成形により成形された輪状の油溝 17 が紹介されている。折返し絞り成形部とは、1 枚の板材が折り返されて成形されるものであり、内周壁、外周壁並びに内周壁及び外周壁の先端を繋ぐ折返部を有するものである。折返し絞り成形部の寸法精度が特に必要とされる場合、折返し絞り成形部が成形された後に、その折返し絞り成形部に対してしごき加工が施される。しごき加工とは、パンチとダイとの間のクリアランスをしごき加工前の折返し絞り成形部の厚みよりも狭くして、パンチ及びダイにより折返し絞り成形部をしごき、パンチとダイとの間のクリアランスに折返し絞り成形部の厚みを一致させる加工方法である。このような折返し絞り成形部に対するしごき加工は、リストライクと呼ばれることもある。

[0003] 折り返し絞り成形部は、一般に次のように構成された金型により成形される。すなわち、従来の金型は、パンチと、ダイと、カウンターパッド部とを備えている。パンチは円柱状部材により構成され、ダイはパンチの外周側に配置された環状体により構成されている。パンチとダイの間には、折返し絞り成形部が押し込まれる押込穴が形成されている。ダイは、押込穴の入口外縁に配置されるとともに所定の曲率半径を有する曲面により構成された肩部と、肩部の R 止まりから押込方向に沿って直線状に延在された内周面とを有している。パンチの外周面と押込穴の内周面とは、折返し絞り成形部の押

込方向に沿って互いに平行に延在されている。

- [0004] カウンターパッド部は、パンチ及びダイとの間に折返し絞り成形部が位置するようにパンチ及びダイに対向して配置された部材であり、パンチ及びダイとの相対的な変位により折返し絞り成形部を押込穴に押し込むものである。折返し絞り成形部の外周壁の壁面は、押込穴に押し込まれるときに肩部でしごかれて、折返し絞り成形部全体の厚みがパンチの外周面と押込穴の内周面との間のクリアランスの広さに一致するまで徐々に減肉される。

先行技術文献

特許文献

- [0005] 特許文献1：特開2012-167818号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] 一般に、折返し絞り成形部が押込み穴に押込まれる際に、折返し絞り成形部は先端側の折返部からカウンターパッド側に向かってダイの肩部でしごかれて減肉されていく。このとき、減肉された材料がカウンターパッド側へ押しやられるため、カウンターパッド側に近づくほど材料板厚が厚くなることになり、折返し絞り成形部の厚くなった部分がより多くしごかれてしまう。このため、厚くなった部分の表面処理層が削れてしまい、粉状の滓が生じることがある。粉状の滓は、しごき加工後の成形加工部の表面での微小なくぼみ部（打痕）の形成や、その成形材を用いた製品性能の劣化等の問題を引き起こす。また、ダイの肩部の半径が小さい場合、プレス下死点において、しごきによって押しやられた材料がカウンターパッドとパンチ及びダイとの間で潰されて、大きな圧縮残留応力を発生させることとなる。その圧縮残留応力は、成形後に離型された製品に対して、弾性変形による寸法変化を引き起こす原因となる。
- [0007] 本発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、その目的は、一部の表面処理層に大きな負荷が生じることを回避でき、粉状の滓

の発生量を低減できるとともに、しごき加工後の折返し絞り成形部の寸法精度が悪化することを防止できるしごき加工用金型及び成形材製造方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明に係るしごき加工用金型は、表面処理金属板を素材として形成されるとともに、内周壁、外周壁並びに内周壁及び外周壁の先端を繋ぐ折返部を有する折返し絞り成形部に対してしごき加工を行うためのしごき加工用金型であって、パンチと、パンチの外周に配置され、折返部を先端として折返し絞り成形部が押し込まれる押込穴をパンチとの間に形成するダイと、パンチ及びダイとの間に折返し絞り成形部が位置するようにパンチ及びダイに対向して配置され、パンチ及びダイとの相対的な変位により折返し絞り成形部を押込穴に押し込むカウンターパッド部とを備え、ダイは、押込穴の入口外縁に配置されるとともに所定の曲率半径を有する曲面により構成された肩部と、肩部のR止まりから折返し絞り成形部の押込方向に沿って延在されて折返し絞り成形部の押込みにより折返し絞り成形部の外周壁の壁面が摺動される内周面とを含んでおり、表面処理金属板のスキューネス R_{sk} は -0.6 未満かつ -1.3 以上であり、肩部の曲率半径及びR止まりとパンチとの間のクリアランスは、肩部の曲率半径を r とし、R止まりとパンチとの間のクリアランスを c_{re} とし、しごき加工が終了する際にR止まりとパンチとの間に挟まれる位置におけるしごき加工前の折返し絞り成形部の厚みを t_{re} とし、折返し絞り成形部の高さを h とした場合に、 $\{(t_{re} - c_{re}) / t_{re}\} \times 100$ で表わされる Y と r / t_{re} で表わされる X とが $0 < Y \leq 18.7X - 6.1$ を満たし、かつ X が $X \geq 0.6$ を満たし、かつ r が $r \leq 0.5h$ を満たすように決定されている。

[0009] また、本発明に係るしごき加工用金型は、表面処理金属板を素材として形成されるとともに、内周壁、外周壁並びに内周壁及び外周壁の先端を繋ぐ折返部を有する折返し絞り成形部に対してしごき加工を行うためのしごき加工用金型であって、パンチと、パンチの外周に配置され、折返部を先端として

折返し絞り成形部が押し込まれる押込穴をパンチとの間に形成するダイと、パンチ及びダイとの間に折返し絞り成形部が位置するようにパンチ及びダイに対向して配置され、パンチ及びダイとの相対的な変位により折返し絞り成形部を押込穴に押し込むカウンターパッド部とを備え、ダイは、押込穴の入口外縁に配置されるとともに所定の曲率半径を有する曲面により構成された肩部と、肩部のR止まりから折返し絞り成形部の押込方向に沿って延在されて折返し絞り成形部の押込みにより折返し絞り成形部の外周壁の壁面が摺動される内周面とを含んでおり、表面処理金属板のスキューネス R_{sk} は -0.6 以上かつ 0 以下であり、肩部の曲率半径及びR止まりとパンチとの間のクリアランスは、肩部の曲率半径を r とし、R止まりとパンチとの間のクリアランスを c_{re} とし、しごき加工が終了する際にR止まりとパンチとの間に挟まれる位置におけるしごき加工前の折返し絞り成形部の厚みを t_{re} とし、折返し絞り成形部の高さを h とした場合に、 $\{(t_{re} - c_{re}) / t_{re}\} \times 100$ で表わされる Y と r / t_{re} で表わされる X とが $0 < Y \leq 14.4$ 、 $4X - 6.4$ を満たし、かつ X が $X \geq 0.8$ を満たし、かつ r が $r \leq 0.5h$ を満たすように決定されている。

[0010] 本発明に係る成形材製造方法は、少なくとも1回の成形加工を表面処理金属板に行うことで、内周壁、外周壁並びに内周壁及び外周壁の先端を繋ぐ折返部を有する環状の折返し絞り成形部を成形する工程と、折返し絞り成形部を成形した後にしごき加工用金型により折返し絞り成形部にしごき加工を行う工程とを含む成形材製造方法であって、しごき加工用金型は、パンチと、パンチの外周に配置され、折返部を先端として折返し絞り成形部が押し込まれる押込穴をパンチとの間に形成するダイと、パンチ及びダイとの間に折返し絞り成形部が位置するようにパンチ及びダイに対向して配置され、パンチ及びダイとの相対的な変位により折返し絞り成形部を押込穴に押し込むカウンターパッド部とを備え、ダイは、押込穴の入口外縁に配置されるとともに所定の曲率半径を有する曲面により構成された肩部と、肩部のR止まりから折返し絞り成形部の押込方向に沿って延在されて折返し絞り成形部の押込み

により折返し絞り成形部の外周壁の壁面が摺動される内周面とを含んでおり、表面処理金属板のスキューネス R_{sk} は -0.6 未満かつ -1.3 以上であり、肩部の曲率半径及び R 止まりとパンチとの間のクリアランスは、肩部の曲率半径を r とし、 R 止まりとパンチとの間のクリアランスを c_{re} とし、しごき加工が終了する際に R 止まりとパンチとの間に挟まれる位置におけるしごき加工前の折返し絞り成形部の厚みを t_{re} とし、折返し絞り成形部の高さを h とした場合に、 $\{(t_{re} - c_{re}) / t_{re}\} \times 100$ で表わされる Y と r / t_{re} で表わされる X とが $0 < Y \leq 18.7$ 、 $X - 6.1$ を満たし、かつ X が $X \geq 0.6$ を満たし、かつ r が $r \leq 0.5h$ を満たすように決定されている。

[0011] また、本発明に係る成形材製造方法は、少なくとも1回の成形加工を表面処理金属板に行うことで、内周壁、外周壁並びに内周壁及び外周壁の先端を繋ぐ折返部を有する環状の折返し絞り成形部を成形する工程と、折返し絞り成形部を成形した後にしごき加工用金型により折返し絞り成形部にしごき加工を行う工程とを含む成形材製造方法であって、しごき加工用金型は、パンチと、パンチの外周に配置され、折返部を先端として折返し絞り成形部が押し込まれる押込穴をパンチとの間に形成するダイと、パンチ及びダイとの間に折返し絞り成形部が位置するようにパンチ及びダイに対向して配置され、パンチ及びダイとの相対的な変位により折返し絞り成形部を押込穴に押し込むカウンターパッド部とを備え、ダイは、押込穴の入口外縁に配置されるとともに所定の曲率半径を有する曲面により構成された肩部と、肩部の R 止まりから折返し絞り成形部の押込方向に沿って延在されて折返し絞り成形部の押込みにより折返し絞り成形部の外周壁の壁面が摺動される内周面とを含んでおり、表面処理金属板のスキューネス R_{sk} は -0.6 以上かつ 0 以下であり、肩部の曲率半径及び R 止まりとパンチとの間のクリアランスは、肩部の曲率半径を r とし、 R 止まりとパンチとの間のクリアランスを c_{re} とし、しごき加工が終了する際に R 止まりとパンチとの間に挟まれる位置におけるしごき加工前の折返し絞り成形部の厚みを t_{re} とし、折返し絞り成形部の高さを h とした場合に、 $\{(t_{re} - c_{re}) / t_{re}\} \times 100$ で表わされる Y と r / t_{re}

で表わされる X とが $0 < Y \leq 1.4$ 、 $4X - 6.4$ を満たし、かつ X が $X \geq 0.8$ を満たし、かつ r が $r \leq 0.5h$ を満たすように決定されている。

発明の効果

[0012] 本発明のしごき加工用金型及び成形材製造方法によれば、折返し絞り成形部にてしごき加工で押しやられた材料がプレス下死点においてパンチとダイとカウンターパッドとで過度に潰されることがないように押込穴が構成されているので、一部の表面処理層に大きな負荷が生じることを回避できるとともに、離型後の変形を低減することができる。これにより、粉状の滓の発生量を低減できるとともに、しごき加工後の折返し絞り成形部の寸法精度が悪化することを防止できる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の実施の形態による成形材製造方法を示すフローチャートである。

[図2]図1の成形工程S1で成形された折返し絞り成形部を含む成形材の断面図である。

[図3]図1のしごき工程S2が行われた後の折返し絞り成形部を含む成形材の断面図である。

[図4]図2の折返し絞り成形部の一部を拡大して示す断面図である。

[図5]図1のしごき工程S2で用いられるしごき加工用金型の断面図である。

[図6]図5のしごき加工用金型を用いて成形加工部に対してしごき加工を行っている状態の肩部周辺を拡大して示す説明図である。

[図7]図6の肩部とZn系めっき鋼板のめっき層との関係を概念的に示す説明図である。

[図8]各種のめっき層における図7のめっき層のスキューネス R_{sk} を示すグラフである。

[図9]Zn-Al-Mg系合金めっき鋼板におけるしごき率 Y と $X (= r / t_r)$ との関係を示すグラフである。

[図10]図8の合金化溶融亜鉛めっき鋼板、溶融亜鉛めっき鋼板及び電気亜鉛

めっき鋼板におけるしごき率 Y と X ($= r / t_{re}$) との関係を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本発明を実施するための形態について、図面を参照して説明する。
実施の形態 1.

図 1 は本発明の実施の形態による成形材製造方法を示すフローチャートであり、図 2 は図 1 の成形工程 S 1 で成形された折返し絞り成形部 1 を含む成形材の断面図であり、図 3 は図 1 のしごき工程 S 2 が行われた後の折返し絞り成形部 1 を含む成形材の断面図である。

[0015] 図 1 に示すように、本実施の形態の成形材製造方法は、成形工程 S 1 としごき工程 S 2 とを含んでいる。成形工程 S 1 は、少なくとも 1 回の成形加工を表面処理金属板に行うことで環状の折返し絞り成形部 1 (図 2 参照) を成形する工程である。成形加工には、絞り加工や張り出し加工等のプレス加工が含まれる。表面処理金属板は、表面に表面処理層が設けられた金属板である。表面処理層には、塗膜やめっき層が含まれる。本実施の形態では、表面処理金属板は、Zn (亜鉛) 系めっきが鋼板の表面に施された Zn 系めっき鋼板であるとして説明する。

[0016] 図 2 に示すように、本実施の形態の折返し絞り成形部 1 は、Zn 系めっき鋼板がキャップ体に成形された後に、そのキャップ体の頂部からキャップ体の内方に突出するように成形された環状の壁体であり、内周壁 10 と、外周壁 11 と、これら内周壁 10 及び外周壁 11 の先端を繋ぐ折返部 12 とを有している。以下、折返し絞り成形部 1 の基部 1b (内周壁 10 及び外周壁 11 の後端側) から頂部 1a (折返部 12) に向かう方向を押込方向 1c と呼ぶ。この押込方向 1c は、後述のしごき加工用金型のダイに設けられた押込穴 (図 5 参照) に折返し絞り成形部 1 が押し込まれる方向を意味する。

[0017] しごき工程 S 2 は、後述するしごき加工用金型により折返し絞り成形部 1 にしごき加工を行う工程である。しごき加工とは、しごき加工用金型のパンチとダイとの間のクリアランスをしごき加工前の折返し絞り成形部 1 の厚み

よりも狭くして、パンチ及びダイにより折返し絞り成形部 1 の板面をしごき、パンチとダイとの間のクリアランスに折返し絞り成形部 1 の厚みを一致させる加工方法である。すなわち、しごき加工後の折返し絞り成形部 1 の厚みは、しごき加工前の折返し絞り成形部 1 の厚みよりも薄くされている。このような折返し絞り成形部 1 に対するしごき加工は、リストライクと呼ばれることもある。

[0018] 図 3 に示すように、しごき加工が行われることで、内周壁 10 の位置はほとんど変化せず、内周壁 10 と外周壁 11 との間の隙間が埋まるように外周壁 11 が内周壁 10 に近づけられている。このような成形工程 S1 及びしごき工程 S2 を経て製造された成形材、すなわち本実施の形態の成形材製造方法により製造された成形材は、様々な用途に用いることができるが、例えば、電動機等を収容する容器の軸受けとなる折返し絞り成形部 1 の寸法精度が求められる用途に特に用いられる。

[0019] 次に、図 4 は、図 2 の折返し絞り成形部 1 の一部を拡大して示す断面図である。折返し絞り成形部 1 の厚み t とは、内周壁 10 の板厚 t_{10} と外周壁 11 の板厚 t_{11} を足し合わせたものである。さらに、折返し絞り成形部の特長として、内周壁 10 と外周壁 11 との間に隙間が存在する。

本来、外周壁 11 のダイにより近い部位、換言すれば外周壁 11 のストレート部により近い部位にダイの肩部を接触させることが望ましい。しかしながら、上記のように、内周壁 10 と外周壁 11 との間に隙間が存在することによって、外周壁 11 のパンチにより近い部位にダイの肩部が接触することとなる。

これは外周壁 11 の先端側曲面部とダイ肩曲面部とが、本来進行方向に対してお互い鋭角になるよう接触するところ、隙間が存在することによってダイの肩部が外周壁 11 のパンチにより近い部位に接触することとなり、外周壁 11 の先端側曲面部とダイ肩曲面部とが鈍角に接触する。その結果、外周壁 11 を内周壁 10 へ密着させるための変形抵抗が増大するため、一部の表面処理層に大きな負荷を生じることとなり粉状滓の発生原因となる。

また、ダイの肩部の半径が小さくなるほど、ダイ肩部が外周壁 11 のよりパンチに近い部位に接触することとなるので、ダイ肩部と外周壁 11 が鈍角に接触することになりやはり変形抵抗の増大を招き粉状滓の発生原因となる。

[0020] 次に、図 5 は図 1 のしごき工程 S2 で用いられるしごき加工用金型 2 の断面図であり、図 6 は図 5 のしごき加工用金型 2 を用いて成形加工部に対してしごき加工を行っている状態の肩部 211 周辺を拡大して示す説明図である。図 5 において、しごき加工用金型 2 は、パンチ 20 とダイ 21 とクッションパッド部 22 とを備えている。パンチ 20 は、上述の折返し絞り成形部 1 の内側に挿入される凸状体である。パンチ 20 の外径は、しごき加工前の折返し絞り成形部 1 の内径と実質的に等しくされている。パンチ 20 の外周面 20a は、押込方向 1c と平行に直線状に延在されている。ダイ 21 は、パンチ 20 の外周に配置された環状体である。ダイ 21 の内径は、パンチ 20 の外径よりも大きく、かつしごき加工前の折返し絞り成形部 1 の外径よりも小さくされている。このようにパンチ 20 の外径が折返し絞り成形部 1 の内径と実質的に等しくされ、ダイ 21 の内径が折返し絞り成形部 1 の外径よりも小さくされていることで、しごき加工により内周壁 10 の位置がほとんど変化せず、内周壁 10 と外周壁 11 との間隙が埋まるように外周壁 11 が内周壁 10 に近づけられる。また、内周壁 10 の肉厚はあまり変化せず、外周壁 11 が主に減肉される。

[0021] ダイ 21 とパンチ 20 との間には、折返し絞り成形部 1 が押し込まれる押込穴 210 が形成されている。図 6 に示すように、ダイ 21 は、肩部 211 と内周面 212 とを有している。肩部 211 は、押込穴 210 の入口外縁に配置されており、所定の曲率半径を有する曲面により構成されている。内周面 212 は、肩部 211 の R 止まり 211a から押込方向 1c に沿って延在された壁面である。肩部 211 の R 止まり 211a とは、肩部 211 を構成する曲面の押込穴 210 の奥側における終端を意味する。内周面 212 が押込方向 1c に沿って延在されるとは、内周面 212 の延在方向に押込方向 1

cの成分が含まれることを意味する。

[0022] クッションパッド部22は、例えば炭素工具鋼や合金工具鋼等により構成されるものであり、パンチ20及びダイ21に対向して配置されている。クッションパッド部22は、パンチ20及びダイ21と相対的な変位可能に設けられている。本実施の形態では、クッションパッド部22は、パンチ20及びダイ21に近づく方向及びパンチ20及びダイ21から離れる方向に変位可能に設けられている。クッションパッド部22とパンチ20及びダイ21との間には、折返し絞り成形部1が配置される。クッションパッド部22がパンチ20及びダイ21に近づく方向に変位されることで、折返し絞り成形部1が押込穴210に押し込まれる。

[0023] 折返し絞り成形部1が押込穴210に押し込まれると、図6に示すように折返し絞り成形部1の外周壁11の壁面が肩部211でしごかれる。

折返し絞り成形部1の外壁11とダイ21の肩部211との接触時に粉状のめっき滓が発生するのを防止するため、ダイ21の肩部211の半径 r は折返し絞り成形部1の外壁11と鋭角に接触するよう大きく設定する必要がある。

また、折返し絞り成形部1の外周壁11の壁面は、押込穴210への押込みにより内周面212上を摺動される。しごき加工が進むにつれて折返し絞り成形部1の外壁11は減肉され、余分な材料がカウンターパッド側へ押しやられる。このとき減肉された材料はカウンターパッド側へ押しやられるため、カウンターパッド側に近づくほど材料板厚が厚くなることになる。従って、カウンターパッド側に近いほどしごき量が増大し表面処理層が削れやすくなる。そこで、ダイ21の肩部211の半径 r を大きくすることによって、 r 分に相当する位置のパンチ20とダイ21との間の隙間を広くして、しごき量の増大を抑制する。

[0024] さらに、しごき加工で減肉されて押しやられた材料は、その後プレス下死点でダイ21及びパンチ20とカウンターパッド22との間で潰されることとなる。このとき、押しやられる材料のボリュームはクリアランスが狭くな

るほど増加するため、クリアランスが狭くなるほどプレス下死点での潰される度合いが増大し、圧縮残留応力増大による離型後の寸法変化を招く。これについても肩部211の半径 r を大きくすることによって、プレス下死点でのパンチ20とカウンターパッド22との空間を広く確保することができるため、離型後の寸法変化を防止することが可能となる。

[0025] 上述のように、パンチ20とダイ21との間のクリアランスが狭くなるほど、押しやられる材料のボリュームが増えることから、めっき滓の発生防止と寸法精度の向上のために肩部211の半径 r を大きくすることが必要である。しかしながら、肩部211の半径 r を過大にすると、パンチ20とダイ21との隙間が広くなり過ぎて逆に寸法精度の劣化を招くこととなる。すなわち、肩部211の半径 r を大きくしすぎると、肩部211の曲面に沿って内周壁10及び外周壁11が大きく変形してしまう。肩部211の曲面に沿って内周壁10及び外周壁11が変形する大きさは、肩部211によって加工を受ける内周壁10及び外周壁11の長さ、すなわち折返し絞り成形部1の高さ h （図4参照）と相関を有する。

[0026] 次に、図7を参照して肩部211でのしごきによりめっき滓が発生するメカニズムを説明する。図7は、図6の肩部211とZn系めっき鋼板のめっき層13との関係を概念的に示す説明図である。図7に示すように、Zn系めっき鋼板のめっき層13の表面には微細な凹凸13aが存在する。この凹凸13aは、図6で示したように肩部211によって成形加工部1の板面がしごかれる際に肩部211によって削られて、めっき滓となるおそれがある。

[0027] めっき滓の発生量は、肩部211の曲率半径 r 及び折返し絞り成形部1の厚み t の比 r/t と相関を有する。肩部211の曲率半径 r が小さいほど、局所的なひずみが増してめっき層13の表面と肩部211との摺動抵抗が増大するので、めっき滓の発生量が増大する。また、折返し絞り成形部1の厚み t が大きいほど、肩部211による減肉量が大きくなりZn系めっき鋼板表面にかかる負荷が増大するので、めっき滓の発生量が増大する。すなわち

、比 r/t が小さいほどめっき滓の発生量が増大し、比 r/t が大きいほどめっき滓の発生量が減少する。

[0028] 特に、しごき加工が終了する際にR止まり211aとパンチ20との間に挟まれる位置におけるしごき加工前の折返し絞り成形部1の板面が、肩部211によって最も減肉される。このため、めっき滓の発生量を抑える観点から見ると、めっき滓の発生量は、肩部211の曲率半径 r と、しごき加工が終了する際にR止まり211aとパンチ20との間に挟まれる位置における折返し絞り成形部1の厚み t_{re} との比 r/t_{re} と強い相関を有する。

[0029] また、めっき滓の発生量は、肩部211によるしごき率とも相関を有する。しごき率は、R止まり211aとパンチ20との間のクリアランスを c_{re} とし、しごき加工が終了する際にR止まり211aとパンチ20との間に挟まれる位置におけるしごき加工前の折返し絞り成形部1の厚みを t_{re} とした場合に、 $\{(t_{re} - c_{re}) / t_{re}\} \times 100$ で表わされる。クリアランス c_{re} は、R止まり211aとパンチ20との間に挟まれる位置におけるしごき加工後の折返し絞り成形部1の厚みに相当する。しごき率が大きいほど、Zn系めっき鋼板表面にかかる負荷が大きくなり、めっき滓の発生量が増大する。

[0030] 次に、図8は、各種のめっき層における図7のめっき層13のスキューネス Rsk を示すグラフである。めっき滓の発生量は、めっき層13のスキューネス Rsk とも相関を有する。スキューネス Rsk とは、日本工業規格B0601で規定されているものであり、下記の式によって表わされるものである。

[数1]

$$Rsk = \frac{1}{Rq^3} \left\{ \frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} Z^3(x) dx \right\}$$

ここで、 Rq ：二乗平均平方根粗さ（＝振幅分布曲線の2次モーメントの平方根）

$\int Z^3(x) dx$ ：振幅分布曲線の3次モーメント

[0031] スキューネス Rsk は、めっき層13の凹凸13a（図7参照）における

凸部の存在確率を表わしている。スキューネス R_{sk} が小さいほど、凸部が少なく、めっき滓の発生量が抑えられる。なお、スキューネス R_{sk} については、本出願人による特開 2006-193776 号公報でも説明されている。

[0032] 図 8 に示すように、Zn 系めっき鋼板の種類としては、Zn-Al-Mg 系合金めっき鋼板、合金化溶融亜鉛めっき鋼板、溶融亜鉛めっき鋼板及び電気亜鉛めっき鋼板が挙げられる。Zn-Al-Mg 系合金めっき鋼板は、代表的には Zn と 6 質量%の Al（アルミニウム）と 3 質量%の Mg（マグネシウム）とを含む合金からなるめっき層を鋼板表面に施したものである。本出願人がそれぞれのスキューネス R_{sk} を調査したところ、図 8 に示すように、Zn-Al-Mg 系合金めっき鋼板のスキューネス R_{sk} は -0.6 未満かつ -1.3 以上の範囲に含まれ、その他のめっき鋼板は -0.6 以上かつ 0 以下の範囲に含まれることが分った。

[0033] 次に、図 9 は、Zn-Al-Mg 系合金めっき鋼板におけるしごき率 Y と $X (= r / t_{re})$ との関係を示すグラフである。本発明者らは、しごき率と r / t_{re} とをそれぞれ変更するように、下記の条件にて Zn-Al-Mg 系合金めっき鋼板を素材とする図 2 のような折返し成形品に対して図 5 に示すような構造の金型を用いてしごき加工を行った。なお、供試材の板厚は 1.8 mm で、そのめっき付着量は $90 \text{ g} / \text{m}^2$ である。また、しごき加工前の t_{re} は 2.45 mm であった。

[0034] [表 1]

表 1 供試材の化学成分(質量%)

めっき種	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti
Zn-Al-Mg 系合金めっき鋼板	0.002	0.006	0.14	0.014	0.006	0.032	0.056

[表2]

表2 供試材の機械的性質

めっき種	降伏強度 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	伸び (%)	硬さHv
Zn-Al-Mg系 合金めっき鋼板	164	304	49.2	87

[表3]

表3 実験条件

プレス機	2500kN トランスファープレス
しごき加工前の成形加工部の高さ	7.4mm
成形加工用金型の肩部の曲率半径 r	2.0mm
しごき加工用金型の肩部の曲率半径 r	1.0~4.2mm
しごき加工用金型のクリアランス	1.84~2.50mm
プレス油	TN-20 (東京石油(株)製)

[0035] 図9の縦軸は $\{(t_{re} - c_{re}) / t_{re}\} \times 100$ で表わされるしごき率であり、横軸は r / t_{re} で表わされる肩部211の曲率半径 r としごき加工が終了する際にR止まり211aとパンチ20との間に挟まれる位置におけるしごき加工前の折返し絞り成形部1の厚み t_{re} との比である。○はめっき滓の発生を抑えることができかつ折返し絞り成形部1の内径精度が所定範囲に収まったという評価を示し、●はめっき滓の発生を抑えることができたが折返し絞り成形部1の内径精度が所定範囲から外れたという評価を示し、×はめっき滓の発生を抑えることができなかったという評価を示している。

[0036] 図9に示すように、Zn-Al-Mg系合金めっき鋼板の場合、すなわち、スキューネス R_{sk} が0.6未満かつ1.3以上の材料の場合、しごき率を Y とし r / t_{re} を X として $Y = 18.7X - 6.1$ で表わされる直線の下方の領域であって、 $0.6 \leq X \leq 1.5$ の領域でめっき滓の発生を抑えつつ、折返し絞り成形部1の寸法精度を良好に保つことができることが確認された。 $X > 1.5$ になる半径 r を適用した場合、内径精度の悪化が生じた。 $X \leq 1.5$ は r の上限を規定している。上述のように、半径 r の上限は折返し絞り成形部1の高さ h と相関を有している。 $X = 1.5$ であるとき $r = 3$

、7 mmであり、表3のように $h = 7.4$ mmであるので、 $X \leq 1.5$ は $r \leq 0.5h$ に相当する。すなわち、スキューネス R_{sk} が -0.6 未満かつ -1.3 以上の材料の場合、 $Y = 18.7X - 6.1$ 以下、かつ $X \geq 0.6$ 、かつ $r \leq 0.5h$ を満たすように、肩部211の曲率半径 r 及び R 止まり211aとパンチ20との間のクリアランス c_{re} を決定することで、めっき滓の発生を抑えることができることが確認された。なお、上記の条件式において、 $0 < Y$ と規定しているのは、しごき率 Y が0%以下の場合にはしごき加工にならないためである。

[0037] 次に、図10は、図8の合金化溶融亜鉛めっき鋼板、溶融亜鉛めっき鋼板及び電気亜鉛めっき鋼板におけるしごき率 Y と $X (= r / t_{re})$ との関係を示すグラフである。本発明者らは、下記の条件にて合金化溶融亜鉛めっき鋼板、溶融亜鉛めっき鋼板及び電気亜鉛めっき鋼板についても同様の実験を行った。なお、プレス機等の実験条件（表3参照）については、上述のZn-Al-Mg系合金めっき鋼板のしごき加工と同様である。また、合金化溶融亜鉛めっき鋼板、溶融亜鉛めっき鋼板は、板厚が1.8 mmで、めっき付着量を 90 g/m^2 とした。電気亜鉛めっき鋼板については、板厚1.8 mmで、めっき付着量を 20 g/m^2 とした。また、しごき加工前の t_{re} は2.45 mmであった。

[0038] [表4]

表4 供試材の化学成分(質量%)

めっき種	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti
合金化溶融亜鉛めっき鋼板	0.003	0.005	0.14	0.014	0.006	0.035	0.070
溶融亜鉛めっき鋼板	0.004	0.006	0.15	0.014	0.007	0.039	0.065
電気亜鉛めっき鋼板	0.002	0.004	0.13	0.013	0.008	0.041	0.071

[表5]

表5 供試材の機械的性質

めっき種	降伏強度 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	伸び (%)	硬さHv
合金化溶融亜鉛 めっき鋼板	175	315	46.2	89
溶融亜鉛めっき鋼板	178	318	45.7	90
電気亜鉛めっき鋼板	159	285	53.4	84

[0039] 図10に示すように、合金化溶融亜鉛めっき鋼板、溶融亜鉛めっき鋼板及び電気亜鉛めっき鋼板の場合、すなわち、スキューネス R_{sk} が -0.6 以上かつ 0 以下の材料の場合、しごき率を Y とし r/t_{re} を X として $Y=14.4X-6.4$ で表わされる直線の下方の領域であって、 $0.8 \leq X \leq 1.5$ の領域でめっき滓の発生を抑えつつ、折返し絞り成形部1の寸法精度を良好に保つことができることが確認された。図9の例と同様に、 $X=1.5$ であるとき $r=3.7$ mmであり、表3のように $h=7.4$ mmであるので、 $X \leq 1.5$ は $r \leq 0.5h$ に相当する。すなわち、スキューネス R_{sk} が -0.6 以上かつ 0 以下の材料の場合、 $Y=18.7X-6.1$ 以下、かつ $X \geq 0.8$ 、かつ $r \leq 0.5h$ を満たすように、肩部211の曲率半径 r 及びR止まり211aとパンチ20との間のクリアランス c_{re} を決定することで、めっき滓の発生を抑えることができることが確認された。

[0040] このようなしごき加工用金型2及び成形材製造方法では、スキューネス R_{sk} が -0.6 未満かつ -1.3 以上の素材の場合に、 $\{(t_{re}-c_{re})/t_{re}\} \times 100$ で表わされる Y と r/t_{re} で表わされる X とが $0 < Y \leq 18.7X-6.1$ を満たし、かつ X が $X \geq 0.6$ を満たし、かつ r が $r \leq 0.5h$ を満たすように、肩部211の曲率半径 r 及びR止まり211aとパンチ20との間のクリアランス c_{re} が決定されているので、一部の表面処理層（めっき層10）に大きな負荷が生じることを回避でき、粉状の滓（めっき滓）の発生量を低減できる。粉状の滓の発生量を低減することで、しごき加工後の成形加工部1の表面に微小なくぼみ部（打痕）が形成されたり、その成形材を用いた製品性能が劣化されたり、さらに粉状の滓の除去作業が発生したりす

る問題を解消できる。この構成は、Zn系めっき鋼板のしごき加工を行う際に特に有効である。

[0041] また、スキューネス R_{sk} は -0.6 以上かつ 0 以下の素材の場合に、 $\{(t_{re} - c_{re}) / t_{re}\} \times 100$ で表わされる Y と r / t_{re} で表わされる X とが $0 < Y \leq 14.4$ 、 $X - 6.4$ を満たし、かつ X が $X \geq 0.8$ を満たし、かつ r が $r \leq 0.5h$ を満たすように肩部 211 の曲率半径 r 及び R 止まり 211a とパンチ 20 との間のクリアランス c_{re} が決定されているので、上記したスキューネス R_{sk} が -0.6 未満かつ -1.3 以上の素材の場合と同様に、肩部 211 でのしごきによる粉状の滓の発生量を低減できる。

[0042] また、実施の形態では表面処理金属板が Zn 系めっき鋼板であると説明したが、本発明は例えば塗膜が表面に設けられたアルミニウム板等の他の表面処理金属板にも適用できる。

請求の範囲

[請求項1]

表面処理金属板を素材として形成されるとともに、内周壁、外周壁並びに前記内周壁及び前記外周壁の先端を繋ぐ折返部を有する折返し絞り成形部に対してしごき加工を行うためのしごき加工用金型であって、

パンチと、

前記パンチの外周に配置され、前記折返部を先端として前記折返し絞り成形部が押し込まれる押込穴を前記パンチとの間に形成するダイと、

前記パンチ及び前記ダイとの間に前記折返し絞り成形部が位置するように前記パンチ及び前記ダイに対向して配置され、前記パンチ及び前記ダイとの相対的な変位により前記折返し絞り成形部を前記押込穴に押し込むカウンターパッド部と

を備え、

前記ダイは、前記押込穴の入口外縁に配置されるとともに所定の曲率半径を有する曲面により構成された肩部と、前記肩部のR止まりから前記折返し絞り成形部の押込方向に沿って延在されて前記折返し絞り成形部の押込みにより前記折返し絞り成形部の前記外周壁の壁面が摺動される内周面とを含んでおり、

前記表面処理金属板のスキューネス R_{sk} は -0.6 未満かつ -1.3 以上であり、

前記肩部の曲率半径及び前記R止まりと前記パンチとの間のクリアランスは、

前記肩部の曲率半径を r とし、前記R止まりと前記パンチとの間のクリアランスを c_{re} とし、前記しごき加工が終了する際に前記R止まりと前記パンチとの間に挟まれる位置における前記しごき加工前の前記折返し絞り成形部の厚みを t_{re} とし、前記折返し絞り成形部の高さを h とした場合に、

$\{(t_{re} - c_{re}) / t_{re}\} \times 100$ で表わされる Y と r / t_{re} で表わされる X とが $0 < Y \leq 18.7X - 6.1$ を満たし、かつ X が $X \geq 0.6$ を満たし、かつ r が $r \leq 0.5h$ を満たすように決定されている、

しごき加工用金型。

[請求項2]

表面処理金属板を素材として形成されるとともに、内周壁、外周壁並びに前記内周壁及び前記外周壁の先端を繋ぐ折返部を有する折返し絞り成形部に対してしごき加工を行うためのしごき加工用金型であって、

パンチと、

前記パンチの外周に配置され、前記折返部を先端として前記折返し絞り成形部が押し込まれる押込穴を前記パンチとの間に形成するダイと、

前記パンチ及び前記ダイとの間に前記折返し絞り成形部が位置するように前記パンチ及び前記ダイに対向して配置され、前記パンチ及び前記ダイとの相対的な変位により前記折返し絞り成形部を前記押込穴に押し込むカウンターパッド部と

を備え、

前記ダイは、前記押込穴の入口外縁に配置されるとともに所定の曲率半径を有する曲面により構成された肩部と、前記肩部の R 止まりから前記折返し絞り成形部の押込方向に沿って延在されて前記折返し絞り成形部の押込みにより前記折返し絞り成形部の前記外周壁の壁面が摺動される内周面とを含んでおり、

前記表面処理金属板のスキューネス R_{sk} は -0.6 以上かつ 0 以下であり、

前記肩部の曲率半径及び前記 R 止まりと前記パンチとの間のクリアランスは、

前記肩部の曲率半径を r とし、前記 R 止まりと前記パンチとの間の

クリアランスを c_{re} とし、前記しごき加工が終了する際に前記 R 止まりと前記パンチとの間に挟まれる位置における前記しごき加工前の前記折返し絞り成形部の厚みを t_{re} とし、前記折返し絞り成形部の高さを h とした場合に、

$\{(t_{re} - c_{re}) / t_{re}\} \times 100$ で表わされる Y と r / t_{re} で表わされる X とが $0 < Y \leq 14.4$ 、 $4X - 6.4$ を満たし、かつ X が $X \geq 0.8$ を満たし、かつ r が $r \leq 0.5h$ を満たすように決定されている、

しごき加工用金型。

[請求項3] 前記表面処理金属板は、鋼板の表面に Zn 系めっきが施された Zn 系めっき鋼板である、請求項 1 又は請求項 2 に記載のしごき加工用金型。

[請求項4] 少なくとも 1 回の成形加工を表面処理金属板に行うことで、内周壁、外周壁並びに前記内周壁及び前記外周壁の先端を繋ぐ折返部を有する環状の折返し絞り成形部を成形する工程と、

前記折返し絞り成形部を成形した後にしごき加工用金型により前記折返し絞り成形部にしごき加工を行う工程と

を含む成形材製造方法であって、

前記しごき加工用金型は、

パンチと、

前記パンチの外周に配置され、前記折返部を先端として前記折返し絞り成形部が押し込まれる押込穴を前記パンチとの間に形成するダイと、

前記パンチ及び前記ダイとの間に前記折返し絞り成形部が位置するように前記パンチ及び前記ダイに対向して配置され、前記パンチ及び前記ダイとの相対的な変位により前記折返し絞り成形部を前記押込穴に押し込むカウンターパッド部と

を備え、

前記ダイは、前記押込穴の入口外縁に配置されるとともに所定の曲率半径を有する曲面により構成された肩部と、前記肩部のR止まりから前記折返し絞り成形部の押込方向に沿って延在されて前記折返し絞り成形部の押込みにより前記折返し絞り成形部の前記外周壁の壁面が摺動される内周面とを含んでおり、

前記表面処理金属板のスキューネス R_{sk} は -0.6 未満かつ -1.3 以上であり、

前記肩部の曲率半径及び前記R止まりと前記パンチとの間のクリアランスは、

前記肩部の曲率半径を r とし、前記R止まりと前記パンチとの間のクリアランスを c_{re} とし、前記しごき加工が終了する際に前記R止まりと前記パンチとの間に挟まれる位置における前記しごき加工前の前記折返し絞り成形部の厚みを t_{re} とし、前記折返し絞り成形部の高さを h とした場合に、

$\{(t_{re} - c_{re}) / t_{re}\} \times 100$ で表わされる Y と r / t_{re} で表わされる X とが $0 < Y \leq 18.7X - 6.1$ を満たし、かつ X が $X \geq 0.6$ を満たし、かつ r が $r \leq 0.5h$ を満たすように決定されている、

成形材製造方法。

[請求項5]

少なくとも1回の成形加工を表面処理金属板に行うことで、内周壁、外周壁並びに前記内周壁及び前記外周壁の先端を繋ぐ折返部を有する環状の折返し絞り成形部を成形する工程と、

前記折返し絞り成形部を成形した後にしごき加工用金型により前記折返し絞り成形部にしごき加工を行う工程と

を含む成形材製造方法であって、

前記しごき加工用金型は、

パンチと、

前記パンチの外周に配置され、前記折返部を先端として前記折返し

絞り成形部が押し込まれる押込穴を前記パンチとの間に形成するダイと、

前記パンチ及び前記ダイとの間に前記折返し絞り成形部が位置するように前記パンチ及び前記ダイに対向して配置され、前記パンチ及び前記ダイとの相対的な変位により前記折返し絞り成形部を前記押込穴に押し込むカウンターパッド部と

を備え、

前記ダイは、前記押込穴の入口外縁に配置されるとともに所定の曲率半径を有する曲面により構成された肩部と、前記肩部のR止まりから前記折返し絞り成形部の押込方向に沿って延在されて前記折返し絞り成形部の押込みにより前記折返し絞り成形部の前記外周壁の壁面が摺動される内周面とを含んでおり、

前記表面処理金属板のスキューネス R_{sk} は -0.6 以上かつ 0 以下であり、

前記肩部の曲率半径及び前記R止まりと前記パンチとの間のクリアランスは、

前記肩部の曲率半径を r とし、前記R止まりと前記パンチとの間のクリアランスを c_{re} とし、前記しごき加工が終了する際に前記R止まりと前記パンチとの間に挟まれる位置における前記しごき加工前の前記折返し絞り成形部の厚みを t_{re} とし、前記折返し絞り成形部の高さを h とした場合に、

$\{(t_{re} - c_{re}) / t_{re}\} \times 100$ で表わされる Y と r / t_{re} で表わされる X とが $0 < Y \leq 14.4$ 、 $X - 6.4$ を満たし、かつ X が $X \geq 0.8$ を満たし、かつ r が $r \leq 0.5h$ を満たすように決定されている、

成形材製造方法。

[請求項6]

前記表面処理金属板は、鋼板の表面にZn系めっきが施されたZn系めっき鋼板である、請求項4又は請求項5に記載の成形材製造方法

o