

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5656232号
(P5656232)

(45) 発行日 平成27年1月21日 (2015. 1. 21)

(24) 登録日 平成26年12月5日 (2014. 12. 5)

(51) Int. Cl.

F I

B 2 1 J 13/02 (2006. 01)

B 2 1 J 13/02 G

B 2 1 J 5/10 (2006. 01)

B 2 1 J 5/10 Z

請求項の数 5 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2012-258447 (P2012-258447)	(73) 特許権者	591155242
(22) 出願日	平成24年11月27日 (2012. 11. 27)		鹿児島県
(65) 公開番号	特開2014-104482 (P2014-104482A)		鹿児島県鹿児島市鴨池新町 1 〇番 1 号
(43) 公開日	平成26年6月9日 (2014. 6. 9)	(74) 代理人	100081709
審査請求日	平成25年5月9日 (2013. 5. 9)		弁理士 鶴若 俊雄
		(72) 発明者	牟禮 雄二
			鹿児島県霧島市隼人町小田 1 4 4 5 番地 1
			鹿児島県工業技術センター内
		審査官	石黒 雄一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 穿孔用鍛造金型の設計方法及び穿孔用鍛造金型

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

鍛造加工にて成形される鍛造品の成形穴を有するダイスと、
前記ダイスに対向して配置される穿孔用鍛造工具と、
前記穿孔用鍛造工具を保持し、被加工材を押さえ付ける閉空間を持つ環状のホルダーとを備え、
前記ダイスの成形穴に加工前の前記被加工材を配置し、
前記穿孔用鍛造工具により前記被加工材を押圧して底付きの凹部を有する鍛造品を成形する穿孔用鍛造金型の設計方法であり、
前記穿孔用鍛造工具に、溝あるいは貫通穴を形成し、前記溝あるいは前記貫通穴は、
押圧時における前記穿孔用鍛造工具の前記溝あるいは前記貫通穴を形成する部分における前記加圧軸方向の微小な縮み（収縮）の弾性変形を積極的に促進し、同時に前記溝あるいは前記貫通穴を形成する部分以外の部分における前記加圧軸方向と直交する 2 次元方向の微小な伸び（膨張）の弾性変形を抑制させる構成であり、
線形有限要素解析により、一定荷重のもとで前記穿孔用鍛造工具の微小な縮み（収縮）の弾性変形量及び微小な伸び（膨張）の弾性変形量を算出し、
前記加圧軸方向の微小な縮み（収縮）の弾性変形量を、前記溝あるいは貫通穴を設けない穿孔用鍛造工具の加圧軸方向の微小な縮み（収縮）の弾性変形量より大きく、かつ、前記加圧軸方向と直交する 2 次元方向の微小な伸び（膨張）の弾性変形量を、前記溝あるいは貫通穴を設けない穿孔用鍛造工具の前記加圧軸方向と直交する 2 次元方向の微小な伸び

10

20

(膨張)の弾性変形量より小さく設定することを特徴とする穿孔用鍛造金型の設計方法。

【請求項 2】

前記穿孔用鍛造工具は、柱状または板状または湾曲した板状であることを特徴とする請求項 1 に記載の穿孔用鍛造金型の設計方法。

【請求項 3】

前記溝は、穿孔用鍛造工具が被加工材と接触していない部分に形成し、その部分が平面である場合は、少なくとも 1 つの面の端から端まで曲面で形成し、平面でない場合は、全周にわたって曲面で形成されることを特徴とする請求項 1 に記載の穿孔用鍛造金型の設計方法。

【請求項 4】

前記貫通穴は、板状または湾曲した穿孔用鍛造工具について、加圧軸と直交する向きの平面あるいは曲面に対して前記加圧軸と直交する向きに少なくとも 1箇所形成されることを特徴とする請求項 1 に記載の穿孔用鍛造金型の設計方法。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載の設計方法により製造されたことを特徴とする穿孔用鍛造金型。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、鍛造品の一部に底付きの溝や穴などの凹部を形成する鍛造金型の設計方法及び鍛造金型に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、ねじ、ボルト等の締結部品のねじ切り前の部品は、圧造工具あるいはパンチと呼ばれる上型と、ダイスと呼ばれる下型から構成される金型を用いて圧造あるいは鍛造などの圧縮成形により製造されている。この圧造工具には、圧縮、引張、せん断などの応力が反復作用し、時にはこれらの応力が衝撃的に加わることがある。加えて、部品形状の複雑化や寸法精度に対する要求が年々厳しくなり、また高張力鋼等の特殊素材の採用も増えていることから、リスクの高い成形条件を余儀なくされ、疲労破壊により工具寿命が低下するという問題があった。

【0003】

そこで、このような問題に対処した従来技術を検討した結果、出願人は、圧造工具に空間を設けて（穿孔して）圧造品を成形する際に、圧造工具に形成した空間部によって薄くなった圧造工具押圧部の微小な弾性変形を積極的に促進し、たわまずことで圧造時の衝撃による応力を分散・吸収させる発明（特許文献 1）、空間部に、空間を無くすように充填材料を挿入し、除荷時の圧造工具の疲労破壊点での最大主応力値を、空間部を設けない圧造工具の疲労破壊点での最大主応力値より小さく設定する発明（特許文献 2）を提供した。

【0004】

ところで、自動車部品、電気機器部品、建機部品などを製造する多段の鍛造工程のある 1 工程において、前工程の加工品の一部に底付きの溝や穴などの凹部を形成する工程がある。このような工程において、プレス装置で穿孔用鍛造工具を強制変位させ、被加工材に底付きの溝や穴などの凹部を成形する時、前工程の加工品の形状を崩さないように保持するために凹部が形成される面を、穿孔用鍛造工具が挿入される閉空間を持つ環状のホルダーで押さえ付ける場合がある。この場合、穿孔用鍛造工具は、ホルダーの閉空間にすきま嵌めで嵌合されている。また、穿孔用鍛造工具をプレス装置で加圧し、被加工材に底付きの溝や穴などの凹部を成形する時、上述のホルダーを用いなくてプレス装置の上部ベッドあるいはダイセット上可動部の下端面に穿孔用鍛造工具を締結固定したままでプレスするものがある。

【先行技術文献】

10

20

30

40

50

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2010-64142号公報

【特許文献2】特開2011-177767号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

このような加工工程では、ホルダーを用いる場合には、ホルダーの閉空間の一部にクラックが発生し、金型（ホルダー）寿命の低下が著しい。また、穿孔用鍛造工具が被加工材の凹部を形成する接触部分で疲労破壊することがある。これは、凹部を形成する過程で、穿孔用鍛造工具が加圧軸方向に加圧されることで、加圧軸方向に弾性変形の範囲内で縮み、それに伴い体積一定の制約から加圧軸に対して直交方向に弾性変形の範囲内で広がる（微小に膨張）ことで閉塞状態の被加工材に強く拘束（密着）され、続くプレス軸が戻る除荷時に被加工材が穿孔用鍛造工具を強く挟み込み、引張応力が発生するためである。特に、加圧時の圧縮応力とこの引張応力に起因する応力振幅が大きくなると穿孔用鍛造工具の疲労破壊が著しくなる。また、ホルダーを用いない場合には、穿孔用鍛造工具が被加工材に凹部を形成する接触部で疲労破壊することがあるに加えて、プレス装置での加圧によって穿孔用鍛造工具に曲がりが生じることがある。

10

【0007】

この発明は、このような実情に鑑みてなされたもので、閉空間を持つ環状のホルダーを備える場合にはホルダーに作用する引張応力及び穿孔用鍛造工具の凹部を形成する接触部に作用する応力振幅を低減し、ホルダーを備えない場合には穿孔用鍛造工具の凹部を形成する接触部に作用する応力振幅を低減し、かつ穿孔用鍛造工具の曲がり抑制する穿孔用鍛造金型の設計方法及び穿孔用鍛造金型を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0008】

前記課題を解決し、かつ目的を達成するために、この発明は、以下のように構成した。

【0009】

請求項1に記載の発明は、鍛造加工にて成形される鍛造品の成形穴を有するダイスと、前記ダイスに対向して配置される穿孔用鍛造工具と、前記穿孔用鍛造工具を保持し、被加工材を押さえ付ける閉空間を持つ環状のホルダーとを備え、

30

前記ダイスの成形穴に加工前の前記被加工材を配置し、前記穿孔用鍛造工具により前記被加工材を押圧して底付きの凹部を有する鍛造品を成形する穿孔用鍛造金型の設計方法であり、

前記穿孔用鍛造工具に、溝あるいは貫通穴を形成し、前記溝あるいは前記貫通穴は、押圧時における前記穿孔用鍛造工具の前記溝あるいは前記貫通穴を形成する部分における前記加圧軸方向の微小な縮み（収縮）の弾性変形を積極的に促進し、同時に前記溝あるいは前記貫通穴を形成する部分以外の部分における前記加圧軸方向と直交する2次元方向の微小な伸び（膨張）の弾性変形を抑制させる構成であり、

40

線形有限要素解析により、一定荷重のもとで前記穿孔用鍛造工具の微小な縮み（収縮）の弾性変形量及び微小な伸び（膨張）の弾性変形量を算出し、

前記加圧軸方向の微小な縮み（収縮）の弾性変形量を、前記溝あるいは貫通穴を設けない穿孔用鍛造工具の加圧軸方向の微小な縮み（収縮）の弾性変形量より大きく、かつ、前記加圧軸方向と直交する2次元方向の微小な伸び（膨張）の弾性変形量を、前記溝あるいは貫通穴を設けない穿孔用鍛造工具の前記加圧軸方向と直交する2次元方向の微小な伸び（膨張）の弾性変形量より小さく設定することを特徴とする穿孔用鍛造金型の設計方法である。

【0011】

請求項2に記載の発明は、前記穿孔用鍛造工具は、柱状または板状または湾曲した板状

50

であることを特徴とする請求項1に記載の穿孔用鍛造金型の設計方法である。

【0012】

請求項3に記載の発明は、前記溝は、穿孔用鍛造工具が被加工材と接触していない部分に形成し、その部分が平面である場合は、少なくとも1つの面の端から端まで曲面で形成し、平面でない場合は、全周にわたって曲面で形成されることを特徴とする請求項1に記載の穿孔用鍛造金型の設計方法である。

【0013】

請求項4に記載の発明は、前記貫通穴は、板状または湾曲した穿孔用鍛造工具について、加圧軸と直交する向きの平面あるいは曲面に対して前記加圧軸と直交する向きに少なくとも1箇所形成されることを特徴とする請求項1に記載の穿孔用鍛造金型の設計方法である。

10

【0014】

請求項5に記載の発明は、請求項1乃至請求項4のいずれか1項に記載の設計方法により製造されたことを特徴とする穿孔用鍛造金型である。

【発明の効果】

【0015】

前記構成により、この発明は、以下のような効果を有する。

【0016】

この発明では、穿孔用鍛造工具を保持し、被加工材を押さえ付ける閉空間を持つ環状ホルダーを備え、穿孔用鍛造工具に、溝あるいは貫通穴を形成し、この溝あるいは貫通穴は、押圧時における穿孔用鍛造工具の溝あるいは貫通穴を形成する部分における加圧軸方向の微小な縮み（収縮）の弾性変形を積極的に促進し、同時に溝あるいは貫通穴を形成する部分以外の部分における加圧軸方向と直交する2次元方向の微小な伸び（膨張）の弾性変形を抑制させる構成であり、線形有限要素解析により、一定荷重のもとで穿孔用鍛造工具の微小な縮み（収縮）の弾性変形量及び微小な伸び（膨張）の弾性変形量を算出し、加圧軸方向の微小な縮み（収縮）の弾性変形量を、溝あるいは貫通穴を設けない穿孔用鍛造工具の加圧軸方向の微小な縮み（収縮）の弾性変形量より大きく、かつ、加圧軸方向と直交する2次元方向の微小な伸び（膨張）の弾性変形量を、溝あるいは貫通穴を設けない穿孔用鍛造工具の加圧軸方向と直交する2次元方向の微小な伸び（膨張）の弾性変形量より小さく設定することで、ホルダーに作用する引張応力及び穿孔用鍛造工具自身に作用する応力振幅を低減する。

20

30

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】第1の実施形態の閉空間を持つ環状ホルダーを有する穿孔用鍛造金型の概略構成を示す斜視図である。

【図2】閉空間を持つ環状ホルダーの斜視図である。

【図3】加工後の鍛造品の斜視図である。

【図4】閉空間を持つ環状ホルダーにおいて保持孔の縁の変位方向および力の作用方向を示す図である。

【図5】穿孔用鍛造工具の変位方向および力の作用方向を示す図である。

40

【図6】穿孔用鍛造工具の変位方向および力の作用方向を示す平面図である。

【図7】穿孔用鍛造工具を側面から見た本願発明の適用効果を示す図である。

【図8】穿孔用鍛造工具を平面から見た本願発明の適用効果を示す図である。

【図9】本願発明を適用していない穿孔用鍛造工具を示す図である。

【図10】本願発明を適用した穿孔用鍛造工具の例を示す図である。

【図11】第2の実施形態の閉空間を持つ環状ホルダーを有しない穿孔用鍛造金型の概略構成を示す斜視図である。

【図12】穿孔用鍛造工具の斜視図である。

【図13】加工後の鍛造品の斜視図である。

【図14】穿孔用鍛造工具の変位方向および力の作用方向を示す図である。

50

【図 1 5】穿孔用鍛造工具力の作用方向および変位方向を示す図である。

【図 1 6】穿孔用鍛造工具力の作用方向および変位方向を示す図である。

【図 1 7】穿孔用鍛造工具を側面から見た本願発明の適用効果を示す図である。

【図 1 8】穿孔用鍛造工具を平面から見た本願発明の適用効果を示す図である。

【図 1 9】本願発明を適用していない穿孔用鍛造工具を示す図である。

【図 2 0】本願発明を適用した穿孔用鍛造工具を示す図である。

【図 2 1】穿孔用鍛造工具の実施形態を示す図である。

【図 2 2】溝の実施形態を示す図である。

【図 2 3】貫通穴の実施形態を示す図である。

【図 2 4】非線形有限要素鍛造成形解析のモデルを示す図である。

10

【図 2 5】非線形有限要素鍛造成形解析結果（穿孔用鍛造工具の変形量）を示す図である。

【図 2 6】非線形有限要素鍛造成形解析結果（ホルダーの最大主応力）を示す図である。

【図 2 7】非線形有限要素鍛造成形解析結果（ホルダーが無い場合の穿孔用鍛造工具の半断面での X 方向応力）を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、この発明の穿孔用鍛造金型の設計方法及び穿孔用鍛造金型の実施の形態について説明する。この実施の形態は発明の好ましい形態を示すものであるが、この発明はこれに限定されない。

20

【0019】

〔第 1 の実施形態〕

この第 1 の実施形態の鍛造金型を、図 1 乃至図 3 に示す。図 1 は閉空間を持つ環状ホルダーを有する穿孔用鍛造金型の概略構成を示す斜視図、図 2 は閉空間を持つ環状ホルダーの斜視図、図 3 は加工後の鍛造品の斜視図である。この実施形態の穿孔用鍛造金型 1 は、自動車部品、電気機器部品、建機部品などを製造する多段の鍛造工程のある 1 工程において、前工程の鍛造品の一部に底付きの溝や穴などの凹部を形成する工程に用いられる。凹部の形状については特に限定されない。この鍛造金型 1 は、鍛造加工にて成形される鍛造品の成形穴 11 を有するダイス 10 と、ダイス 10 に対向して配置される穿孔用鍛造工具 20 と、穿孔用鍛造工具 20 を保持し、被加工材 40 を押さえ付ける閉空間を持つ環状ホルダー 30 とを備え、ダイス 10 の成形穴 11 に加工前の被加工材 40 を配置し、穿孔用鍛造工具 20 の先端の押圧部 21 により被加工材 40 を押圧し、底付きの凹部 51 を有する鍛造品 50 を成形する。

30

【0020】

この実施形態の穿孔用鍛造工具 20 は、幅広の厚板状であり、鍛造品 50 を成形する時に閉空間を持つ環状ホルダー 30 の縁の変位方向および力の作用方向を、図 4 乃至図 6 に基づいて説明する。図 4 は閉空間を持つ環状ホルダーの縁の変位方向および力の作用方向を示す図、図 5 は穿孔用鍛造工具の変位方向および力の作用方向を示す側面図、図 6 は穿孔用鍛造工具の変位方向および力の作用方向を示す平面図である。穿孔用鍛造工具 20 が加工に伴い圧縮されることで、穿孔用鍛造工具 20 が閉空間である保持孔 31 内で加圧軸と直交方向に拡がり（微小に膨張）、閉空間を持つ環状ホルダー 30 の縁を押し拡げようとする力が発生する。このため、閉空間を持つ環状ホルダー 30 の端部 30a にクラックが発生し、金型（ホルダー）寿命の低下が著しい。また、穿孔用鍛造工具 20 が被加工材 40 の凹部を形成する接触部 40a で疲労破壊することがある。これは、凹部を形成する過程で、穿孔用鍛造工具 20 が加圧軸方向に加圧されることで、加圧軸方向に弾性変形の範囲内で縮み、体積一定の制約から加圧軸と直交する 2 次元方向に弾性変形の範囲内で拡がり（微小に膨張）、被加工材 40 に強く拘束（密着）されることで、続くプレス軸が戻る除荷時に被加工材 40 が穿孔用鍛造工具 20 を強く挟み込み、引張応力が発生するためである。とくに、加圧時の圧縮応力とこの引張応力に起因する応力振幅が大きくなるため穿孔用鍛造工具 20 の疲労破壊が著しくなる。

40

50

【0021】

このように、穿孔用鍛造工具20が閉空間を持つ環状ホルダー30の保持孔31内で加圧軸と直交方向に拡がり、閉空間を持つ環状ホルダー30の縁を押し広げようとする力が発生する。そのため、この実施形態では、図7及び図8に示すように、鍛造加工時の穿孔用鍛造工具20の撓み方向の制御を行う。図7は穿孔用鍛造工具を側面から見た本願発明の適用効果を示し、加圧軸方向の微小な縮み（収縮）の弾性変形を促進し、図8は穿孔用鍛造工具を平面から見た本願発明の適用効果を示し、加圧軸と直交する2次元方向への微小な伸び（膨張）の弾性変形を抑制する。なお、図8の右側の図では、矢印が中心を向いているが、これは、収縮していることを示しているのではなく、微小に膨張しているがその程度が左側の図より小さいことを示すものである。

10

【0022】

この実施形態では、撓み制御により穿孔用鍛造工具20の剛性を敢えて低下させる。図9は本願発明を適用していない（撓み制御をしていない）穿孔用鍛造工具を示す図、図10は本願発明を適用した（撓み制御をしている）穿孔用鍛造工具を示す図である。この実施形態の穿孔用鍛造工具20は、幅広の厚板状であり、穿孔用鍛造工具20が被加工材と接触していない部分が平面である場合は、少なくとも1つの面の端から端まで曲面となる溝を形成している。図9の穿孔用鍛造工具20には溝を形成していないが、図10の穿孔用鍛造工具20には溝を形成している。図10のN○1の形態は、厚み方向の両側面に溝21を形成し、図10のN○2の形態は、加圧軸方向で被加工材料との接触部と反対側端面に溝21を形成し、図10のN○3の形態は、幅広方向の両側面に溝21を形成し、図10のN○4の形態は、厚み方向の両側面、加圧軸方向で被加工材料との接触部と反対側端面、幅広方向の両側面に溝21をそれぞれ形成している。

20

【0023】

このように、穿孔用鍛造工具20に、押圧時における穿孔用鍛造工具20の加圧軸方向の微小な縮み（収縮）の弾性変形を積極的に促進し、同時に加圧軸と直交する2次元方向の微小な伸び（膨張）の弾性変形を抑制させる溝21を形成している。溝21は、曲面であり、溝21は少なくとも1箇所に形成される。曲面は、R（アール）で繋いだ面という意味である。曲面とする理由は、角部を持つ溝では応力集中しやすく、かえって金型寿命が低下するためである。また、穿孔用鍛造工具20には、必要に応じて各面に溝21を形成する。ここで、必要に応じて溝21が形成される各面は、線形有限要素解析で簡易的に解析した結果として加圧軸方向の撓みを制御できる部位である。

30

【0024】

[第2の実施形態]

この第2の実施形態の穿孔用鍛造金型を、図11乃至図13に示す。図11は閉空間を持つ環状ホルダーを有しない穿孔用鍛造金型の概略構成を示す斜視図、図12は穿孔用鍛造工具の斜視図、図13は加工後の鍛造品の斜視図である。この実施形態の穿孔用鍛造金型1は、第1の実施形態と同様に、鍛造加工にて成形される鍛造品の成形穴11を有するダイス10と、ダイス10に対向して配置される穿孔用鍛造工具20とを備えるが、閉空間を持つ環状ホルダーを用いずにプレス装置80（図示せず）の上部ベッドあるいはダイセット上可動部の下端面に穿孔用鍛造工具20を保持し、穿孔用鍛造工具20の押圧部21により被加工材40を押圧し、凹部51を有する鍛造品50を成形する。

40

【0025】

この実施形態の穿孔用鍛造工具20は、円柱状であり、鍛造品50を成形する時に穿孔用鍛造工具の変位方向および力の作用方向を、図14乃至図16に基づいて説明する。図14は穿孔用鍛造工具の変位方向および力の作用方向を示す図、図15は穿孔用鍛造工具の変位方向および力の作用方向を示す図、図16は穿孔用鍛造工具の変位方向および力の作用方向を示す図である。穿孔用鍛造工具20が加工に伴い加圧軸方向に圧縮されることで、穿孔用鍛造工具20が加圧軸に対して直交方向に弾性変形の範囲内で拡がる（微小な膨張）とともに内部応力の非対称のため、穿孔用鍛造工具20に曲がりが発生する。また、第1の実施形態と同様に、穿孔用鍛造工具20が被加工材40の凹部を形成する部分4

50

0 aで疲労破壊することがある。

【0026】

このように、穿孔用鍛造工具20が加圧軸に対して弾性変形の範囲内で直交方向に拡がり（微小な膨張）、穿孔用鍛造工具20に曲げようとする力が発生するため、この実施形態では、図17及び図18に示すように、鍛造加工時の穿孔用鍛造工具20の撓み方向の制御を行う。図17は穿孔用鍛造工具の側面から見た本願発明の適用効果を示し、加圧軸方向の微小な縮み（収縮）の弾性変形を促進し、図18は穿孔用鍛造工具の平面から見た本願発明の適用効果を示し、加圧軸と直交する2次元方向への微小な伸び（膨張）の弾性変形を抑制する。図18の右側の図では、矢印が中心を向いているが、これは、収縮していることを示しているのではなく、微小に膨張しているがその程度が左側の図より小さいことを示すものである。

10

【0027】

この実施形態では、撓み制御により穿孔用鍛造工具20の剛性を敢えて低下させる。図19は本願発明を適用していない（撓み制御をしていない）穿孔用鍛造工具を示す図、図20は本願発明を適用した（撓み制御をしている）穿孔用鍛造工具を示す図である。この実施形態の穿孔用鍛造工具20は、円柱状であり、図19の穿孔用鍛造工具20には溝を形成していないが、図20の穿孔用鍛造工具20には溝を形成している。図20の形態では、鍛造工具が被加工材と接触していない部分で、全周にわたって溝21を形成している。

【0028】

20

このように、穿孔用鍛造工具20に、押圧時における穿孔用鍛造工具20の加圧軸方向の微小な縮み（収縮）の弾性変形を積極的に促進し、同時に加圧軸と直交する2次元方向の微小な伸び（膨張）の弾性変形を抑制させ、さらに曲げモーメントを抑制する溝21を形成している。溝21は、曲面であり、また、穿孔用鍛造工具20には、必要に応じた部位に溝21を形成する。曲面は、R（アール）で繋いだ面という意味であり、曲面とする理由は、角部を持つ溝では応力集中しやすく、かえって金型寿命が低下するためである。ここで、必要に応じて溝21が形成される部位は、線形有限要素解析で簡易的に解析した結果として加圧軸方向の撓みを制御できる部位である。

【0029】

第1の実施形態の穿孔用鍛造工具20は、幅広の厚板状であり、第2の実施形態の穿孔用鍛造工具20は、円柱状であるが、穿孔用鍛造工具20は、この実施形態に限定されず、図21に示すように、六角柱状、楕円柱状、四角柱状、パイプ柱状、半分パイプ柱状などでもよく、溝21は、図22に示すように多様な形態で形成することができる。また、貫通穴22も図23に示すように多様な形態で形成することができる。

30

【0030】

穿孔用鍛造工具20に形成される溝21は、例えばR（アール）で繋いだ曲面で形成され、また溝21は、少なくとも1箇所に形成され、2つ以上の溝21があってもよい。また、穿孔用鍛造工具20の加圧軸方向の軸心に対して直交する対称位置に溝21を形成する。穿孔用鍛造工具20のある面の溝21は、面の端から端まで連続的に形成され、この溝21が形成される面は、穿孔用鍛造工具20が被加工材40の凹部を形成する部分40aの面以外の面である。

40

【0031】

[線形有限要素解析]

第1の実施形態及び第2の実施形態では、線形有限要素解析により、穿孔用鍛造工具20の微小な縮み（収縮）の弾性変形量及び微小な伸び（膨張）の弾性変形量を算出し、加圧軸方向の微小な縮み（収縮）の弾性変形量を、溝を設けない穿孔用鍛造工具20の加圧軸方向の微小な縮み（収縮）の弾性変形量より大きく、かつ、加圧軸と直交する2次元方向の微小な伸び（膨張）の弾性変形量を、溝を設けない穿孔用鍛造工具20の加圧軸と直交する2次元方向の微小な伸び（膨張）の弾性変形量より小さく設定する。

【0032】

50

この実施形態では、線形有限要素解析の結果から設定しているが、非線形有限要素鍛造成形解析のモデリングに基づいて説明する。非線形解析の場合、実体に基づいてモデリングするため解析時間は数時間～1日を必要とする。線形解析の場合、穿孔用鍛造工具のみを有限要素に分割し、必要な要素を動かないように固定、その反対側の要素に力を作用することで撓み量を解析できるため、非常に効率的（短時間：数分）かつ高精度に設計するために線形解析を採用することとした。ここで、非線形解析結果を示した理由は、実体に近い構成の解析により効果を実証するためで、線形解析の結果は、非線形解析の結果と定性的には同一であることを確かめている。

【0033】

この非線形有限要素鍛造成形解析のモデルは、図24に示す通り、1/4モデルとした。これは、解析時間を短縮するためである。解析条件について説明する。プレスラム、ダイス、ボルスターは、剛体として定義した。穿孔用鍛造工具とホルダーは、弾性体として定義し、穿孔用鍛造工具は1万5千要素、ホルダーは、2万4千要素で要素分割した。被加工材は、炭素鋼S10Cを想定して剛塑性体として定義し、2万5千要素で要素分割した。プレスラムを矢印の向きに20mm/sの速度で強制変位させ、穿孔用鍛造工具に力を作用させ、被加工材を加工（溝成形）させた。ホルダーは、変位拘束せず、加圧軸方法への動きを許容した。しかし、加圧に伴い、穿孔用鍛造工具が加圧軸と垂直な平面における板厚方向とその垂直方向に広がる様に微小に弾性変形するため、穿孔用鍛造工とダイスとの間で徐々に拘束され、ダイスとの相対的な（加圧軸方向への）動きが抑制される。そのため、加圧中、被加工材の上端面を拘束することになる。被加工材と接触する各構成モデルの摩擦条件は、摩擦係数0.1とし、被加工材と接触しない各構成モデル同士は、摩擦係数0.3とした。穿孔用鍛造工具の下端とボルスター間が所定の間隔になったところで解析を停止した。

【0034】

図25は、非線形有限要素鍛造成形解析結果（穿孔用鍛造工具の変形量）を示す。穿孔用鍛造工具のオリジナルでは、グレースケールで確認するとX方向へは伸び（微小に膨張）が顕著で、Y方向もホルダー端部で伸び（微小に膨張）の大きい領域が発生している。しかし、Z軸方向の縮み（微小に収縮）量が抑制されている。溝を付けたNo.4の形態では、X方向へは縮み（微小に収縮）が顕著で、Y方向も同様である。また、Z軸方向の縮み（微小に収縮）量がオリジナルより顕著である。以上から、溝を適切に形成することで、撓み方向を制御することができることを証明できた。

【0035】

図26は、非線形有限要素鍛造成形解析結果（ホルダーの最大主応力）を示す。ホルダーのオリジナルでは、矢印で示すホルダーの端部分に応力集中（高応力）部が発生している。これに対し、溝を付けたNo.1では、応力が中央部で低減し、No.2では、応力が端部に分散し、No.3では、応力が端部と中央部で低減し、No.4では、明らかに応力が中央部で低減し、金型寿命が伸長される。

【0036】

図27は、非線形有限要素鍛造成形解析結果（ホルダーが無い場合の穿孔用鍛造工具の半断面でのX方向応力）を示す。一般的な穿孔用鍛造工具では、内部応力が非対称となり曲げモーメントが発生する。これに対し、側面に溝を形成すると内部応力が対称となり、曲がりを抑制できる。

【産業上の利用可能性】

【0037】

この発明は、鍛造品の一部に底付きの溝や穴などの凹部を形成する穿孔用鍛造金型の設計方法及び穿孔用鍛造金型に適用可能であり、閉空間を持つ環状のホルダーを備える場合にはホルダーに作用する引張応力及び穿孔用鍛造工具自身に作用する応力振幅を低減し、ホルダーを備えない場合には穿孔用鍛造工具自身に作用する応力振幅を低減し、かつ穿孔用鍛造工具の曲がりを抑制する。

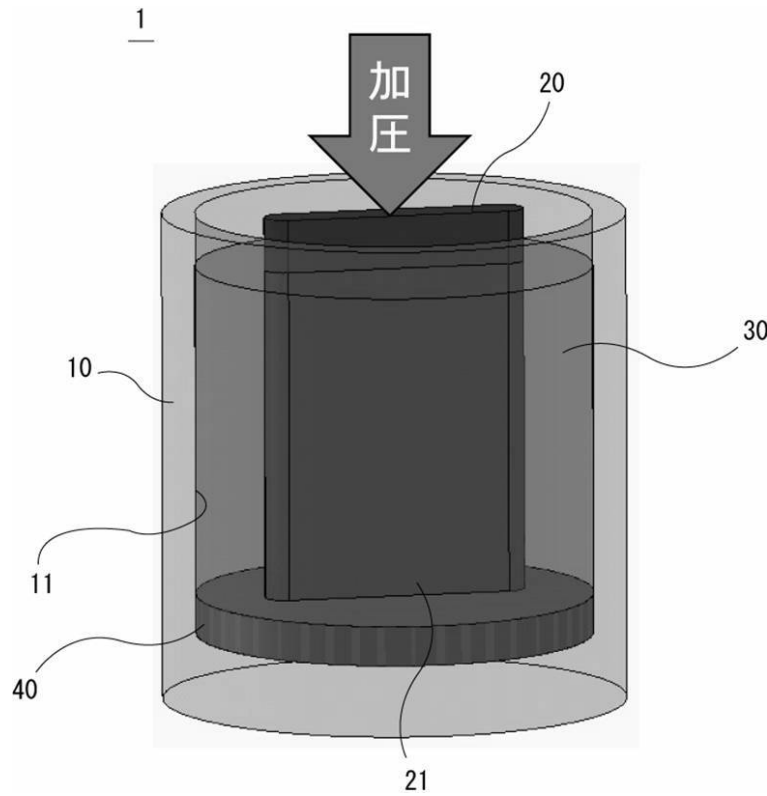
【符号の説明】

【0038】

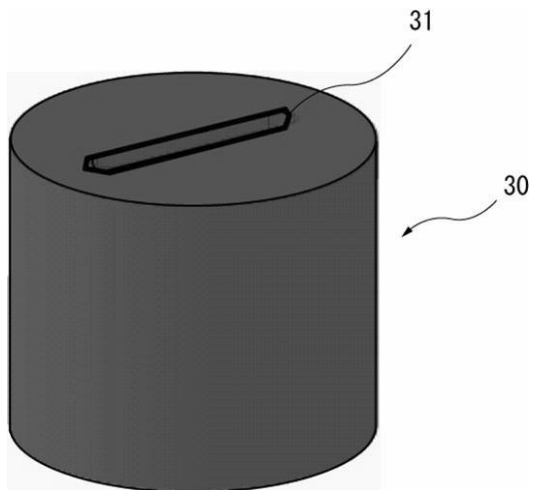
- 1 鍛造金型
- 10 ダイス
- 11 成形穴
- 20 穿孔用鍛造工具
- 21 溝
- 22 貫通穴
- 30 閉空間を持つ環状ホルダー
- 31 保持孔
- 40 被加工材
- 50 鍛造品
- 51 凹部

10

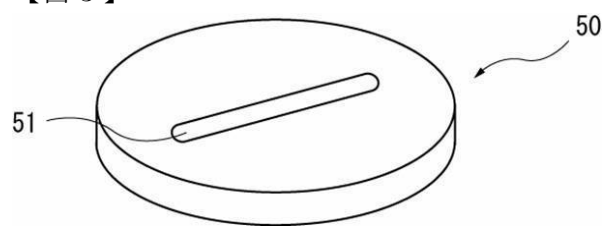
【図1】



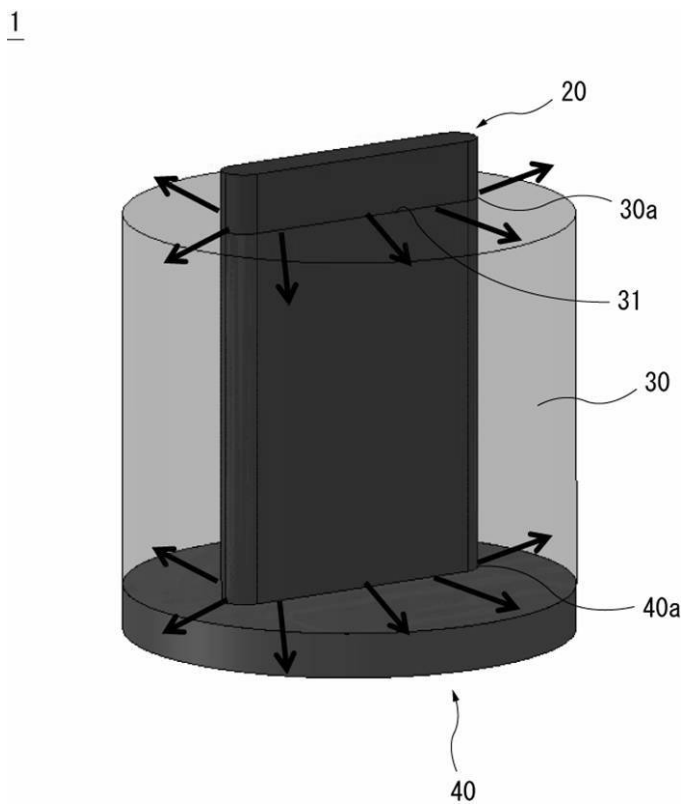
【図 2】



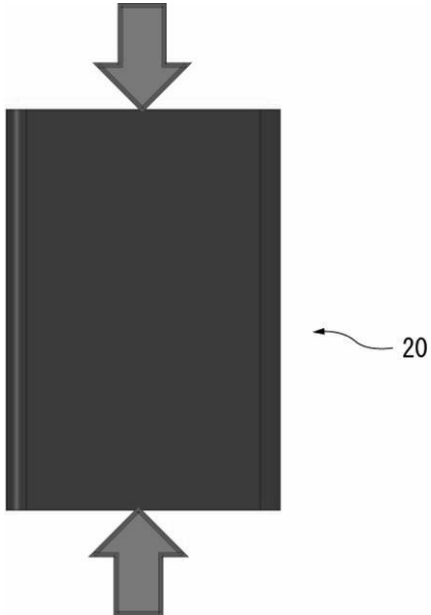
【図 3】



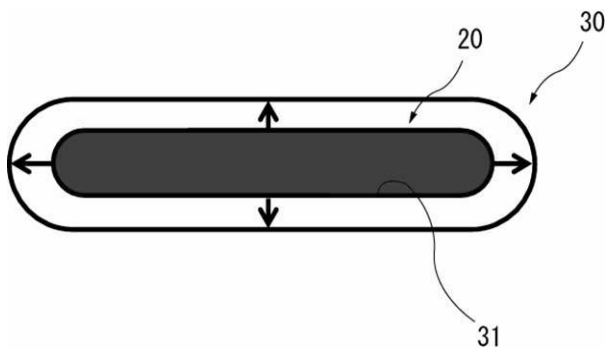
【図 4】



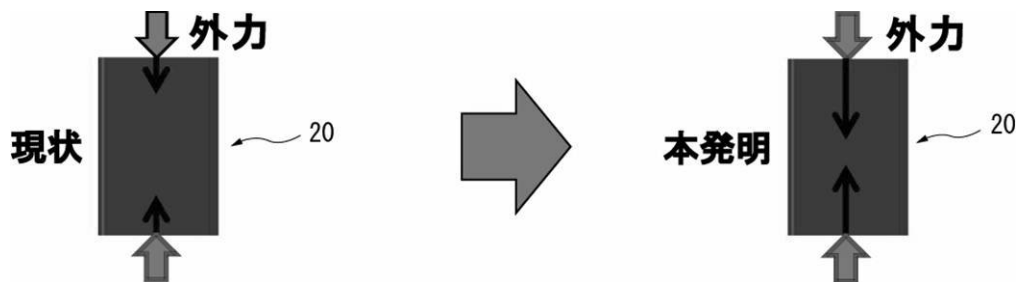
【図 5】



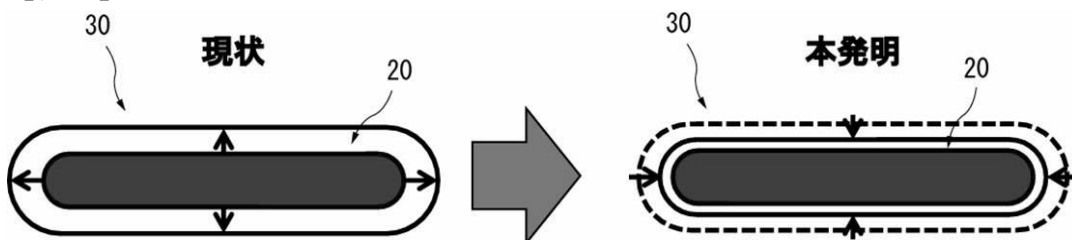
【図 6】



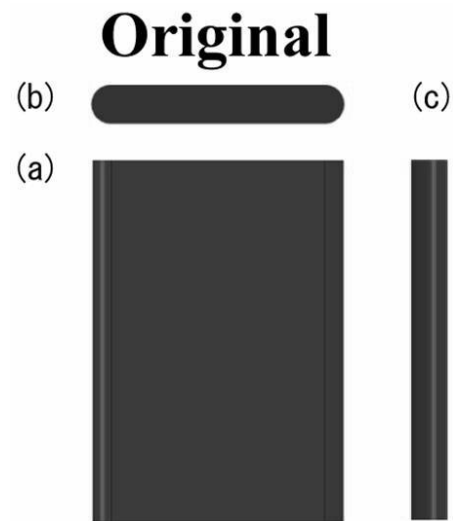
【図 7】



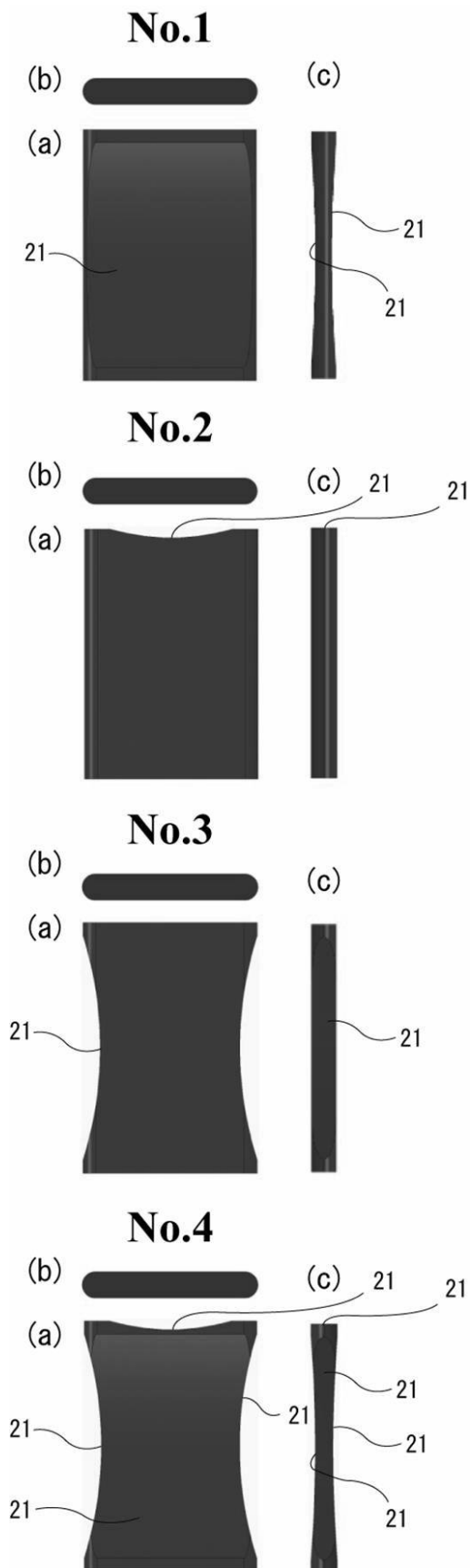
【図 8】



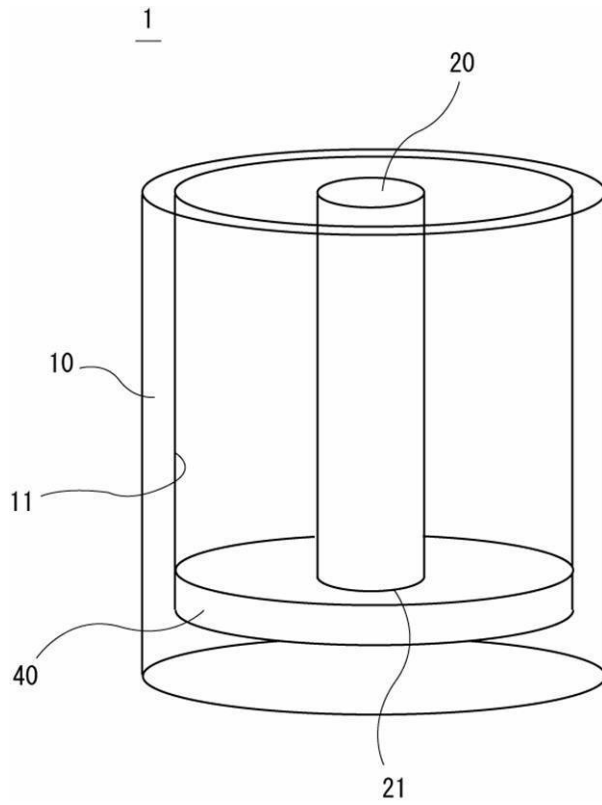
【図 9】



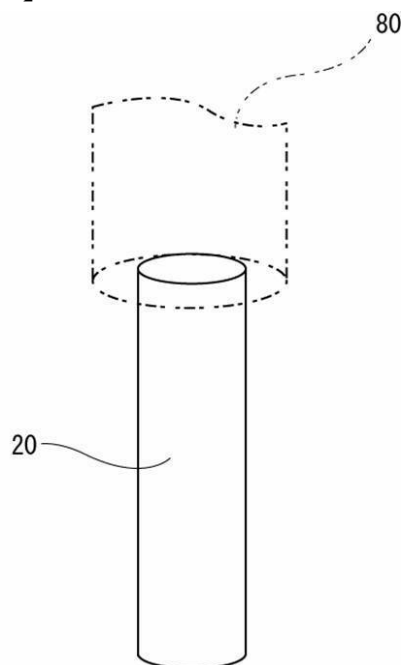
【図 10】



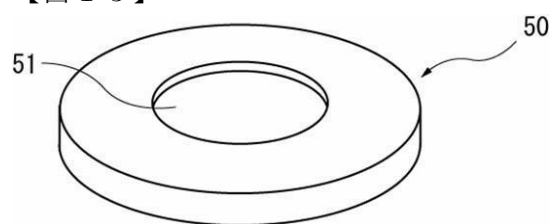
【図 1 1】



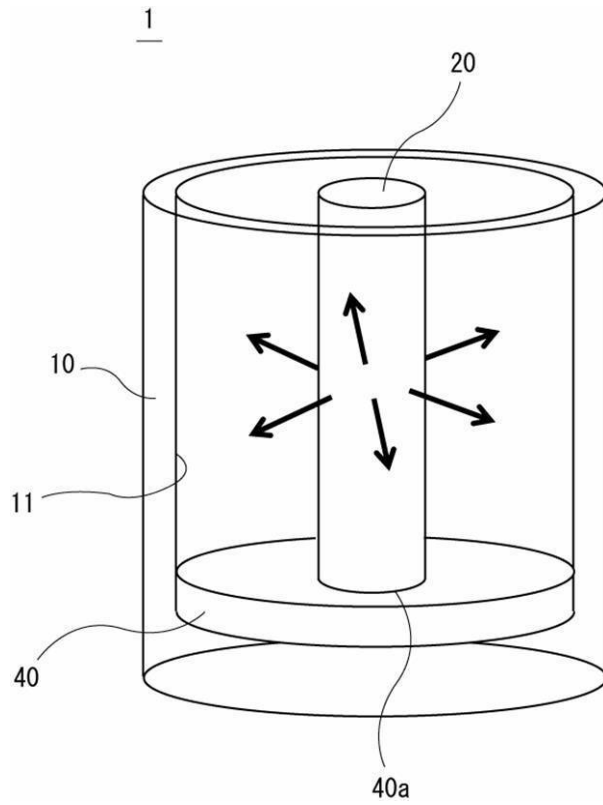
【図 1 2】



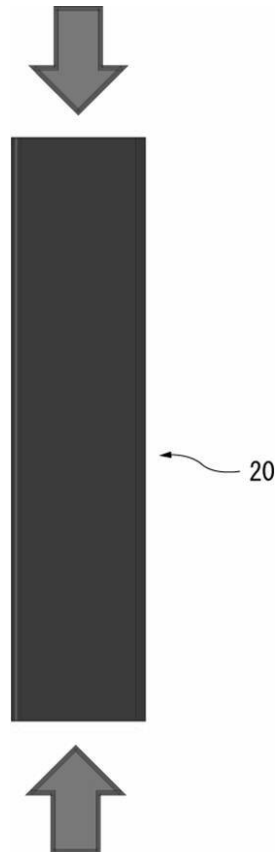
【図 1 3】



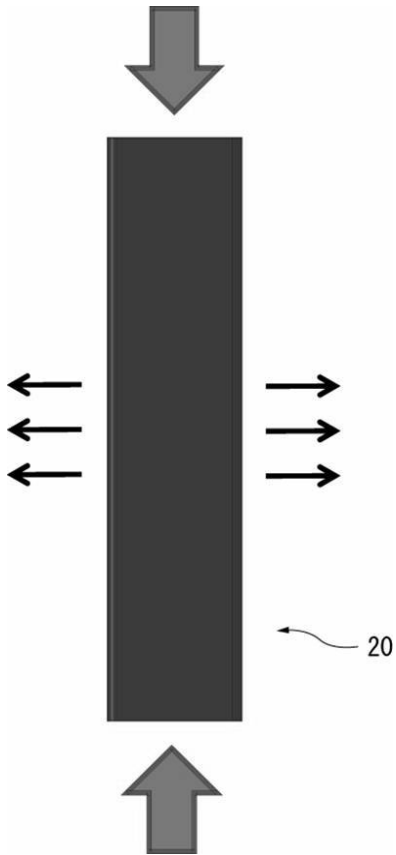
【図 1 4】



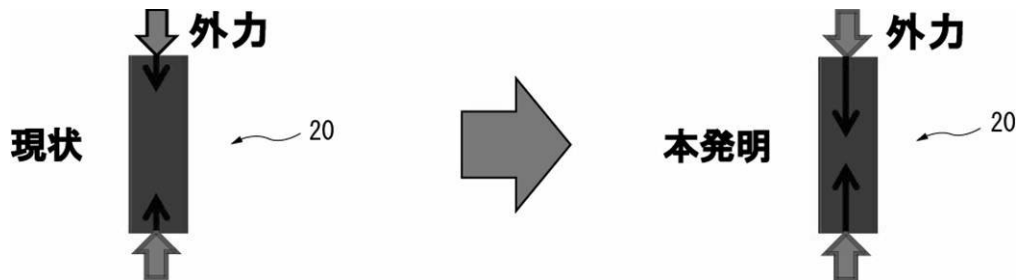
【図 1 5】



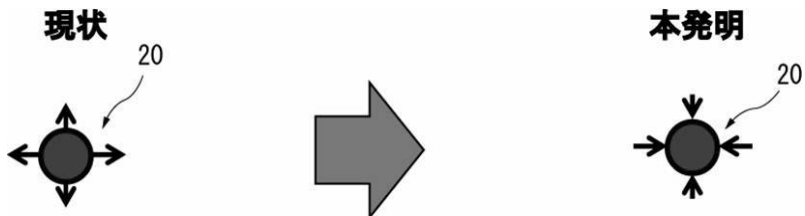
【図 1 6】



【図 1 7】



【図 1 8】



【図 19】

Original

(b)



(a)



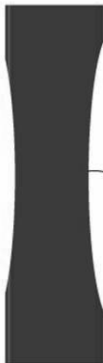
【図 20】

No.1

(b)

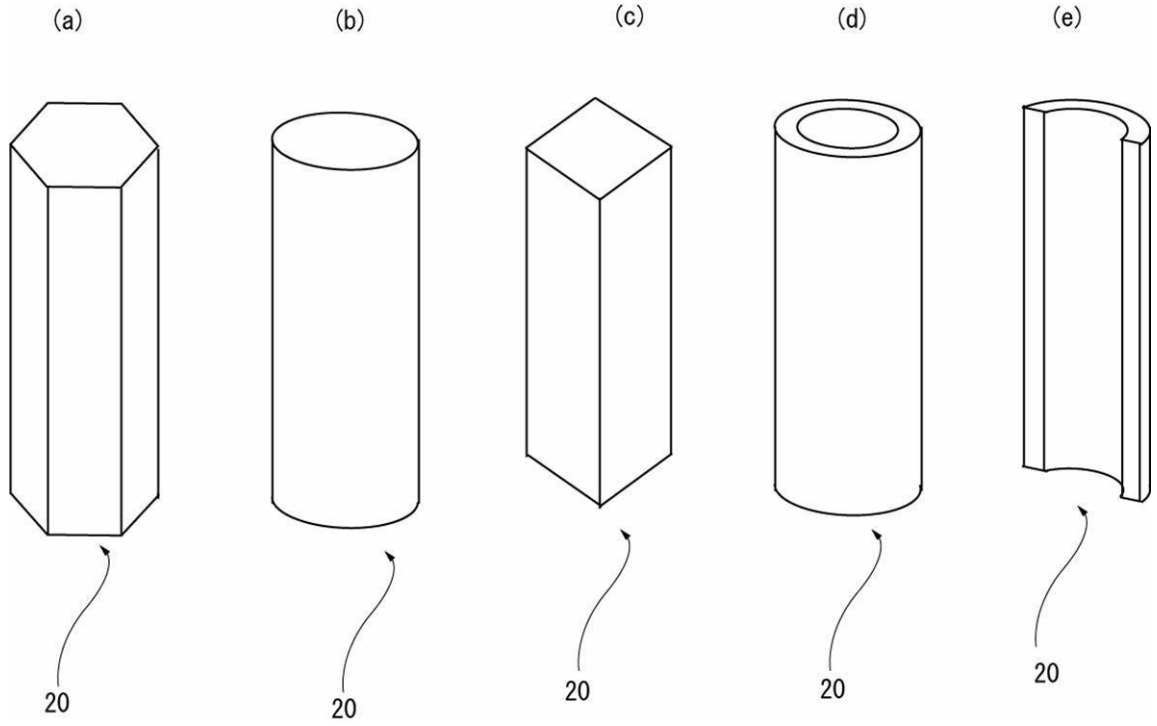


(a)

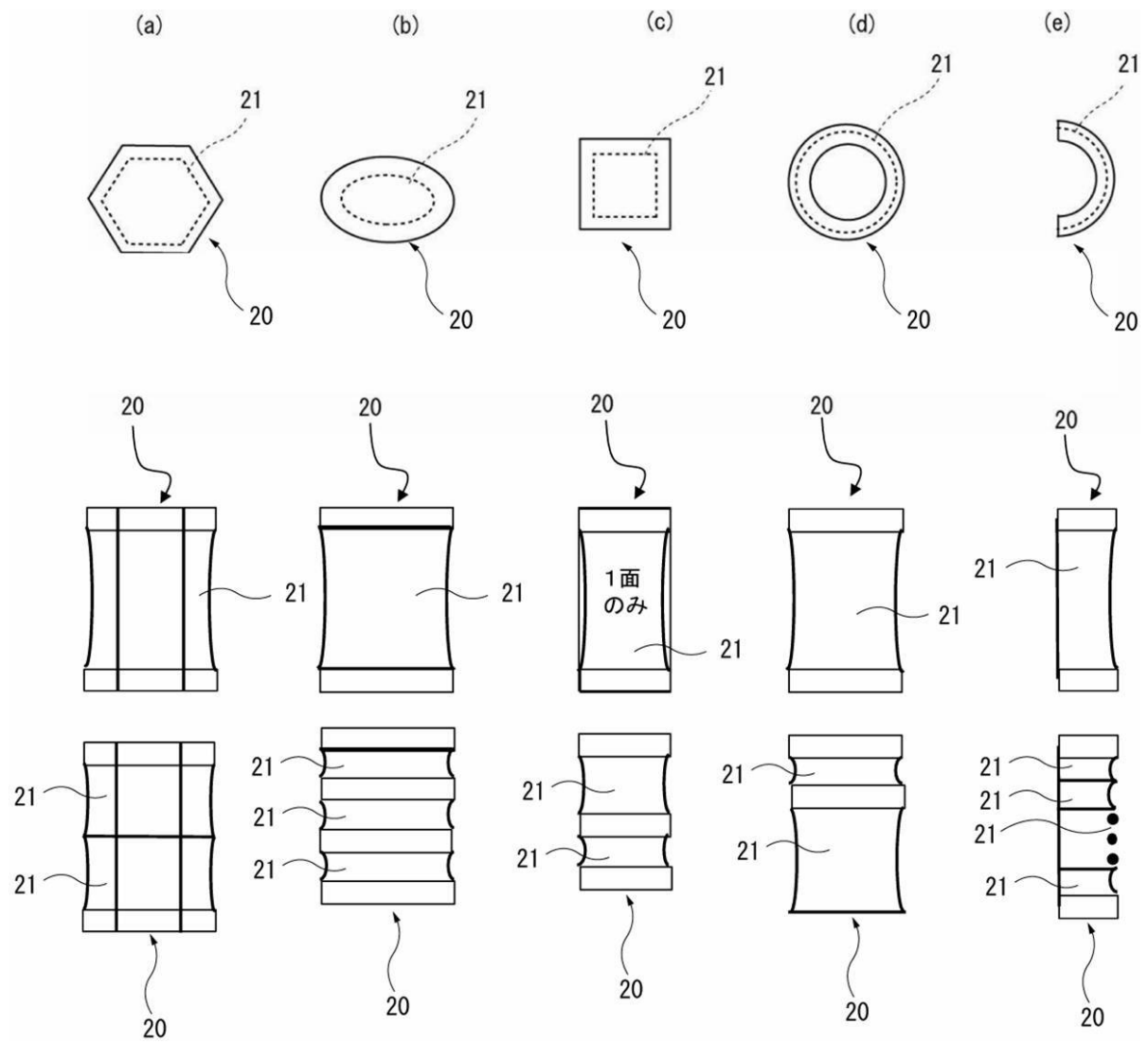


21

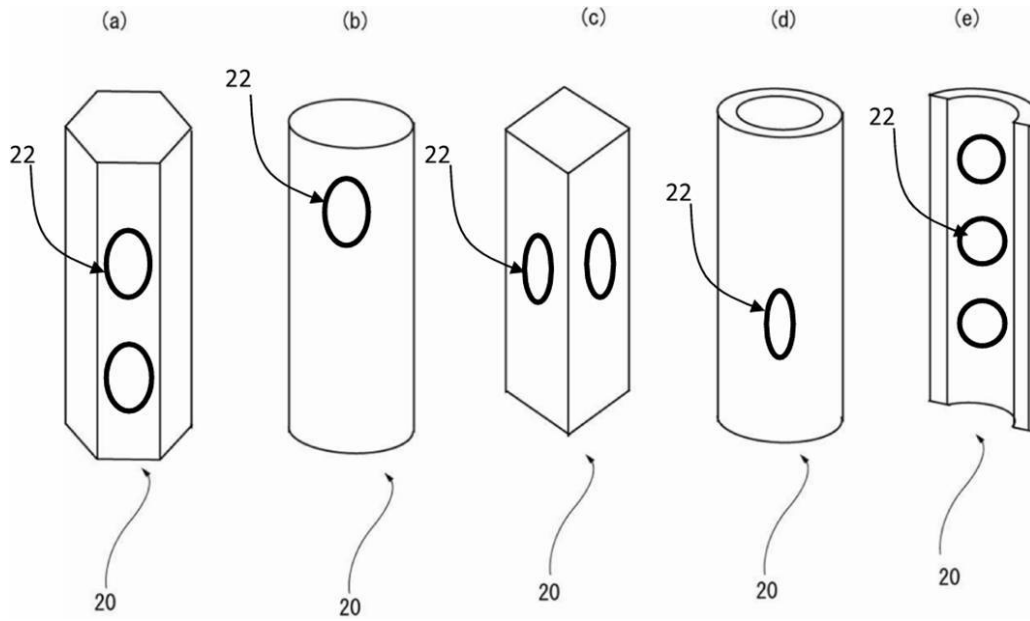
【図 2 1】



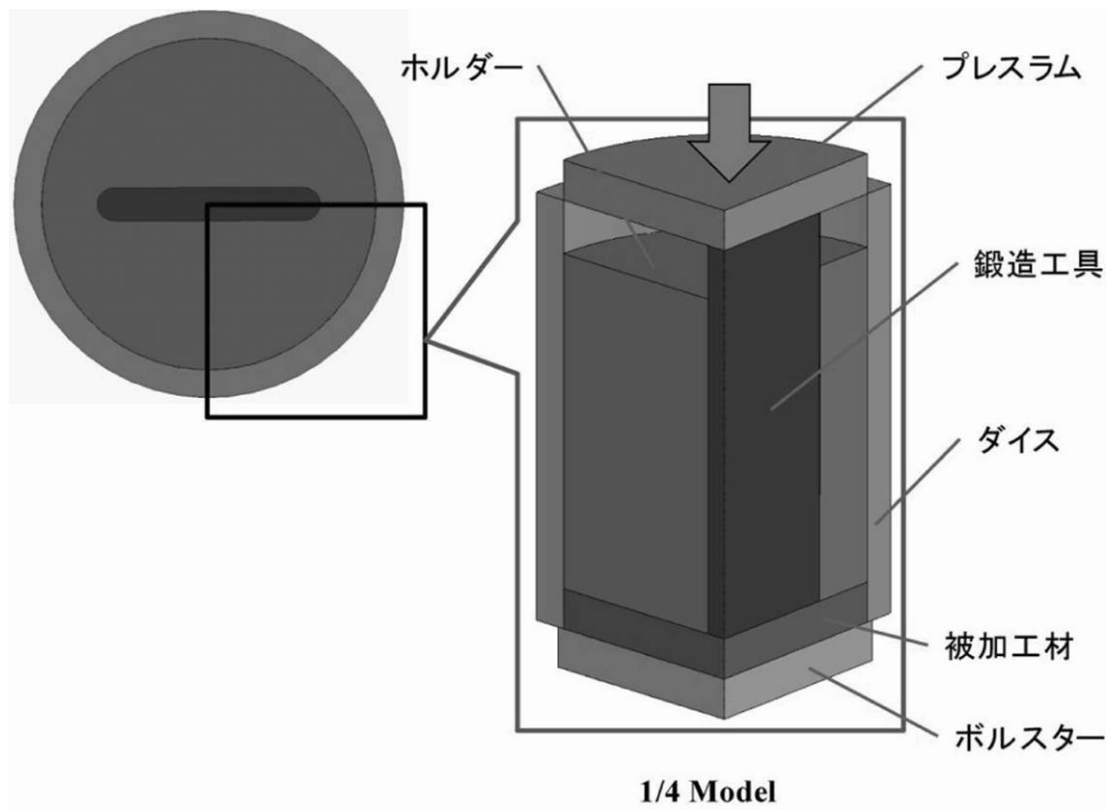
【図 2 2】



【図 2 3】

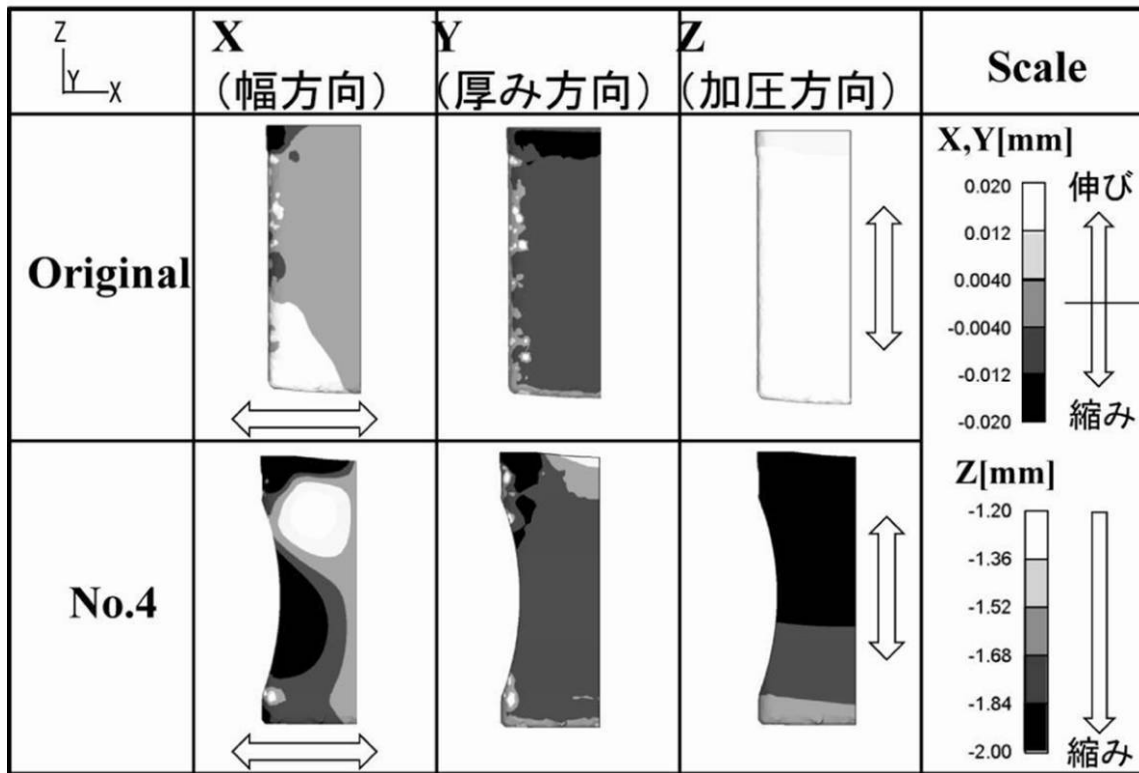


【図 2 4】



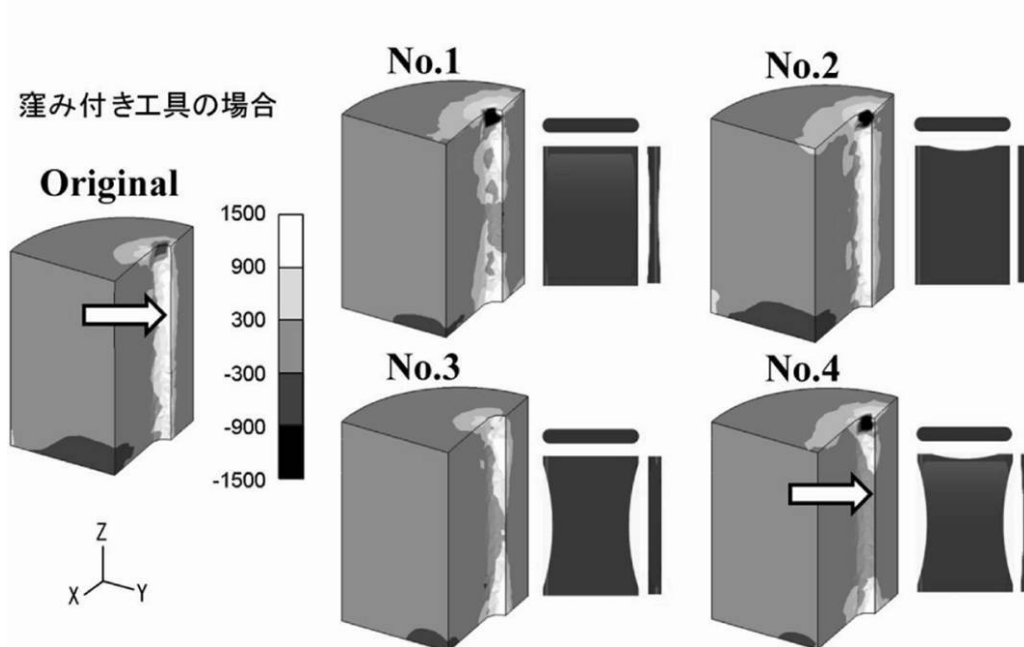
【図 2 5】

非線形有限要素鍛造成形解析結果(鍛造工具の変形量)

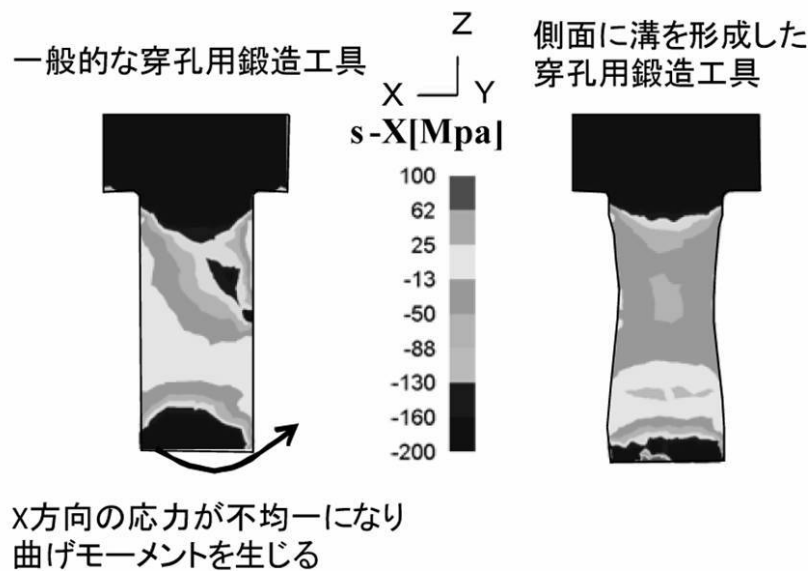


【図 2 6】

非線形有限要素鍛造成形解析結果(ホルダーの最大主応力)



【図 27】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2010-064142 (JP, A)
特開平11-285742 (JP, A)
特開2004-337950 (JP, A)
実開昭55-023230 (JP, U)
特開2003-145245 (JP, A)
実開昭64-037440 (JP, U)
特開2011-177767 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B21J	1/00-13/14
B21J	17/00-19/04
B21K	1/00-31/00
B30B	15/00-15/08