

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

一 国際調査報告(条約第21条(3))

least while the hole is being formed at a temperature TO at which the punching out of the workpiece O is possible.

(57) 要約: 本発明は、被加工物を加工具により打ち抜いて孔を形成する際に、加工具により被加工物の温度が低下するのを抑制できるパンチ孔形成方法及びパンチ孔形成装置を提供することを目的とする。パンチ孔形成方法では、0.01mm以上1mm以下の厚みの板状部材である被加工物Oをダイス10に載置し、パンチ20により被加工物Oを厚み方向に打ち抜いて孔を形成する際に、少なくとも孔が形成されている間の被加工物Oの温度を、被加工物Oを打ち抜きが可能な温度TOに維持する。

明 細 書

発明の名称：パンチ孔形成方法及びパンチ孔形成装置

技術分野

[0001] 本発明は、基板に対して穴を打ち抜くパンチ孔形成方法及びパンチ孔形成装置に関する。

背景技術

[0002] 孔の打ち抜き対象である被加工材に孔を設ける場合には、一般的に、被加工物をダイスに載せ、パンチにより被加工材に孔を設ける。特許文献1では、被加工物を加熱し、被加工材の変形抵抗を小さくし、つまり変形能を高めて孔の打ち抜きを行う熱間鍛造の技術が開示されている。このように被加工物を加熱すると、加熱された被加工物自体の温度、孔の打ち抜きの際の摩擦等により、パンチの摩耗及び焼損等が生じ、パンチの寿命が低下する。そこで、特許文献1では、パンチ内部に常時、冷却媒体を流動させ、パンチ先端部に冷却媒体を集中的に噴射し、パンチ先端を冷却している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平8－309473号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 比較的に薄い被加工物の場合、ダイスに載置してパンチをする際にダイス及びパンチにより被加工物の温度が低下し、変形能が低くなるために被加工物に孔を打ち抜くことが困難である。特許文献1では、上記の通り、大きな熱を有する被加工物によってパンチが加熱されて焼損等することを課題として、パンチを冷却している。つまり、ダイス及びパンチ等が被加工物の熱を奪わないようにして、被加工物に孔を打ち抜く方法は特許文献1には開示されていない。

[0005] そこで、本発明は上述の課題に鑑みてなされたものであり、被加工物を加

工具により打ち抜いて孔を形成する際に、加工具により被加工物の温度が低下するのを抑制できるパンチ孔形成方法及びパンチ孔形成装置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] 本発明に係るパンチ孔形成方法の特徴構成は、

0. 0 1 mm以上1 mm以下の厚みの板状部材である被加工物をダイスに載置し、パンチにより前記被加工物を厚み方向に打ち抜いて孔を形成する際に、少なくとも孔が形成されている間の前記被加工物の温度を、前記被加工物の打ち抜きが可能な温度 T_0 に維持する点にある。

[0007] 厚みが0. 0 1 mm以上1 mm以下と比較的に薄い被加工物がダイスに載置される場合、被加工物の温度はダイスとの接触により低下する可能性がある。一方で、被加工物が比較的に薄板であるため、被加工物は加熱の程度が大きすぎると、被加工物が板状を維持できず反るなど変形する可能性がある。

[0008] これらの点を加味し、本特徴構成によれば、ダイスに比較的に薄板である被加工物が載置されている状態で、被加工物の温度を打ち抜きが可能な温度 T_0 に維持する。よって、被加工物の温度の低下を抑制し、変形抵抗（引張り強さ）を小さく維持できる。つまり、被加工物の変形抵抗を小さく維持して変形能を高めたまま、パンチにより容易に被加工物を打ち抜いて孔を形成できる。また、孔を形成する時の抵抗が小さいため、比較的に薄板の被加工物そのものの変形を抑制しつつ、所望の孔径の孔を精度よく形成できる。さらに、温度 T_0 は、被加工物を打ち抜き可能な温度であり、被加工物そのものの形状を変形させる温度ではないことから、被加工物そのものの形状の変形を抑制できる。

また、被加工物の変形抵抗が小さいため、パンチの座屈の虞も回避可能である。

[0009] 本発明に係るパンチ孔形成方法の更なる特徴構成は、前記パンチが、前記温度 T_0 の前記被加工物を打ち抜く際に前記被加工物に掛ける荷重は、所定

値以下である点にある。

- [0010] 本特徴構成によれば、被加工物が打ち抜きの可能な温度 T_0 に維持されることで、被加工物の変形抵抗が低下される。そして、被加工物の変形抵抗が低下することで、パンチにより被加工物を打ち抜く際の荷重（パンチの打抜刃に作用する圧縮応力）が所定値以下となる。ここで、大きな荷重を掛けて被加工物を打ち抜くと、打ち抜きの際に、孔の形成位置及びその周囲も含めて、被加工物が打ち抜き方向に引っ張られ、被加工物が変形する可能性がある。被加工物を温度 T_0 に維持して孔を形成する際の荷重（圧縮応力）を所定値以下にできることで、比較的薄板の被加工物そのものの変形を抑制しつつ、所望の孔径の孔を精度よく形成できる。
- [0011] 前記パンチが被加工物に孔を形成する際に前記温度 T_0 に維持された被加工物に掛ける荷重は、前記パンチが室温の被加工物に孔を形成する際に必要な荷重の 10% 以上 30% 以下である点にある。
- [0012] 本特徴構成によれば、被加工物を温度 T_0 に維持した状態で、孔を形成する際に必要な荷重を、室温で被加工物に孔を形成する際に必要な荷重よりも十分に小さくできる。よって、比較的薄板の被加工物そのものの変形を抑制しつつ、所望の孔径の孔を精度よく形成できる。
- [0013] 本発明に係るパンチ孔形成方法の更なる特徴構成は、前記温度 T_0 は、300℃ 以上 950℃ 以下である点にある。
- [0014] 本特徴構成によれば、300℃ 以上 950℃ 以下に被加工物の温度 T_0 を維持することで、薄板の被加工物そのものの変形を抑制しつつ、所望の孔径の孔を精度よく形成できる。
- [0015] 本発明に係るパンチ孔形成方法の更なる特徴構成は、温度 T_D に加熱されたダイスに前記被加工物が載置されることで前記被加工物が温度 T_0 に維持される点にある。
- [0016] 従来から、ダイス及びパンチは、加熱により焼損等が生じ寿命が低下することが問題として挙げられている。そのため、ダイス等を加熱した上で被加工物を打ち抜くとの発想自体が取り挙げられてこなかった。本特徴構成によ

れば、被加工物の厚みが比較的薄いこと、予熱のされていないダイスに被加工物を載置すると即座に温度が低下してしまうことに着目し、これまでの手法とは全く異なる方法として、ダイスを温度 T_D に加熱する。そして、この加熱されたダイスに被加工物を載置することで、この加熱されたダイスからの熱伝導及び輻射等による伝熱によって、被加工物が温度 T_O に維持される。

[0017] 本発明に係るパンチ孔形成方法の更なる特徴構成は、温度 T_P に加熱されたパンチにより前記被加工物が打ち抜かれることで前記被加工物が温度 T_O に維持される点にある。

[0018] 従来はパンチの寿命を考慮してパンチを加熱することはなかったが、本特徴構成によれば、被加工物の厚みが比較的薄いことに着目し、パンチを温度 T_P に加熱する。そして、この加熱されたパンチによって、ダイスに載置された被加工物が打ち抜かれる。被加工物は、ダイスからの伝熱だけでなく、打ち抜かれて孔が形成される際にパンチと接触し、加熱されたパンチからの熱伝導及び輻射等による伝熱によっても温度 T_O に維持される。

[0019] 本発明に係るパンチ孔形成方法の更なる特徴構成は、孔径に対する前記被加工物の厚みの比（厚み／孔径）であるアスペクト比を従来のパンチ孔形成方法の限界値よりも大きくする点にある。アスペクト比を大きくすることは、被加工物を例えばフィルタに使う場合、その強度が増すため使用範囲が広くなり有利となるためアスペクト比は、2以上が好ましく、3以上がより好ましく、5以上がさらに好ましい。なお、アスペクト比があまり大きいとパンチやダイスの強度や耐久性に課題が生じるため、30以下が好ましく、20以下であるとより好ましく、15以下であるとさらに好ましい。

[0020] 比較的薄板の被加工物は、打ち抜きの際に、パンチにより容易に被加工物を打ち抜くことが可能な温度 T_O に維持されており、変形抵抗が小さく維持されている。よって、被加工物の変形抵抗を小さく維持して変形能を高めたまま、かつ、被加工物そのものの形状の変形を抑制しつつ、パンチにより容易に被加工物を打ち抜くことができる。そのため、本特徴構成のようにア

スペクト比が2以上30以下の孔を、比較的薄板の被加工物の打ち抜きにより形成できる。前記薄板の厚みの範囲は、加工の経済性により、下限については0.01mm以上が好ましく、0.05mm以上がより好ましく、0.1mm以上が更に好ましい。なお、上限については1mm以下が好ましく、0.75mm以下がより好ましく、0.5mm以下が更に好ましい。

[0021] 本発明に係るパンチ孔形成方法の更なる特徴構成は、前記孔径の範囲が、上限については、従来のパンチ形成方法では困難となる1mm以下である点にある。なお、パンチやダイスの製造における難度とコストの観点から、下限については0.005mm以上が好ましく、0.01mm以上がより好ましく、0.02mm以上が更に好ましい。

[0022] 本発明に係るパンチ孔形成方法の更なる特徴構成は、前記被加工物に前記孔を複数形成する点にある。被加工物をフィルタなどの濾過目的で使用する場合などは、前記孔が多いほどフィルタの圧力損失が低減するため有利である。一方、パンチ孔形成の原理が、パンチによるせん断力によって被加工物に前記孔を形成するため、隣り合う前記孔の間隔が狭すぎる場合は被加工物の前記孔の間に著しい変形や割れなどの不具合が発生することがある。このことから、隣り合う前記孔の間隔はパンチ孔径の2倍以上であると好ましく、3倍以上であるとより好ましく、4倍以上であると更に好ましい。

[0023] 本発明に係るパンチ孔形成方法の更なる特徴構成は、前記被加工物は、耐熱金属材料としてのフェライト系ステンレス、オーステナイト系ステンレス及びマルテンサイト系ステンレスの中から選択されたいずれかの材料で形成され、一方、パンチやダイスの加工材料が加工温度にて被加工材料よりも10倍以上の強度を有する材料によって形成されている点にある。

[0024] 被加工物が本特徴構成のような材料で形成されていることで、例えば、耐熱性、耐酸化性及び低コストの少なくともいずれかを満たす被加工物に所望の孔を容易に形成できる。よって、このような被加工物を、例えば燃料電池セルの各種電極及び電解質を積層するための基板及び複数の細孔を有するフィルタ等に好適に用いることができる。

- [0025] 本発明に係るパンチ孔形成方法の更なる特徴構成は、前記パンチ及び前記ダイスの少なくともいずれかは、セラミックス及びタングステンの少なくともいずれかを含有する超硬材料から形成されている点にある。
- [0026] 本特徴構成によれば、パンチ及びダイスの少なくともいずれかが、硬度が比較的の高い所定の材料で形成される。よって、被加工物を打ち抜いて孔が形成される際に、パンチ及びダイスが加熱されても、加熱により変形等せず、打ち抜きの際の荷重によっても変形等しないため好ましい。
- [0027] 本発明に係るパンチ孔形成方法の更なる特徴構成は、前記パンチにより前記被加工物を打ち抜いた後、前記パンチに冷却用気体を吹き付ける点にある。
- [0028] パンチにより被加工物を打ち抜くと摩擦によりパンチの温度が上昇する。本特徴構成によれば、パンチに冷却用気体を吹き付けることで、パンチの過度の温度上昇を抑制する。これにより、パンチの焼損や酸化による寿命の低下を抑制する。
- [0029] 本発明に係るパンチ孔形成方法の更なる特徴構成は、前記冷却用気体は、酸素を含まない炭酸ガス、窒素及びアルゴンの少なくともいずれかである点にある。
- [0030] 本特徴構成によれば、冷却用気体が炭酸ガス、窒素及びアルゴンの少なくともいずれかであるので、パンチの腐食を抑制できる。
- [0031] 本発明に係るパンチ孔形成方法の更なる特徴構成は、
前記パンチは、
所定の厚みを有する板状のパンチ本体と、
前記パンチ本体の前記被加工物と対向する対向面から突出して延び、前記被加工物に孔をあける打抜刃と、
前記パンチ本体の対向する二面のうち、前記打抜刃の突出方向とは反対側の面に位置する基部と、前記基部から前記打抜刃の突出方向に前記パンチ本体を貫通し、前記パンチ本体の厚みよりも長く延びるストリッパピンとを有するストリッパ部材と、を含み、

前記パンチにより前記被加工物を打ち抜く際には、前記ストリッパーピンが前記対向面から突出しないように退避されており、

前記パンチにより前記被加工物を打ち抜いた後、前記ストリッパーピンの先端が前記対向面から突出して前記被加工物を押圧することにより、前記パンチ本体とともに前記打抜刃が前記被加工物から引き抜かれる点にある。

[0032] 本特徴構成によれば、薄板の被加工物を打ち抜いた場合、ストリッパーピンにより被加工物を押さえることで、被加工物から打抜刃を容易に引き抜くことができる。

[0033] 本発明に係るパンチ孔形成装置の特徴構成は、

上記のパンチ孔形成方法を用いて、前記被加工物に孔を形成するパンチ孔形成装置であって、

前記被加工物が載置されるダイスと、

前記ダイスに載置された被加工物を、前記被加工物を厚み方向に打ち抜いて孔を形成するパンチと、

孔が形成されている間の前記被加工物の温度を、前記被加工物の打ち抜きが可能な温度 T_0 に維持する制御を行う制御部と、を備える点にある。

[0034] 本特徴構成によれば、ダイスに比較的薄板である被加工物が載置されている状態で、被加工物の温度を打ち抜きが可能な温度 T_0 に維持する。よって、被加工物の温度の低下を抑制し、変形抵抗（引張り強さ）を小さく維持できる。つまり、被加工物の変形抵抗を小さく維持して変形能を高めたまま、パンチにより容易に被加工物を打ち抜いて孔を形成できる。また、孔を形成する時の抵抗が小さいため、比較的薄板の被加工物そのものの変形を抑制しつつ、所望の孔径の孔を精度よく形成できる。さらに、温度 T_0 は、被加工物を打ち抜き可能な温度であり、被加工物そのものの形状を変形させる温度ではないことから、被加工物そのものの形状の変形を抑制できる。

また、被加工物の変形抵抗が小さいため、パンチの座屈の虞も回避可能である。

図面の簡単な説明

[0035] [図1]パンチ孔形成装置の全体構成を示す斜視図である。

[図2]ダイスに載置された被加工物にパンチを適用している様子を示す模式図である。

[図3]パンチ孔形成装置により被加工物に孔を形成する様子を示す一部の拡大模式図である。

発明を実施するための形態

[0036] [実施形態]

以下に、図1～図3を用いて、本実施形態に係るパンチ孔形成装置及びパンチ孔形成方法について説明する。

(1) パンチ孔形成装置

まずパンチ孔形成装置100について以下に説明する。

パンチ孔形成装置100は、孔を形成する対象である被加工物Oが載置されるダイス10と、ダイス10に載置されている被加工物Oを打ち抜いて孔を形成するパンチ20と、被加工物Oからの打抜刃23の引き抜きを容易にするためのストリッパ部材50と、パンチ20の打抜刃23を冷却するための冷却装置60と、被加工物Oを打ち抜いて孔を形成する際の各種制御を行う制御部30とを備えている。

[0037] 本実施形態の被加工物Oは、0.01mm以上約1mm以下の厚みを有する、比較的薄い板状部材である。そして、被加工物Oは、図2に示すように、パンチ孔形成装置100にセットされて打ち抜かれることで、被加工物Oを貫通する複数の孔が一度に形成される。これらの複数の孔は、本実施形態では、アスペクト比が2以上と大きい。

なお、アスペクト比は、孔径に対する被加工物Oの厚みの比（厚み／孔径）である。本実施形態では、孔径は例えば0.005mm以上0.5mm以下であり、孔のピッチはパンチ孔径の4倍以上である。

[0038] また、被加工物Oは、これに限定されないが、例えば、耐熱金属材料としてのフェライト系ステンレス、オーステナイト系ステンレス及びマルテンサイト系ステンレスの中から選択されたいずれかの材料で形成されている。被

加工物〇がこのような材料で形成されていることで、例えば、耐熱性、耐酸化性及び低コストの少なくともいずれかを満たす被加工物〇に所望の孔を形成できる。よって、このような被加工物〇を、例えば燃料電池セルの各種電極及び電解質を積層するための基板及び複数の細孔を有するフィルタ等に好適に用いることができる。

[0039] 上述のようにアスペクト比が2以上と大きい複数の孔を被加工物〇に一度に形成するために、本実施形態では、制御部30は、被加工物〇を温度T〇に維持した状態で、ダイス10に載置された被加工物〇をパンチ20により打ち抜いて孔を形成するように制御する。この場合、制御部30は、ダイス10及びパンチ20を加熱することで、被加工物〇を温度T〇に維持するように制御する。

[0040] なお、ダイス10は所定位置に固定されており、移動可能なパンチ20が、ダイス10に載置された被加工物〇に向かって下降移動されることで、パンチ20によりダイス10上の被加工物〇に孔が形成される。

[0041] パンチ20は、概ね板状であるパンチ本体21と、パンチ本体21から突出する複数の打抜刃23とを備えている。パンチ本体21は、ダイス10と対向する側に板状面であるパンチ下面（対向面）21aと、反対側のパンチ上面21bとを有している。複数の打抜刃23は、パンチ下面21aからダイス10側の下方に突出するように形成されている。

[0042] 打抜刃23は、図3に示すように、例えば円筒状の本体部分23aと、本体部分23aから先端に行くほど狭まる先端部分23bとを有している。打抜刃23の本体部分23aの径は、被加工物〇の0.005mm以上0.5mm以下の孔径に対応して、孔径と概ね同程度である。また、パンチ本体21に形成されている複数の打抜刃23のピッチは、孔のピッチであるパンチ孔径の4倍以上である。このような孔径及びピッチの複数の打抜刃23が、例えば行及び列に沿って正方格子の格子点に配置されている。

[0043] この複数の打抜刃23は、パンチ20がダイス10に向かって近づけられると、図2、図3等に表示されるようにダイス10に設けられた挿入孔13に

挿入される。

[0044] また、パンチ20は、パンチ本体21を所定の温度TPに加熱するパンチ用ヒータ25を備えている。パンチ用ヒータ25は、例えばパンチ本体21の内部に設けられており、パンチ本体21及び打抜刃23を温度TPに加熱する。この場合、パンチ用ヒータ25は、被加工物Oと接触するパンチ下面21aと打抜刃23とを加熱してもよい。あるいは、パンチ用ヒータ25は、少なくとも、被加工物Oを打ち抜く際に接触する打抜刃23を温度TPに加熱してもよい。

以下では、パンチ20において、パンチ本体21全体、パンチ本体21のうちパンチ下面21a及び打抜刃23のうち少なくともいずれかの加熱を、パンチ20の加熱というものとする。

[0045] ダイス10は、被加工物Oが載置される概ね板状であるダイス本体11を備えている。ダイス本体11は、ダイス10と対向する側に板状面であるダイス上面11aと、反対側のダイス下面11bを有している。また、ダイス本体11には、ダイス上面11aからダイス下面11bをまで貫通する複数の挿入孔13が形成されている。複数の挿入孔13それぞれは、複数の打抜刃23に対応した位置に形成されており、複数の打抜刃23が挿入される。

[0046] また、ダイス10は、ダイス本体11を所定の温度TDに加熱するダイス用ヒータ15を備えている。ダイス用ヒータ15は、例えばダイス本体11の内部に設けられており、ダイス本体11を温度TDに加熱する。この場合、ダイス本体11の加熱により挿入孔13の内部の内表面もまた温度TDに加熱される。あるいは、ダイス用ヒータ15は、被加工物Oが載置されるダイス上面11a及び挿入孔13の内表面の少なくともいずれかを加熱してもよい。

以下では、ダイス10において、ダイス本体11全体、ダイス本体11のうちダイス上面11a及び挿入孔13の内表面のうち少なくともいずれかの加熱を、ダイス10の加熱というものとする。

[0047] また、ダイス上面11a上には、小突起17（図3）が形成されている。

小突起 17 は、ダイス上面 11 a から上方に突出するように形成されている。その突出の程度は、ダイス上面 11 a に載置された被加工物 O が所定位置からずれないように、また被加工物 O に損傷を与えない程度の高さである。また、小突起 17 の形状は、被加工物 O に損傷を与えない形状が好ましい。小突起 17 の形成位置は、例えば、図 1 等に示すように、挿入孔 13 に隣接する部位である。小突起 17 は、被加工物 O をダイス上面 11 a の所定位置からずれない程度に設けられていればよく、挿入孔 13 の全てに対応して設けられている必要はない。

[0048] このようなダイス 10 及びパンチ 20 の少なくともいずれかは、これに限定されないが、セラミックス及びタングステンの少なくともいずれかを含む超硬材料から形成されている。パンチ 20 及びダイス 10 の少なくともいずれかが、硬度が比較的の高い所定の材料で形成される。よって、被加工物 O を打ち抜いて孔が形成される際に、パンチ 20 及びダイス 10 が加熱されても、加熱により変形等せず、打ち抜きの際の荷重によっても変形等しないため好ましい。

また、被加工物 O の材料としてフェライト系ステンレス、オーステナイト系ステンレス、マルテンサイト系ステンレスなどの耐熱金属材料の材料が選択された場合においても、ダイス 10 及びパンチ 20 は、前述の材料で形成されることによって、被加工物 O を打ち抜くための適切な荷重を負荷できる強度がある。

[0049] 制御部 30 は、被加工物 O の温度を、アスペクト比が 2 以上 30 以下である孔の打ち抜きが可能な温度 T_O に維持するように制御する。より具体的には、制御部 30 は、パンチ 20 により被加工物 O を、板状部材の厚み方向に打ち抜いて孔を形成する際に、少なくとも孔が形成されている間、被加工物 O を温度 T_O に維持する。

この場合、制御部 30 は、被加工物 O を打ち抜く前に、ダイス用ヒータ 15 を ON にし、ダイス 10 を温度 T_D に加熱する。ここで、温度 T_D は、被加工物 O がダイス 10 に載置された場合に、被加工物 O を温度 T_O に維持可

能な温度である。温度 $T_O < \text{温度 } T_D$ の関係にあると、より高温のダイス10によって被加工物を温度 T_O に維持し易く好ましい。

[0050] また、制御部30は、被加工物Oを打ち抜く前に、パンチ用ヒータ25をONにし、パンチ20を温度 T_P に加熱する。ここで、温度 T_P は、ダイス10に載置された被加工物Oをパンチ20により打ち抜く場合に、被加工物Oを温度 T_O に維持可能な温度である。温度 $T_O < \text{温度 } T_P$ の関係にあると、より高温のパンチ20によって被加工物Oを温度 T_O に維持し易く好ましい。

[0051] なお、ダイス10の温度 T_D 、パンチ20の温度 T_P 及び被加工物Oの温度 T_O は、ある一点の温度であってもよいし、幅を有していてもよい。また、温度 T_D 、温度 T_P 及び温度 T_O は、これらの材料によるが、被加工物Oが例えば燃料電池を形成する際に用いる基板の場合等は、 300°C 以上 950°C 以下の範囲内にある。この範囲内で各種温度を設定することで、薄板の被加工物Oそのものの変形を抑制しつつ、所望の孔径の孔を精度よく形成できる。

[0052] 以上のようにダイス10及びパンチ20の加熱により被加工物Oの温度が温度 T_O に維持される。これにより、パンチ20が被加工物Oを打ち抜く際に、パンチ20が温度 T_O の被加工物Oに掛ける荷重が所定値以下となる。パンチ20が温度 T_O の被加工物Oを打抜くのに必要な荷重は、パンチ20が室温の被加工物Oを打抜くのに必要な荷重の例えば10%以上30%以下である。

[0053] 冷却装置60は、ダイス10に載置された被加工物Oが打抜刃23により打ち抜かれて孔が形成された後、打抜刃23が被加工物Oから引き抜かれると、打抜刃23に冷却用気体を吹き付ける。冷却用気体は、これに限定されないが、例えば炭酸ガス、窒素及びアルゴン等が挙げられる。

[0054] 図3に示すように、ストリッパ部材50は、パンチ本体21のパンチ上面21b側に位置する基部51と、基部51から打抜刃23の突出方向に延びてパンチ本体21を貫通しており、パンチ本体21の厚みよりも長く延び

ているストリッパピン53とを有する。なお、ストリッパピン53の長さは、パンチ本体21の厚みと、打抜刃23の突出方向の長さとを足した長さ程度であると好ましい。また、ストリッパピン53は、打抜刃23を概ね中央に挟んで、一对のストリッパピン53aとストリッパピン53bとを有する。ストリッパピン53は、それが延びる方向に沿って、パンチ本体21内を摺動可能である。ストリッパ部材50の使用例については後述する。

[0055] (2) パンチ孔形成方法

次に、上記パンチ孔形成装置100を用いたパンチ孔形成方法について主に図3を用いて説明する。

まず、0.01mm以上1mm以下の厚みを有する、比較的薄い板状部材である被加工物Oを準備する。被加工物Oに形成される孔は、孔径が0.005mm以上0.5mm以下であり、ピッチがパンチ孔径の4倍以上である。そして、孔のアスペクト比は、2以上30以下である。

[0056] (2-1) 図3の(i)

被加工物Oを打ち抜いて孔を形成するにあたって、制御部30は、被加工物Oを打ち抜く前に、ダイス用ヒータ15をONにしダイス10を温度TDに加熱し、パンチ用ヒータ25をONにしパンチ20を温度TPに加熱する。

[0057] 例えば、制御部30は、被加工物Oへの孔の打ち抜き作業を開始する旨の命令を作業者及び別途の装置から受け取ると、ダイス10及びパンチ20を加熱してもよい。

[0058] そして、制御部30は、ダイス10及びパンチ20が所定の温度に達すると、例えば音や映像等で報知して、作業者に被加工物Oをダイス10に載せる準備ができたことを知らせる。報知を受けて、作業者はダイス10に被加工物Oを載置する。

あるいは、制御部30は、ダイス10及びパンチ20が所定の温度に達すると、所定位置に準備されている被加工物Oをロボットアーム等でダイス1

〇に載置してもよい。

[0059] 図3の(i)では、所定位置に固定されたダイス10のダイス上面11aに、所定の孔の形成位置に応じて被加工物〇が載置されている。そして、ダイス上面11aに載置された被加工物〇に対向して、パンチ下面21aが対向するようにパンチ20が配置されている。この場合、パンチ下面21aから突出する打抜刃23と、ダイス10の挿入孔13とが対向するように配置されている。

[0060] パンチ20により被加工物〇の打ち抜きを開始する前の段階の図3の(i)と、次に、パンチ20により被加工物〇を打ち抜いている段階の図3(ii)では、ストリッパ部材50は退避位置に位置付けられている。つまり、ストリッパ部材50は、パンチ20により被加工物〇を打ち抜く際には、一対のストリッパピン53aとストリッパピン53bは、基部51がパンチ上面21bの上方に引き上げられるのに応じて、パンチ下面21aから突出しないようにパンチ本体21内に退避されている。よって、パンチ下面21aからは、打抜刃23のみが突出している。

[0061] (2-2) 図3の(i)から(ii)

図3の(i)の状態において、固定位置のダイス10に載置された被加工物〇にパンチ20を近づけていき、図3(ii)に示すように、打抜刃23により被加工物〇を打ち抜いて孔を形成する。図1、図2に示すように、複数の打抜刃23により被加工物〇には複数の孔が同時に形成される。孔の打ち抜きにより生じた打抜屑〇aはパンチ20に押し出されて被加工物〇と分離される。

[0062] この被加工物〇の打抜きの開始から打抜き終了までの間、ダイス10が温度TDに加熱されており、パンチ20が温度TPに加熱されていることから、被加工物〇が温度TOに維持されている。なお、温度TOは、被加工物〇の打ち抜きが可能又は容易な温度である。

[0063] ここで、厚みが0.01mm以上1mm以下と比較的に薄い被加工物〇がダイス10に載置される場合、被加工物〇の温度はダイス10との接触によ

り低下する可能性がある。一方で、被加工物〇が比較的薄板であるため、被加工物〇は加熱の程度が大きすぎると、板状を維持できず反るなど変形する可能性がある。

[0064] これらの点を加味し、上記の通り、ダイス 10 に比較的薄板である被加工物〇が載置されている状態で、被加工物〇の温度を打ち抜きが可能な温度 T_O に維持する。よって、被加工物〇の温度の低下を抑制し、変形抵抗（引張り強さ）を小さく維持できる。つまり、被加工物〇の変形抵抗を小さく維持して変形能を高めたまま、パンチ 20 により容易に被加工物〇を打ち抜いて孔を形成できる。また、孔を形成する時の抵抗が小さいため、比較的薄板の被加工物〇そのものの変形を抑制しつつ、所望の孔径の孔を精度よく形成できる。さらに、温度 T_O は、被加工物〇の打ち抜きに可能な温度であり、被加工物〇そのものの形状を変形させる温度ではないことから、被加工物〇そのものの形状の変形を抑制できる。

また、被加工物〇の変形抵抗が小さいため、パンチ 20 の座屈の虞も回避可能である。

[0065] なお、従来から、ダイス 10 及びパンチ 20 は、加熱により焼損等が生じ寿命が低下することが問題として挙げられている。そのため、ダイス 10 等を加熱した上で被加工物〇を打ち抜くとの発想自体が取り挙げられてこなかった。上記構成によれば、被加工物〇の厚みが比較的薄いため、予熱のされていないダイス 10 に被加工物〇を載置すると即座に温度が低下してしまうことに着目し、これまでの手法とは全く異なる方法として、ダイス 10 を温度 T_D に加熱する。そして、この加熱されたダイス 10 に被加工物〇を載置することで、この加熱されたダイス 10 からの熱伝導及び輻射等による伝熱によって、被加工物〇が温度 T_O に維持される。

[0066] 前述の通り、従来はパンチ 20 の寿命を考慮してパンチ 20 を加熱することとはなかったが、上記構成によれば、被加工物〇の厚みが比較的薄いことに着目し、パンチ 20 を温度 T_P に加熱する。そして、この加熱されたパンチ 20 によって、ダイス 10 に載置された被加工物〇が打ち抜かれる。被加

工物〇は、ダイス１０からの伝熱だけでなく、打ち抜かれて孔が形成される際にパンチ２０と接触し、加熱されたパンチ２０からの熱伝導及び輻射等による伝熱によっても温度Ｔ０に維持される。

[0067] また、ドリル等の回転刃を用いた穿孔工法及びレーザー照射による溶融貫通等により被加工物〇に孔を形成する方法では、１つずつ孔を形成している。そのため、複数の孔を形成すると加工時間が長大となり、大量生産の弊害となる。しかし、上記構成によれば、被加工物〇の温度が打ち抜き可能な温度Ｔ０に維持されるため、つまり、被加工物〇の概ね全体が打ち抜きの容易な状態に維持されるため、被加工物〇の所定範囲の加工領域に対して複数の孔を同時に形成可能である。よって、被加工物〇に短時間で複数の孔を形成できる。例えばダイス１０に載置された被加工物〇に、複数のパンチ２０により複数の孔を同時に打ち抜くことが可能である。よって、複数の孔を有する被加工物〇を短時間に大量生産することができ、処理後の被加工物〇の低コスト化を図ることができる。

[0068] なお、レーザー照射による溶融貫通等で被加工物〇に孔を形成する方法では、被加工物〇の一部を溶融する必要があるため、溶融により生じる酸化物等のドロスが孔内に付着して閉塞する課題、また、付着したドロスの除去等の別途の処理が必要となる課題が生じる。しかし、上記構成によれば、被加工物〇をパンチ２０により打ち抜いて孔を形成するため、孔の打ち抜きにより生じた打抜屑〇aはパンチ２０に押し出されて被加工物〇と分離される。よって、レーザー照射等による孔の閉塞等の問題は生じ難い。

[0069] なお、被加工物〇が温度Ｔ０に維持されることで、パンチ２０が温度Ｔ０の被加工物〇を打抜くのに必要な荷重（パンチ２０の打抜刃２３に作用する圧縮応力）が、パンチ２０が室温の被加工物〇を打抜くのに必要な荷重の例えば１０％以上３０％以下となる。

ここで、大きな荷重を掛けて被加工物〇を打ち抜くと、打ち抜きの際に、孔の形成位置及びその周囲も含めて、被加工物〇が打ち抜き方向に引っ張られ、被加工物〇が変形する可能性がある。被加工物〇を温度Ｔ０に維持して

孔を形成する際の荷重を所定値以下にできることで、比較的薄板の被加工物○そのものの変形を抑制しつつ、所望の孔径の孔を精度よく形成できる。

[0070] また、被加工物○の打ち抜きにより形成される孔のアスペクト比は、2以上30以下である。上記の通り、被加工物○は、打ち抜きの際に、パンチ20により容易に被加工物○を打ち抜くことが可能な温度T0に維持されており、変形抵抗（引張り強さ）が小さく維持されている。よって、被加工物○の変形抵抗を小さく維持して変形能を高めたまま、かつ、被加工物○そのものの形状の変形を抑制しつつ、パンチ20により容易に被加工物○を打ち抜くことができる。そのため、アスペクト比が2以上30以下と大きい孔を、比較的薄板の被加工物○の打ち抜きにより形成できる。同様の理由により、アスペクト比が2以上30以下と大きく、かつ、孔径が0.005mm以上0.5mm以下であり、ピッチがパンチ孔径の4倍以上である孔を、比較的薄板の被加工物○の打ち抜きにより形成できる。

[0071] ここで、被加工物○を加熱せず室温等で行われる冷間鍛造において、パンチ20により被加工物○にアスペクト比が2以上である孔を形成する場合、打ち抜き時にパンチ20にかかる荷重（パンチ20の打抜刃23に作用する圧縮応力）が大きい。また、比較的薄い被加工物○を打ち抜く場合、被加工物○を加熱した状態でダイス10に載置しても、その厚みの薄さゆえに被加工物○が冷却されてしまう。結果として、パンチ20により被加工物○にアスペクト比が2以上である孔を形成する際にパンチ20にかかる圧縮応力が大きい。この場合、パンチ20にかかる圧縮応力及び座屈応力が限界値を上回ってしまい、アスペクト比が2以上である孔を形成するのが困難である。

しかし、上記構成によれば、ダイス10及びパンチ20を加熱することで被加工物○を打ち抜きの可能な温度T0に維持する。よって、パンチ20に係る圧縮応力が比較的小さくなり、アスペクト比が2以上である孔を容易に形成することができる。

[0072] (2-3) 図3の(i i)から(i i i)

図３の（i i）に示すように、打抜刃２３により被加工物〇が打ち抜かれて孔が形成されると、図３の（i i i）に示すように、被加工物〇から打抜刃２３が引き抜かれる。

打抜刃２３の引き抜きの際に、ストリッパ部材５０が被加工物〇の側に移動するように押されるとともに、パンチ２０がダイス１０から離れる上方に移動される。これにより、一对のストリッパピン５３aとストリッパピン５３bの先端がパンチ下面２１aから突出し、被加工物〇の上面を押圧する。よって、パンチ本体２１とともに打抜刃２３が被加工物〇から容易に引き抜かれる。

[0073] なお、ストリッパ部材５０の移動は、作業者の手作業によって行われてもよい。あるいは、制御部３０が、打抜刃２３により被加工物〇の打ち抜きが完了するまではストリッパ部材５０を退避位置に制御し、打ち抜きが完了した後にストリッパ部材５０を被加工物〇の側に移動させ、被加工物〇を押圧した上で打抜刃２３が引き抜かれるように制御してもよい。

[0074] 被加工物〇から打抜刃２３が引き抜かれると、例えば作業者による手作業、あるいは、制御部３０が制御して、冷却装置６０から冷却用気体を吹き出し、打抜刃２３に吹き付ける。パンチ２０により被加工物〇を打ち抜くと摩擦により打抜刃２３の温度が上昇する。上記のように打抜刃２３に冷却用気体を吹き付けることで、打抜刃２３の温度上昇を抑制する。これにより、パンチ２０の焼損による寿命の低下を抑制する。

冷却用気体として、炭酸ガス及びアルゴンの少なくともいずれかを用いると、パンチ２０の腐食を抑制できる。なお、パンチ２０の腐食を抑制できるのであれば、冷却用気体はこれらの気体に限定されない。

[0075] （３）被加工物に孔を形成する際のシミュレーション

上記の通り、被加工物〇に孔を形成するあたり、制御部３０は、ダイス１０を温度ＴＤに加熱し、かつ、パンチ２０を温度ＴＰに加熱する。これにより、ダイス１０に載置され、打ち抜かれる被加工物〇を打ち抜きの可能な温度Ｔ〇に維持する。

このようなパンチ孔形成方法を用いて孔を形成する場合に、アスペクト比が2以上30以下の孔を形成できるか否かについてのシミュレーションを以下に説明する。

[0076] 被加工物Oとして、SUS430（フェライト系ステンレス）からなる、厚みが0.3mmの板状部材を用いた。打ち抜きで形成される孔径は0.025mmであり、アスペクト比は12である。また、パンチ及びダイスは700℃に維持される。また、パンチ20には、円筒状の打抜刃23が用いられる。

[0077] SUS430の700℃における引張り強さ σ_{700} は、室温20℃の引張り強さ σ_{20} の約1/5であり、約100MPa（10.2kgf/mm²）である。なお、この値は、菊池正夫 論文 「ステンレス鋼の高温特性」を参照した。

[0078] 次に、パンチ20による打ち抜きに必要な打抜き力P（kgf）は、次式（1）で算出される。

$$P = L H \times t \times S \times k \cdots (1)$$

ここで、LHは、パンチ20により被加工物Oに形成される孔の全周長（mm）である。また、tは被加工物Oの厚み（mm）であり、Sはせん断応力（kgf/mm²）であり、kは安全率である。

なお、Sは、一般的に引張り強さの0.8倍であるので、引張り強さ σ_{700} に0.8をかけて求めた。

kは、一般的に1.2であるが、後述の圧壊安全率Kをより安全寄りに算出するために、ここではk=1.0とした。

[0079] 式（1）に、LHとして0.025mm×3.142を、tとして0.3mmを、Sとして0.8×10.2kgf/mm²を、kとして1.0を入力し、以下の0.1923（kgf）を得た。

$$\begin{aligned} P &= (0.025 \times 3.14) \times (0.3) \times (0.8 \times 10.2) \times (1.0) \\ &= 0.1923 \text{ (kgf)} = 1.886 \text{ (N)} \end{aligned}$$

よって、一つの孔を打ち抜くために必要な打抜き力Pは、0.1923（kgf）=1.886（N）である。

[0080] 一つの孔を打ち抜くパンチ20の円筒状の打抜刃23に作用する圧縮応力 σ_p は、円筒状の打抜刃23の断面面積を A (mm^2) とすれば、次式(2)で求まる。

$$\sigma_p = P \div A \cdots (2)$$

ここで、円筒状の打抜刃23の直径が、孔径と同一であるとする、断面面積 A は次の通り求まる。

$$A = (0.025/2) \times (0.025/2) \times 3.142$$

よって、式(2)に当てはめることで、圧縮応力 σ_p が以下の通り求まる。

$$\begin{aligned} \sigma_p &= (0.1923) \div ((0.025/2) \times (0.025/2) \times 3.142) \\ &= 391.7 (\text{kgf}/\text{mm}^2) \end{aligned}$$

[0081] ここで、パンチ20の材料としてM78 (株式会社エヌ・ジェーエス社製) を用いた。M78の圧縮強さ σ_n は、700℃において8.120MPa (828.0kgf/mm²) を有する。

よって、円筒状の打抜刃23の圧縮破壊に対する圧壊安全率 K は、 $K = \sigma_n / \sigma_p = 2.1$ となる。この値から、打抜刃23は、700℃において圧縮破壊しないことが分かる。

[0082] なお、孔のアスペクト比が12であり大きい、打抜刃23の座屈についても検討が必要である。ここで、打抜刃23の長さ L_P は、被加工物Oの厚み0.3mmよりも長い0.35mmとし、打抜刃23の直径は孔径と同じ0.025mmとした。

この場合、打抜刃23の細長比は14.0 (0.35mm/0.025mm) である。一般的に、細長比15以上では座屈の考慮が必要であるため、オイラーの座屈荷重 P_{cr} (N) と打抜き力 P とを比較する。オイラーの座屈荷重 P_{cr} (N) は次式(3)から求まる。

$$\text{座屈荷重 } P_{cr} \text{ (N)} = m \times ((3.142)^2 \times E \times I) \div L_P^2 \cdots (3)$$

ここで、 m は片端固定の条件では0.25であり、 L_P は0.35mmである。

E はヤング率 (Pa) であり、 I は断面2次モーメント (mm^4) である。

そして、 $E \times I$ は曲げモーメントであり、金型加工では通常、抗折力に該当する。 $M78$ の抗折力は公称値 1500 (MPa) ($1500 \text{ (N/mm}^2\text{)}$)である。

以上より、式(3)に数値を当てはめて座屈荷重 $P_{cr} \text{ (N)}$ が次のように求まる。

$$\text{座屈荷重 } P_{cr} = 0.25 \times (3.142)^2 \times 1500 \div (0.35)^2 = 3.022 \times 10^4 \text{ (N)}$$

[0083] 打抜き力 $P \text{ (kgf)}$ は 1.886 (N) であり、座屈荷重 P_{cr} の $3.022 \times 10^4 \text{ (N)}$ よりも小さい($P_{cr} \gg P$)。よって、打抜き力 P は座屈荷重 P_{cr} よりも十分に小さく、被加工物 O を打抜くためにパンチ 20 に打抜き力 P を掛けても座屈しないことが分かる。

[0084] 例えば、一度に 100 万個の孔を一回の打抜きで形成する場合に必要な全荷重 PP は、次式(4)より求まる。

$$\text{全荷重 } PP = \text{打抜き力 } P \times \text{孔の個数} \cdots (4)$$

よって、全荷重 PP は、 $0.1973 \text{ (kgf)} \times 1000000 \text{ (個)} = 197300 \text{ (kgf)} = 198 \text{ (ton)}$ と求まる。従来の方法で打ち抜く場合は、荷重能力が 5 倍必要であるため、 1000 ton クラスの大型のプレス機が必要となるが、本発明によれば 200 ton クラスの小型のプレス機を用いて、打抜きを行うことができることが分かる。

[0085] [他の実施形態]

なお上述の実施形態(他の実施形態を含む、以下同じ)で開示される構成は、矛盾が生じない限り、他の実施形態で開示される構成と組み合わせて適用することが可能であり、また、本明細書において開示された実施形態は例示であって、本発明の実施形態はこれに限定されず、本発明の目的を逸脱しない範囲内で適宜改変することが可能である。

[0086] (1) 上記実施形態では、被加工物 O にアスペクト比が 2 以上と大きい複数の孔が形成される。そのため、制御部 30 は、ダイス 10 を温度 TD に加熱し、かつ、パンチ 20 を温度 TP に加熱することで、被加工物 O を、打ち抜きの可能な温度 TO に維持する。

しかし、上記実施形態のように被加工物〇を打ち抜きの可能な温度 T_O に維持するために、ダイス10を加熱し、パンチ20を加熱する制御は、被加工物〇にアスペクト比が2未満と小さい複数の孔を形成する場合においても適用可能である。

アスペクト比が2未満と小さい複数の孔を形成する場合でも、被加工物〇が温度 T_O に維持されることで、上記実施形態と同様に、被加工物の変形抵抗を小さく維持して変形能を高めたまま、パンチにより容易に被加工物を打ち抜いて孔を形成できる。また、孔を形成する時の抵抗が小さいため、比較的薄板の被加工物そのものの変形を抑制しつつ、所望の孔径の孔を精度よく形成できる。

[0087] (2) 上記実施形態では、パンチ20により被加工物〇を打ち抜いて孔を形成した後、ストリッパ部材50を用いて、被加工物〇から打抜刃23が引き抜かれている。しかし、ストリッパ部材50は省略されてもよい。

[0088] (3) 上記実施形態では、被加工物〇を打ち抜いて孔を形成する際に、被加工物〇を温度 T_O に維持する。そして、被加工物〇の温度を温度 T_O に維持するために、ダイス10をダイス用ヒータ15により加熱し、かつパンチ20をパンチ用ヒータ25により加熱している。しかし、被加工物〇の温度を温度 T_O に維持するために、パンチ20を加熱せず、ダイス10をダイス用ヒータ15により加熱するのみであってもよい。

また、被加工物〇を予め加熱しておき、加熱されたダイス10に載置してもよい。

また、被加工物〇を打ち抜いて孔を形成する際に、被加工物〇を温度 T_O に維持する方法は上記実施形態に限定されず、例えば、被加工物〇を打ち抜く雰囲気温度を温度 T_O に維持することで被加工物〇を温度 T_O に維持することもできる。また、被加工物〇に電圧をかける等して被加工物〇を温度 T_O に維持することもできる。

[0089] (4) 上記実施形態では、パンチ20の打抜刃23は、円筒状の本体部分23aと、先細りする先端部分23bとを有している。パンチ20にかかる

荷重圧力を考慮し、先端部分の先細り形状を適宜変更可能である。また、打抜刃 2 3 は、先端部分 2 3 b を有さず、本体部分 2 3 a から構成されていてもよい。

[0090] (5) 上記実施形態では、パンチ 2 0 により被加工物 O を打ち抜いた後に、パンチ 2 0 の打抜刃 2 3 を冷却するために、冷却装置 6 0 から冷却用気体を打抜刃 2 3 に吹き付けている。しかし、打抜刃 2 3 への冷却用気体の吹き付けは必須ではなく、冷却装置 6 0 は省略されてもよい。

[0091] (6) 上記実施形態では、被加工物 O は、図 2 等に示すようにダイス 1 0 の上部からダイス 1 0 のダイス上面 1 1 a に載置されている。しかし、被加工物 O は、ダイス 1 0 に設けられた溝状のガイド（図示せず）に沿ってダイス上面 1 1 a にスライドするように載置されてもよい。あるいは、パンチ孔形成装置 1 0 0 には、ダイス上面 1 1 a に載置された被加工物 O を上部から押し付ける押し付け部材（図示せず）が設けられていてもよい。

[0092] (7) 上記実施形態では、ダイス 1 0 が所定位置に固定されており、パンチ 2 0 がダイス 1 0 に向かって移動する。しかし、パンチ 2 0 が所定位置に固定されており、ダイス 1 0 がパンチ 2 0 に向かって移動してもよい。

[0093] (8) 上記実施形態では、ダイス 1 0 に載置された被加工物 O の位置ずれを防止するために小突起 1 7 が形成されている。しかし、小突起 1 7 は省略されてもよい。

符号の説明

[0094] 1 0 : ダイス
2 0 : パンチ
2 3 : 打抜刃
O : 被加工物

請求の範囲

- [請求項1] 0. 0 1 m m以上 1 m m以下の厚みの板状部材である被加工物をダイスに載置し、パンチにより前記被加工物を厚み方向に打ち抜いて孔を形成する際に、少なくとも孔が形成されている間の前記被加工物の温度を、前記被加工物の打ち抜きが可能な温度 T_O に維持する、パンチ孔形成方法。
- [請求項2] 前記パンチが、前記温度 T_O の前記被加工物を打ち抜く際に前記被加工物に掛ける荷重は、所定値以下である、請求項 1 に記載のパンチ孔形成方法。
- [請求項3] 前記パンチが被加工物に孔を形成する際に前記温度 T_O に維持された被加工物に掛ける荷重は、前記パンチが室温の被加工物に孔を形成する際に必要な荷重の 1 0 %以上 3 0 %以下である、請求項 2 に記載のパンチ孔形成方法。
- [請求項4] 前記温度 T_O は、3 0 0℃以上 9 5 0℃以下である、請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載のパンチ孔形成方法。
- [請求項5] 温度 T_D に加熱されたダイスに前記被加工物が載置されることで前記被加工物が温度 T_O に維持される、請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載のパンチ孔形成方法。
- [請求項6] 温度 T_P に加熱されたパンチにより前記被加工物が打ち抜かれることで前記被加工物が温度 T_O に維持される、請求項 5 に記載のパンチ孔形成方法。
- [請求項7] 孔径に対する前記被加工物の厚みの比（厚み／孔径）であるアスペクト比が 2 以上 3 0 以下である、請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載のパンチ孔形成方法。
- [請求項8] 前記孔径は 1 m m以下である、請求項 7 に記載のパンチ孔形成方法。
- [請求項9] 前記被加工物に前記孔を複数形成する請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載のパンチ孔形成方法。

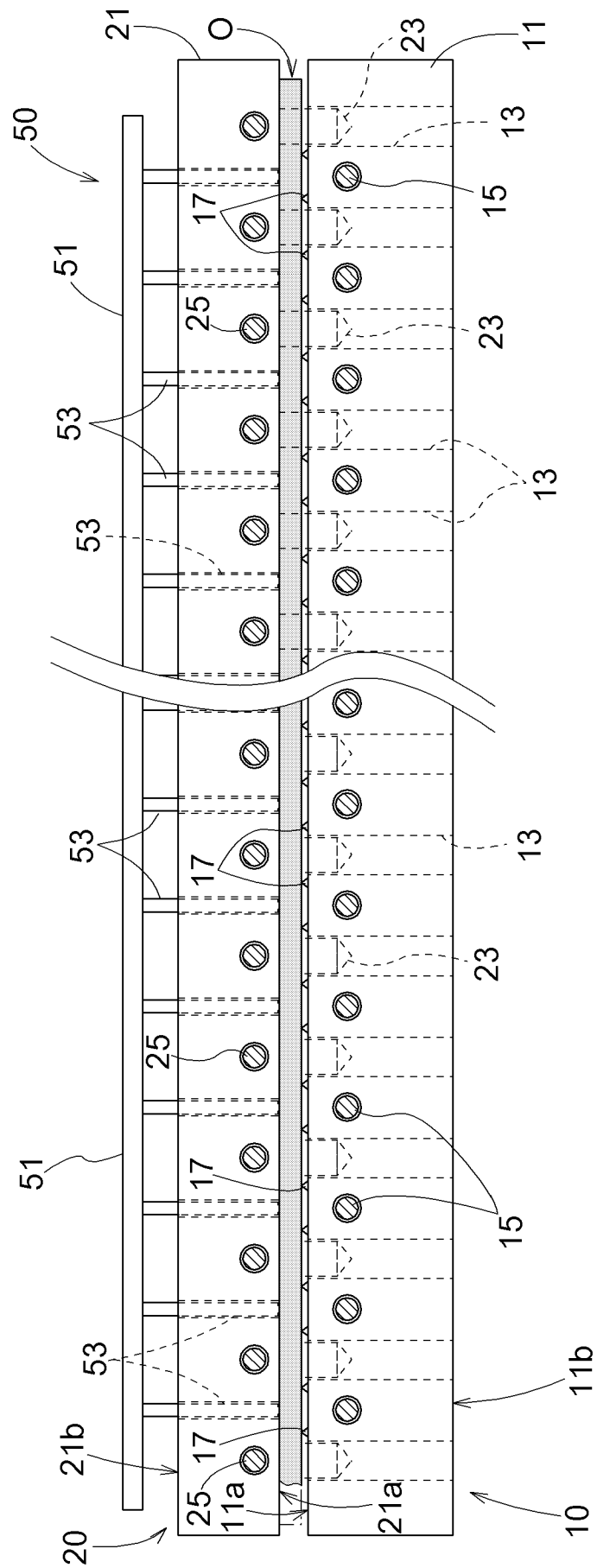
- [請求項10] 前記被加工物は、耐熱金属材料としてのフェライト系ステンレス、オーステナイト系ステンレス及びマルテンサイト系ステンレスの中から選択されたいずれかの材料で形成されている、請求項1～9のいずれか1項に記載のパンチ孔形成方法。
- [請求項11] 前記パンチ及び前記ダイスの少なくともいずれかは、セラミックス及びタングステンの少なくともいずれかを含む超硬材料から形成されている、請求項1～10のいずれかに記載のパンチ孔形成方法。
- [請求項12] 前記パンチにより前記被加工物を打ち抜いた後、前記パンチに冷却用気体を吹き付ける、請求項1～11のいずれか1項に記載のパンチ孔形成方法。
- [請求項13] 前記冷却用気体は、炭酸ガス、窒素及びアルゴンの少なくともいずれかである、請求項12に記載のパンチ孔形成方法。
- [請求項14] 前記パンチは、
所定の厚みを有する板状のパンチ本体と、
前記パンチ本体の前記被加工物と対向する対向面から突出して延び、前記被加工物に孔をあける打抜刃と、
前記パンチ本体の対向する二面のうち、前記打抜刃の突出方向とは反対側の面に位置する基部と、前記基部から前記打抜刃の突出方向に前記パンチ本体を貫通し、前記パンチ本体の厚みよりも長く延びるストリッパピンとを有するストリッパ部材と、を含み、
前記パンチにより前記被加工物を打ち抜く際には、前記ストリッパピンが前記対向面から突出しないように退避されており、
前記パンチにより前記被加工物を打ち抜いた後、前記ストリッパピンの先端が前記対向面から突出して前記被加工物を押圧することにより、前記パンチ本体とともに前記打抜刃が前記被加工物から引き抜かれる、請求項1～13のいずれか1項に記載のパンチ孔形成方法。
- [請求項15] 請求項1～14のいずれか1項に記載のパンチ孔形成方法を用いて、前記被加工物に孔を形成するパンチ孔形成装置であって、

前記被加工物が載置されるダイスと、

前記ダイスに載置された被加工物を、前記被加工物を厚み方向に打ち抜いて孔を形成するパンチと、

孔が形成されている間の前記被加工物の温度を、前記被加工物の打ち抜きが可能な温度 T_0 に維持する制御を行う制御部と、を備える、パンチ孔形成装置。

[図2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/014375

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B21D28/34 (2006.01) i, B21D28/24 (2006.01) i, B21D28/26 (2006.01) i,
B21D37/01 (2006.01) i, B21D37/16 (2006.01) i

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)

Int.Cl. B21D28/34, B21D28/24, B21D28/26, B21D37/01, B21D37/16, B26F1/24

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	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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 A	JP 2009-241088 A (JFE STEEL CORPORATION) 22 October 2009, paragraphs [0011]-[0022], fig. 1-2 (Family: none)	1-2, 5-6, 9, 15 11 3-4, 7-8, 10, 12-14
X Y A	JP 63-93413 A (KAWASAKI STEEL CORP.) 23 April 1988, page 2, upper left column, line 18 to page 3, lower left column, line 17 (Family: none)	1-2, 5-6, 10 11 3-4, 7-9, 12-14



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

"I" 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
20 June 2019 (20.06.2019)

Date of mailing of the international search report
02 July 2019 (02.07.2019)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/014375

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	WO 2014/181882 A1 (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) 13 November 2014, paragraphs [0114]-[0144] & US 2016/0067760 A1, paragraphs [0123]-[0150] & EP 2995395 A1 & CA 2910862 A1 & CN 105163880 A & KR 10-2015-0144801 A & MX 2015015170 A & RU 2015149732 A & KR 10-2017-0143003 A & TW 201506167 A & ES 2709206 T3	1-2, 4 11 3, 5-10, 12-15
Y	JP 2000-94066 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 04 April 2000, paragraphs [0003]-[0004] (Family: none)	11
A	JP 2017-19028 A (ACT CO., LTD.) 26 January 2017 (Family: none)	1-15
A	JP 55-73428 A (HITACHI, LTD.) 03 June 1980 (Family: none)	1-15
A	JP 8-309473 A (DAIDO STEEL CO., LTD.) 26 November 1996 (Family: none)	1-15

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B21D28/34(2006.01)i, B21D28/24(2006.01)i, B21D28/26(2006.01)i, B21D37/01(2006.01)i, B21D37/16(2006.01)i

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))

Int.Cl. B21D28/34, B21D28/24, B21D28/26, B21D37/01, B21D37/16, B26F1/24

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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 A	JP 2009-241088 A (JFEスチール株式会社) 2009.10.22, 段落 [0011] - [0022], 図1-2 (ファミリーなし)	1-2, 5-6, 9, 15 11 3-4, 7-8, 10, 12-14
X Y A	JP 63-93413 A (川崎製鉄株式会社) 1988.04.23, 第2ページ左上欄第18行-第3ページ左下欄第17行 (ファミリーなし)	1-2, 5-6, 10 11 3-4, 7-9, 12-14

☑ 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矛盾するものではなく、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

20.06.2019

国際調査報告の発送日

02.07.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

石川 健一

3 P

3507

電話番号 03-3581-1101 内線 3363

C (続き) . 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 A	WO 2014/181882 A1 (新日鐵住金株式会社) 2014. 11. 13, 段落 [0114] – [0144] & US 2016/0067760 A1, 段落 [0123] – [0150] & EP 2995395 A1 & CA 2910862 A1 & CN 105163880 A & KR 10-2015-0144801 A & MX 2015015170 A & RU 2015149732 A & KR 10-2017-0143003 A & TW 201506167 A & ES 2709206 T3	1-2, 4 11 3, 5-10, 12-15
Y	JP 2000-94066 A (住友電気工業株式会社) 2000. 04. 04, 段落 [0003] – [0004] (ファミリーなし)	11
A	JP 2017-19028 A (株式会社アクト) 2017. 01. 26, (ファミリーなし)	1-15
A	JP 55-73428 A (株式会社日立製作所) 1980. 06. 03, (ファミリーなし)	1-15
A	JP 8-309473 A (大同特殊鋼株式会社) 1996. 11. 26, (ファミリーなし)	1-15