

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-322064

(P2006-322064A)

(43) 公開日 平成18年11月30日(2006. 11. 30)

(51) Int. Cl.

F I

テーマコード (参考)

C 2 2 C 21/02 (2006. 01)

C 2 2 C 21/02

C 2 2 C 21/06 (2006. 01)

C 2 2 C 21/06

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2006-90454 (P2006-90454)
 (22) 出願日 平成18年3月29日 (2006. 3. 29)
 (31) 優先権主張番号 特願2005-121565 (P2005-121565)
 (32) 優先日 平成17年4月19日 (2005. 4. 19)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000005290
 古河電気工業株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号
 (72) 発明者 森本 秀夫
 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古
 河電気工業株式会社内

(54) 【発明の名称】 高成形性アルミニウム材料

(57) 【要約】

【課題】自動車ボディシート、自動車部品、機械部品等の組立時に要求される高度なヘム曲げ性およびボディ形成や筐体形成時のプレス成形等の板成形性に優れたアルミニウム材料において、その結晶粒の結晶方位分布がヘム曲げ性、板成形性に与える影響を検討し、ヘム曲げ性及び板成形性を高レベルで両立できるアルミニウム材料の提供を目的とする。

【解決手段】前記結晶粒が、C u b e方位結晶粒と、B r a s s方位結晶粒と、C o p p e r方位結晶粒、及び残部がその他の結晶方位結晶粒からなるアルミニウム材料で、その各占有率として、C u b e方位の結晶粒の占有率が0. 3から0. 7、B r a s s方位の結晶粒の占有率が0. 1から0. 5、C o p p e r方位の結晶粒の占有率が0. 2以下で、且つこれら結晶方位の総占有率が0. 4から1. 0で、残部がその他の結晶方位の結晶

【選択図】なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

結晶方位の異なる結晶粒で構成されるアルミニウム材料であって、前記結晶粒が、C u b e 方位結晶粒と、B r a s s 方位結晶粒と、C o p p e r 方位結晶粒、及び残部が他方位結晶粒からなり、各結晶粒の方位として、C u b e 方位の結晶粒の占有率が 0.3 から 0.7、B r a s s 方位の結晶粒の占有率が 0.1 から 0.5、C o p p e r 方位の結晶粒の占有率が 0.2 以下、且つこれらの方位の総占有率が 0.4 から 1.0 であり、残部がその他の結晶方位の結晶粒であることを特徴とするアルミニウム材料。

【請求項 2】

結晶方位の異なる結晶粒で構成されるアルミニウム材料であって、前記結晶粒が、C u b e 方位結晶粒と、B r a s s 方位結晶粒と、C o p p e r 方位結晶粒、及び残部が他方位結晶粒からなり、各結晶粒の方位として、C u b e 方位の結晶粒の占有率が 0.4 から 0.6、B r a s s 方位の結晶粒の占有率が 0.2 から 0.4、C o p p e r 方位の結晶粒の占有率が 0.05 から 0.1、且つこれらの方位の総占有率が 0.6 から 0.9 であり、残部がその他の結晶方位の結晶粒であることを特徴とするアルミニウム材料。

【請求項 3】

結晶方位の異なる結晶粒で構成されるアルミニウム材料であって、前記結晶粒が、B r a s s 方位結晶粒と、C o p p e r 方位結晶粒、及び残部が他方位結晶粒からなり、各結晶粒の方位として、B r a s s 方位の結晶粒の占有率が 0.2 から 0.4、C o p p e r 方位の結晶粒の占有率が 0.05 から 0.1、且つこれらの方位の総占有率が 0.25 から 0.5 であり、残部がその他の結晶方位の結晶粒とで構成される板成形性に優れることを特徴とするアルミニウム材料。

【請求項 4】

30mm の張出し高さで張出し表面上に割れを生じない板成形性を有し、且つ、ヘム曲げ性における曲げ表面上の割れが生じない範囲が、曲げ半径／板厚の比で 0.5 以下のヘム曲げ性を有することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 2 のいずれかに記載のアルミニウム材料。

【請求項 5】

50mm の張出し高さで張出し表面上に割れを生じない板成形性を有し、且つ、ヘム曲げ性における曲げ表面上の割れが生じない範囲が、曲げ半径／板厚の比で 0.25 以下のヘム曲げ性を有することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 2 のいずれかに記載のアルミニウム材料。

【請求項 6】

前記アルミニウム材料が、M g を 0.25 から 1.0 m a s s %、S i を 0.5 から 1.3 m a s s %、残部 A l と不可避不純物とからなるアルミニウム合金であることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載のアルミニウム材料。

【請求項 7】

請求項 4 あるいは請求項 5 のいずれかに記載のアルミニウム材料を用いた自動車部材。

【請求項 8】

前記アルミニウム材料が、M g を 0.25 から 1.0 m a s s %、S i を 0.5 から 1.3 m a s s %、残部 A l と不可避不純物とかなるアルミニウム合金であることを特徴とする請求項 7 に記載の自動車部材。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、自動車ボディシート、自動車部品、機械部品などの組立時に要求される高度なヘム曲げ性およびボディ形成や筐体形成時のプレス成形などの板成形性に優れたアルミニウム材料に関する。

【背景技術】

【0002】

自動車は、ボディシートなどのアルミ化が進んでおり、アウター材にはベークハード性（塗装焼付時の加熱で析出硬化する性質）に優れ、塗装焼付後に高強度となる6000系（Al-Mg-Si系）アルミニウム合金が多用され、インナー材には絞り成形性に優れた5000系（Al-Mg系）アルミニウム合金が使用されている。

この6000系アルミニウム合金からなるアウター材は、通常インナー材とかしめて用いられるヘム曲げと呼ばれる曲げ加工性に優れることが要求されるが、6000系（Al-Mg-Si系合金板）は、このヘム曲げ加工性が劣り、特にベークハード性を高めるために高温で溶体化処理した材料では著しくこのヘム曲げ加工性が劣るという問題がある。

【0003】

更に、この6000系アルミニウム合金のアウター材には、自動車のデザインを決定するために制約の少ない板成形の一種であるプレス成形性が良いことも必要とされているが、一般に従来の鋼板や5000系アルミニウム合金板に比較してプレス成形性が劣り、自動車部品のリサイクル問題を考慮した使用材質の統合化を図る上で、その改善が望まれている。

【0004】

このような状況において、曲げ加工性の向上には、アルミニウム合金板表面硬さを制御する方法（特許文献1参照）、結晶粒サイズや析出物サイズを制御する方法（例えば、特許文献2、3参照）、アルミニウム合金板表面の結晶方位を制御する方法（例えば、特許文献4、5参照）、アルミニウム合金板全体の結晶方位を制御する方法（特許文献6参照）、アルミニウム合金表面から一定深さまでの結晶方位を制御することで曲げ加工性を制御する方法（例えば、特許文献7参照）などが提案されている。

【0005】

板成形の向上に対しては、アルミニウム合金板の圧延方向に対する0°、45°、90°方向のランクフォード値を制御することによりプレス成形性を高める方法（例えば、特許文献8、9参照）、並びに引張強度と耐力の関係及びアルミニウム合金板表面の結晶粒サイズと無析出帯（PFZ）を制御することでプレス成形性と曲げ加工性を高める方法（特許文献10参照）が提案されている。

【0006】

非特許文献1には、板成形における結晶粒の結晶方位と板成形性の良否の関係が、Cube方位、Brass方位およびCopper方位の単結晶方位材料から求めた結果を基にして行なわれた最適設計で述べられている。又、非特許文献2では、板成形の一種である深絞り加工における単方位結晶粒材料の変形能の違いが示されている。

【0007】

【特許文献1】特開2003-129201号公報

【特許文献2】特開2003-221637号公報

【特許文献3】特開2003-268472号公報

【特許文献4】特開2003-226926号公報

【特許文献5】特開2003-226927号公報

【特許文献6】特開2003-268475号公報

【特許文献7】特開2004-27253号公報

【特許文献8】特開2002-146462号公報

【特許文献9】特開2004-10982号公報

【特許文献10】特開2003-105473号公報

【非特許文献1】仲町英治、濱田佳紀：塑性と加工、39-446（1998）、252

【非特許文献2】森本秀夫、仲町英治：古河電工時報、103（1999）、7.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、特に自動車のボディシートには、ボディの組立に必要であるヘム曲げの

10

20

30

40

50

ような強烈な曲げ加工とボディ形状を精緻に加工する上で必要となるプレス成形性に代表される板成形性の両者が高いレベルで要求されるが、上記従来技術（特許文献1～7参照）では、ヘム曲げ性を向上されることは可能であったが、同時に板成形性を従来の鋼製ボディと同等のレベルに引き上げることは難しく、逆に特許文献8、9のように板成形性のレベルを引き上げようとするヘム曲げ性のレベルが低くなり、又両者が向上されるとする特許文献10に示される技術を以ってしても、その板成形性レベルの獲得は難しいものであった。

【0009】

このような状況において、本発明者は、結晶粒の結晶方位分布がヘム曲げ性、板成形性に与える影響を検討した結果、ヘム曲げ性及び板成形性を高レベルで両立できる本発明を見出し、提供することを目的とするものである。

なお、本発明の係る材料は、材料を構成する結晶粒を、その結晶粒が示す結晶方位のうち、Cube方位、Brass方位、Copper方位の3者の割合を制御することで、ヘム曲げのような峻烈な曲げやプレス成形のような板成形の両特性に優れたアルミニウム材料を提供するものである。

【0010】

通常、圧延板の集合組織は、板材の圧延面と圧延方向（ABC）と<DEF>の関係で表現する。（A，B，C，D，E，Fは整数。）ここで、板材の結晶集合組織の結晶方位分布とは、ランダムな方位に対する各板材に特有な結晶方位の分布を、結晶方位の比率を表したものである。

【0011】

本発明では、Cube方位、Brass方位、Copper方位を対象として評価した。Cube方位とは、（100）<001>方位、Brass方位は、（011）<211>方位、Copper方位は、（112）<111>方位に結晶が配向しているものを表すものとする。なお、実際の板材の方位は、前記Cube方位、Brass方位、Copper方位のそれぞれの理想方位からはずれを生じるために、各結晶方位の占有率は、Cube方位、Brass方位、Copper方位の各結晶の理想方位を中心に±5度までずれた結晶方位を含んだものをCube方位、Brass方位、Copper方位と定義した。

【課題を解決するための手段】

【0012】

請求項1記載の発明は、結晶方位の異なる結晶粒で構成されるアルミニウム材料であって、前記結晶粒が、Cube方位結晶粒と、Brass方位結晶粒と、Copper方位結晶粒、及び残部が他方位結晶粒からなり、各結晶粒の方位として、Cube方位の結晶粒の占有率が0.3から0.7、Brass方位の結晶粒の占有率が0.1から0.5、Copper方位の結晶粒の占有率が0.2以下、且つこれらの方位の総占有率が0.4から1.0であり、残部がその他の結晶方位の結晶粒であることを特徴とするアルミニウム材料である。

【0013】

請求項2記載の発明は、結晶方位の異なる結晶粒で構成されるアルミニウム材料であって、前記結晶粒が、Cube方位結晶粒と、Brass方位結晶粒と、Copper方位結晶粒、及び残部が他方位結晶粒からなり、各結晶粒の方位として、Cube方位の結晶粒の占有率が0.4から0.6、Brass方位の結晶粒の占有率が0.2から0.4、Copper方位の結晶粒の占有率が0.05から0.1、且つこれらの方位の総占有率が0.6から0.9であり、残部がその他の結晶方位の結晶粒であることを特徴とするアルミニウム材料である。

【0014】

請求項3記載の発明は、結晶方位の異なる結晶粒で構成されるアルミニウムであって、前記結晶粒が、Brass方位結晶粒と、Copper方位結晶粒、及び残部が他方位結晶粒からなり、各結晶粒の方位として、Brass方位の結晶粒の占有率が0.2から0

10

20

30

40

50

． 4、Copper 方位の結晶粒の占有率が 0.05 から 0.1、且つこれらの方位の総占有率が 0.6 から 0.9 であり、残部がその他の結晶方位の結晶粒とで構成され板成形性に優れることを特徴とするアルミニウム材料である。

【0015】

請求項 4 記載の発明は、30mm の張出し高さで張出し表面上に割れを生じない板成形性を有し、且つ、ヘム曲げ性における曲げ表面上の割れが生じない範囲が、曲げ半径／板厚の比で 0.5 以下のヘム曲げ性を有することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 2 のいずれかに記載のアルミニウム材料である。

【0016】

請求項 5 記載の発明は、50mm の張出し高さで張出し表面上に割れを生じない板成形性を有し、且つ、ヘム曲げ性における曲げ表面上の割れが生じない範囲が、曲げ半径／板厚の比で 0.25 以下のヘム曲げ性を有することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 2 のいずれかに記載のアルミニウム材料である。 10

【0017】

請求項 6 記載の発明は、前記アルミニウム材料が、Mg を 0.25 から 1.0 mass %、Si を 0.5 から 1.3 mass %、残部 Al と不可避不純物とからなるアルミニウム合金であることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載のアルミニウム材料である。

【0018】

請求項 7 記載の発明は、請求項 4 あるいは請求項 5 のいずれかに記載のアルミニウム材料を用いた自動車部材である。 20

【0019】

請求項 8 記載の発明は、前記アルミニウム材料が、Mg を 0.25 から 1.0 mass %、Si を 0.5 から 1.3 mass %、残部 Al と不可避不純物とかなるアルミニウム合金であることを特徴とする請求項 7 に記載の自動車部材である。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、自動車ボディシート、自動車部品、機械部品などの組立時に要求される高度なヘム曲げ性およびボディ形成や筐体形成時のプレス成形などの板成形性に優れたアルミニウム材料を提供するものである。 30

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

本発明は、材料を構成する結晶粒が示す結晶方位のうち、Cube 方位、Brass 方位、Copper 方位の 3 者の割合を制御して適正化することにより、ヘム曲げのような峻烈な曲げやボディプレス成形のような板成形の両者を高レベルで満足する材料を見出したもので、Cube 方位結晶粒の占有率が 0.3～0.7、Brass 方位結晶粒の占有率が 0.1～0.5、Copper 方位結晶粒の占有率が 0.2 以下で、且つ Cube 方位、Brass 方位、Copper 方位の各結晶方位の総合計割合としての総占有率が 0.4 から 1.0 であることを満たす材料において、良好な曲げ性及び板成形性を示す。

そこで、先ず構成する結晶粒の各結晶方位の占有率と両特性の関係について述べる。 40

【0022】

第一に、Cube 方位の結晶粒は、前記特許文献 4～7 で述べられているように、その結晶方位密度がヘム曲げに大きく影響していることが知られており、その結晶方位密度がランダム方位結晶粒の結晶方位密度より高まるにつれて、ヘム曲げが良好となることが述べられている。本発明においても、同様にヘム曲げを良好とするために、この Cube 方位の結晶粒の占有率を高めることが望ましい。しかしながら、前記非特許文献 1 で知られるように、Cube 方位結晶粒の占有率の増大は、板成形性を大きく損ねてしまう結果となる。

【0023】

そこで、本発明では、種々検討の結果、その占有率の範囲を 0.3～0.7、好ましく 50

は0.4～0.6と限定したものである。この範囲の下限域においては実用上十分なヘム曲げ性が提供でき、上限域では、ボディシートの自動車外形へのプレス成形を実施するのに十分な板成形性を維持している。

【0024】

第二に、Brass方位結晶粒の占有率が高いと、前記Cube方位結晶粒の占有率が高い場合とは正反対に板成形性を良好にする。しかしながら、Brass方位結晶粒がヘム曲げ性に及ぼす影響については判っておらず、更にその占有率の影響に関しても不明である。

【0025】

そこで、本発明では、Brass方位結晶粒の占有率のヘム曲げ及び板成形に及ぼす影響を精査した結果、その占有率の範囲を0.1～0.5、好ましくは0.2～0.4としたものである。前記Cube方位結晶粒の占有率範囲内において、Brass方位結晶粒の占有率を0.1～0.5とすることによりヘム曲げ及び板成形の両者を高いレベルで獲得することができるものである。この範囲を外れる材料では、ヘム曲げ或いは板成形のどちらか一方が優れるか、両者ともに低レベルとなってしまう。

【0026】

第三に、Copper方位結晶粒の占有率を0.2以下、好ましくは0.05～0.1、より好ましくは0.05～0.1である。このように限定した理由は、Copper方位結晶粒は、板成形に対して、Brass方位結晶粒と同様の働きを示すことが非特許文献2より明らかであるが、本発明では、もう一つの効果として、このCopper方位結晶粒が、その占有率の割合で存在することで、ヘム曲げ性及び板成形の両者のレベルを引き上げる効果を示すことを見出したもので、Cube方位結晶粒とBrass方位結晶粒の両者の緩衝材として働くのではないかと考えている。

【0027】

次に、この結晶方位の占有率の算出方法について述べる。

測定に供されるアルミニウム板材、ここでは所定厚み（本発明では厚み1mm）のアルミニウム板材を準備し、その表面をアセトンなどの油分清浄材で脱脂後、アルミニウム板材の材質に合った酸化層除去剤（例えば、Al合金では王水など）を用いて表面の酸化層を除去したアルミニウム板を、電解研磨法により鏡面仕上げとし、アルミニウム板材の表層近傍を供試材として結晶方位を測定した。

次に、この供試材を用いて、結晶粒の結晶方位を電子後方散乱回折像法（Electron Backscatter Diffraction Pattern、以下EBSPと略す）により測定する。

測定は、熱電子放出型走査電子顕微鏡内で行い、1.0mm四方の範囲を一地点として、その範囲内にある結晶粒の各結晶方位を測定し、範囲内の全結晶粒の数を100とした場合の、Cube方位、Brass方位、Copper方位の各結晶粒の割合を求め、その占有率を算出した。なお、測定は、一供試材につき100点で測定を行い、測定した占有率をその平均で示している。

【0028】

本発明に係る材料は、その結晶構造が面心立方構造であることにより前記結晶方位の占有率割合で、良好な曲げ性及び板成形性を示すものである。面心立方構造をとる材料としては、Al合金、Cu合金、Ni合金、Ag合金、Au合金などがあるが、特にAl合金では顕著な効果を示すものである。

【0029】

前記Al合金としては、Mgを0.25から1.0mass%、Siを0.5から1.3mass%、残部Alと不可避不純物とからなるAl-Mg-Si合金において、大きな効果を示す。

このAl-Mg-Si合金に必須元素として含まれるSi及びMgはMg₂Si化合物として析出し、強度の向上に寄与するもので、範囲値未満ではその効果が充分でなく、Si量が範囲値を超えると自然時効現象が生じて曲げ加工性を大きく低下させる原因となる

ことから限定している。また、Mg量が範囲値を超えると粗大なMg₂Si化合物が多量に析出し、その結果、固容量が大きく減少して曲げ加工性及びにベークハード性の低下を引き起こすために限定するものである。

【0030】

前記、Mg及びSiの他に、Cu、Zn、Mn、Cr、Tiなどが添加されても良い。Cuの添加は強度、延性、脱脂性、化成処理性などを高め、Znの添加は、脱脂性及化成処理性を高める、Mn、Ti、Crの添加は結晶粒の微細化を促し、曲げ加工性をよくする働きを示すが、これらの元素を過剰に添加されると耐食性の低下や延性の低下を招くために、いずれの元素も1mass%以下、特にTiやCrでは0.1mass%以下にするのが良い。

10

【0031】

前記元素の他に、不純物として含まれるFeは、Mg₂Si化合物より硬い晶出物を形成してしまい、周囲に大きなひずみを形成して割れの伝播を助長することから、Fe量は0.1%以下に抑えることが望ましい。

【実施例】

【0032】

(実施例1)

Mgを0.5mass%、Siを0.9mass%、Mnを0.06mass%、Feを0.07mass%、残部AlからなるAl合金を常法により厚み500mmのインゴットに溶解鑄造し、このインゴットを540℃、6時間の均質化処理後、開始温度500℃、終了温度200℃の条件下で熱間圧延して厚み10mmの熱間圧延板を得た。次に、この熱間圧延板を、20%、30%、50%、70%、90%の仕上げ加工率で厚み1mmの仕上げ素板になるような所定厚みに冷間圧延した。なお、仕上げ冷間加工率が90%の試料に関しては、厚み10mmの熱間圧延板から直接厚み1mmの仕上げ素板を得た。

20

次に、この所定厚みの冷間圧延板を325℃、2時間の条件で焼鈍し、仕上げ冷間圧延を施し、厚み1mmの仕上げ素板を作製した。この仕上げ素板に連続焼鈍炉を用いた500℃の溶体化処理と、100℃、24時間の安定化処理を施して供試材とした。

【0033】

結晶方位の占有率の測定を前段に述べた方法により測定し、表1に示した。

表1に記載された供試材No. 1は仕上げ冷間加工率20%で仕上げ圧延を行なったもので、以下No. 2は30%、No. 3は50%、No. 4は70%、No. 5は80%、No. 10は10%、No. 11は90%の仕上げ冷間加工率で仕上げ冷間圧延を行なった。

30

なお、各結晶方位の占有率は、Cube方位、Brass方位、Copper方位の各結晶の理想方位を中心に±5度までずれた結晶方位を含むものとした。

【0034】

作製した供試材を用いて、180℃曲げ加工試験と張出し成形試験を行い、それぞれヘム曲げ加工性及び板成形性を評価した。

まず、ヘム曲げ加工性に関しては、図1(a)の予歪付与、図1(b)の折り曲げ角170度までのパンチ押し込み、図1(c)に示す万力締め付けを順に行う180℃曲げ加工試験を用い、パンチ1の先端曲率Rを0.25、0.5、0.75、1.0mmと変化させて各R毎に繰り返し5枚の試験数で試験し、全てにおいて肌荒れ及び割れが生じない先端曲率を表1に記した。従って、この試験において、肌荒れと割れが生じない先端曲率が小さければ小さい程ヘム曲げ加工性に優れることになる。

40

【0035】

張出し成形性に関しては、供試材を300mm角に切断し、両面に潤滑油を塗布した後、直径100mmの球頭パンチを用いて張出し高さ50mmの条件で張出し試験を繰り返し5枚の試験数で試験を行い、張出し成形性を評価した。

全数、割れの発生していない供試材を「○」、1個のみ割れている供試材を「△」、2個以上が割れてしまう供試材を「×」として表1に記した。

50

【0036】

作製した供試材の強度、伸びは、仕上げ冷間加工率90%の供試材を除いて、強度が230～240MPa、0.2%耐力が130～140MPa、伸びが30%以上であった。仕上げ冷間加工率90%の供試材は、強度、0.2%耐力共に他の加工率の供試材と変わらなかったが、伸びが17%と低かった。

【0037】

【表1】

分類	供試材 No.	ヘム 曲げ 加工性	板成形性	結晶方位占有率			
				Cube 方位	Brass方 位	Copper 方位	総占有率
本 発 明 例	1	0.5	○	0.3	0.5	0.15	0.95
	2	0.5	○	0.4	0.4	0.10	0.90
	3	0.25	○	0.5	0.25	0.07	0.82
	4	0.25	○	0.6	0.2	0.05	0.85
	5	0.25	○	0.7	0.1	0.05	0.85
比 較 例	10	1.0	△	0.25	0.55	0.1	0.90
	11	0.25	×	0.95	—	—	0.95

表1から明らかなように、各結晶方位が本発明範囲内の供試材No. 1からNo. 5では、ヘム曲げ加工性および板成形性共に良好であるのに対して、Cube方位の占有率割合が低く、Brass方位の占有率割合が多い供試材No. 10では、両特性共に優れず、殆どの結晶粒がCube方位を示す供試材No. 11では、ヘム曲げ加工性には優れるが、反面板成形性が劣っていることがわかる。

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】 (a) ヘム曲げ加工性試験模式図 (供試材セッティング)、(b) ヘム曲げ加工性試験模式図 (試験中)、(c) ヘム曲げ加工性試験模式図 (万力による密着曲げ)

【符号の説明】

【0039】

1 パンチ

【図 1】

