

(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2010-43593

(P2010-43593A)

(43) 公開日 平成22年2月25日(2010.2.25)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
F 0 2 F 3/00 (2006.01)	F 0 2 F 3/00 G	3 J 0 4 4
F 1 6 J 1/16 (2006.01)	F 0 2 F 3/00 Z	
F 1 6 J 1/01 (2006.01)	F 1 6 J 1/16	
	F 1 6 J 1/01	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2008-207642 (P2008-207642)	(71) 出願人	000002004
(22) 出願日	平成20年8月12日 (2008. 8. 12)		昭和電工株式会社
			東京都港区芝大門1丁目13番9号
		(74) 代理人	100109911
			弁理士 清水 義仁
		(74) 代理人	100071168
			弁理士 清水 久義
		(74) 代理人	100099885
			弁理士 高田 健市
		(72) 発明者	平野 邦雄
			福島県喜多方市字長内7840 昭和電工株式会社ショウティック事業部内
		Fターム(参考)	3J044 AA18 AA20 BA04 BC01 CA27 DA09 EA03 EA10

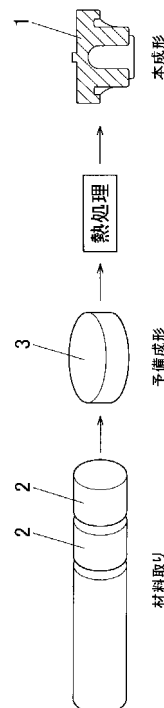
(54) 【発明の名称】 ピストン素材の製造方法

(57) 【要約】

【課題】ピストン素材の鍛造において、ピンボス部におけるしわの発生を抑制する。

【解決手段】ランド部の裏面側にピンボス部が突設されたアルミニウム合金製ピストン素材(1)を製造する方法であって、一次素材(2)を15%以上の据え込み率で冷間据え込み加工して予備成形品(3)を成形する予備成形工程と、前記予備成形品(3)を加熱して再結晶させる熱処理工程と、熱処理した予備成形品(3)を熱間鍛造加工し、ランド部からピンボス部を立ち上げらせる成形を行ってピストン素材(1)を成形する本成形工程とを有する。

【選択図】 図7



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ランド部の裏面側にピンボス部が突設されたアルミニウム合金製ピストン素材を製造する方法であって、

一次素材を 15% 以上の据え込み率で冷間据え込み加工して予備成形品を成形する予備成形工程と、

前記予備成形品を加熱して再結晶させる熱処理工程と、

熱処理した予備成形品を熱間鍛造加工し、ランド部からピンボス部を立ち上がらせる成形を行ってピストン素材を成形する本成形工程と

を有することを特徴とするピストン素材の製造方法。

10

【請求項 2】

前記熱処理工程を本成形工程の予備加熱工程として行う請求項 1 に記載のピストン素材の製造方法。

【請求項 3】

前記予備成形工程における冷間据え込み加工を 200 以下の実体温度で行う請求項 1 ~ 2 のいずれかに記載のピストン素材の製造方法。

【請求項 4】

前記熱処理工程において予備成形品を 400 ~ 480 に加熱する請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載のピストン素材の製造方法。

【請求項 5】

前記本成形工程における熱間鍛造加工を 400 ~ 480 の実体温度で行う請求項 1 ~ 4 のいずれかに記載のピストン素材の製造方法。

20

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

この発明は例えば、車両用エンジンのような内燃機関のピストン等として利用されるピストン素材を製造するためのピストン素材の製造方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

図 1 に参照されるように、車両用のエンジンピストンとして用いられるピストン素材(1)は、円形のランド部(11)の面側に、一対のスカート部(12)(12)と、一対のピンボス部(13)(13)と、スカート部(12)(12)およびピンボス部(13)(13)間を連結するサイドウォール部(14)(14)とが突出状に設けられたものが一般的であり、鍛造によって製造される(特許文献 1、2、非特許文献 1 参照)。

30

【0003】

鍛造用金型は、ピストン素材(1)の上面側を成形する上金型と、下面(裏面)側を成形する下金型とを備え、下金型の成形孔には、スカート部、ピンボス部およびサイドウォール部を形成するための溝部がそれぞれ設けられている。そして下金型の成形孔に鍛造素材をセットしておいて、その鍛造素材に上金型を打ち込んで加圧することにより、鍛造素材の所要部分を成形孔の各溝部に圧入させて、ピストン素材の形状に成形するようにしている。

40

【特許文献 1】特開 2000 - 24747 号公報

【特許文献 2】特開 2006 - 328482 号公報

【非特許文献 1】宮本尚明、高木英俊、山下友一、岡知生、関口常久、「ネットシェーブの極限を追求した鍛造ピストンの開発」、カロス出版、アルトピア、Vol. 37、No. 12 (2007)、p. 9 ~ 17

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

上述した方法でピストン素材(1)を鍛造すると、図 4 A および図 4 B に示すように、ピ

50

ンボス部(13)の先端付近にしわ(R)が発生することがあって外観品質を損なうという問題点があった。なお、図4Aおよび図4Bは図2および図3の上下を逆転させた図であり、図4Aはピストン素材(1)の中心側からピンボス部(13)を見た図であり、図4Bは外周側からピンボス部(13)を見た図である。また、(19)は後に穿設されるピン孔を示している。
【0005】

鍛造時に発生したしわは表面欠陥であってショットピーニング等で除去でき、除去による減量分を見込んで肉盛りをしておけば、除去後の肉厚も確保することができる。しかしながら、除去を見込んで肉盛りをすることは材料コストの上昇となりピストン重量も重くなる。さらに、除去作業を行うことも製造コスト上昇となる。

【0006】

10

また、鍛造時に潤滑剤量を増やすとしわが発生しやすくなる傾向があるため、しわを抑制するために潤滑剤量を減らすと金型寿命が悪くなるという問題点もあった。

【0007】

なお、特許文献1は耐久性を高めた分割金型に関する技術であり、しわの抑制を目的としたものではない。特許文献2は耐熱性および耐摩耗性に優れた鍛造用素材であり、非特許文献1は精密鍛造を狙った、伸び率改善を目的として限界加工率を高めた鍛造用素材であり、いずれもしわ(R)の抑制に関するものではない。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上述した技術背景に鑑み、本発明は、鍛造時にしわが発生する原因を究明することにより完成したものであり、ピンボス部におけるしわの発生を抑制しうるピストン素材の製造方法の提供を目的とする。

20

【0009】

即ち、本発明のピストン素材の製造方法は下記[1]～[5]に記載の構成を有する。

【0010】

[1]ランド部の裏面側にピンボス部が突設されたアルミニウム合金製ピストン素材を製造する方法であって、

一次素材を15%以上、好ましくは20%以上の据え込み率で冷間据え込み加工して予備成形品を成形する予備成形工程と、

前記予備成形品を加熱して再結晶させる熱処理工程と、

30

熱処理した予備成形品を熱間鍛造加工し、ランド部からピンボス部を立ち上がらせる成形を行ってピストン素材を成形する本成形工程と
を有することを特徴とするピストン素材の製造方法。

【0011】

[2]前記熱処理工程を本成形工程の予備加熱工程として行う前項1に記載のピストン素材の製造方法。

【0012】

[3]前記予備成形工程における冷間据え込み加工を200 以下の実体温度で行う前項1～2のいずれかに記載のピストン素材の製造方法。

【0013】

40

[4]前記熱処理工程において予備成形品を400～480 に加熱する前項1～3のいずれかに記載のピストン素材の製造方法。

【0014】

[5]前記本成形工程における熱間鍛造加工を400～480 の実体温度で行う前項1～4のいずれかに記載のピストン素材の製造方法。

【発明の効果】

【0015】

上記[1]に記載の発明によれば、予備成形工程において15%以上の据え込み率で冷間据え込み加工によって予備成形品を成形すると残留歪みが発生する。熱処理工程において前記予備成形品に熱処理を施すと、残留歪みが結晶核となって微細な再結晶組織が形成

50

される。このような微細再結晶組織をもつ予備成形品を本成形工程で熱間鍛造加工すると、ピンボス部が立ち上がっていく過程で鍛造面に露出している微細な凹凸が寄り添っていき最終的に凹部が閉じる。凹凸は微細なものであるから、凹部が閉じると、凹部が消失してしわとして残らないか、あるいはしわとして残った場合でも浅く小さいものとなる。その結果、外観品質の良いピストン素材を効率良く製造することができる。

【0016】

また、予備成形品の再結晶組織が微細化されていることで伸びが良くなり、突出部の立ち上がり急でメタルフローの方向が急激に変化する箇所に発生しがちな割れや、複数方向のメタルフローが出合う箇所に発生しがちな巻き込み欠陥も抑制することができる。

【0017】

また、しわの発生が抑制されるため、熱間鍛造加工において、しわ防止を目的とした潤滑剤量の減量を行う必要がなくなり、金型寿命を延ばすことができる。

【0018】

さらに、据え込み加工で予備成形するので、一次素材はピストン素材の直径よりも細径材を用いることになり、長尺材から一次素材の材料取りを行う際に切り粉として無駄になる量が少なくなり、材料歩留まりが向上する。

【0019】

上記[2]に記載の発明によれば、再結晶化のための熱処理を本成形のための予備加熱工程として行えるので、効率良くピストン素材を製造することができる。

【0020】

上記[3]に記載の各発明によれば、残留歪みを十分に発生させることができる。

【0021】

上記[4][5]に記載の各発明によれば、十分に再結晶させて微細な組織を形成することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

図1～3は、本発明の製造方法によって製造されるピストン素材(1)である。なお以下の説明においては、図1の紙面に向かって「上下方向」を「前後方向」、「左右方向」を「左右方向」とし、図2、3の紙面に向かって「上下方向」を「上下方向」として説明する。

【0023】

これらの図に示すように、このピストン素材(1)は、円形のランド部(11)と、その下面側(裏面側)に設けられた一対のスカート部(12)(12)、一対のピンボス部(13)(13)、サイドウォール部(14)とを一体に備えている。

【0024】

一対のスカート部(12)(12)は、ランド部(11)の下面側における外周縁部の左右両側端部に、下方に突出するように設けられている。一対のピンボス部(13)(13)は、ランド部(11)の下面側における中間部の前後両側に、下方に突出するように設けられている。サイドウォール部(14)は、前後一対のピンボス部(13)(13)の左右両側にそれぞれ設けられ、前側のピンボス部(13)の左右両側と一対のスカート部(12)(12)の各前端部との間を連結するとともに、後側のピンボス部(13)の左右両側と一対のスカート部(12)(12)の各後端部との間を連結する態様に、下方に突出するように設けられている。そして、一対のスカート部(12)(12)、一対のピンボス部(13)(13)およびサイドウォール部(14)に囲まれた中央領域(18)は、これら(12)(13)(14)の突出により凹陷状に形成されている。さらに、外周壁(15)とピンボス部(13)およびサイドウォール(14)の間には凹陷状の3個の肉盗み部(17)が形成され、隣り合う肉盗み部(17)(17)間の非凹陷部がリブ部(16)として形成されている。

【0025】

図5Aおよび図5Bは、鍛造用素材(3)から前記ピストン素材(1)を鍛造するための鍛造用金型(ダイセット)を示す概略断面図である。

【0026】

10

20

30

40

50

鍛造用金型(20)は、下金型(21)と、成形用荷重を付与する上金型(22)とを備えている。

【0027】

下金型(21)は、図外のベースフレーム上に設置されている。この下金型(21)は、ピストン素材(1)の下面側(裏面側)および外周面を成形するもので、平面視円形の成形孔(23)を有している。この成形孔(23)の内径寸法は、成形するピストン素材(1)のランド部(11)の外径寸法に対応して形成されている。

【0028】

下金型(21)の成形孔(23)における底壁部には、成形するピストン素材(1)のスカー部(12)、ピンボス部(13)、サイドウォール部(14)、外周壁部(15)およびリブ部(16)に対応して、スカー部形成用溝部(図示なし)、ピンボス部形成用溝部(24)、サイドウォール部形成用溝部(図示なし)、外周壁部形成用溝部(25)およびリブ部形成用溝部(図示なし)が形成されるとともに、肉盗み部(17)に対応して、肉盗み部形成用凸部(26)が形成されている。また、スカー部形成用溝部、ピンボス部形成用溝部(24)、サイドウォール部形成用溝部に囲まれた部分が突出し、中央領域成形用凸部(27)となされている。

【0029】

一方、上金型(22)は下金型(21)の上方に配置され、下金型(21)の成形孔(23)に嵌合されてピストン素材(1)の上面側(表面側)を成形するパンチ(28)を備えている。(29)は加工ボス部(11a)に対応する加工ボス部形成用凹部である。前記パンチ(28)は図外のホルダーの下面に取り付けられ、図示されない昇降手段によって昇降駆動される。

【0030】

そして、図5Bに示すように、ホルダーの降下によりパンチ(28)が下金型(21)の成形孔(23)内にセットされた鍛造用素材(2)(3)に打ち込まれて、その鍛造用素材(2)(3)に高荷重を付与できるようになっている。

【0031】

本発明者らは、前記鍛造用金型(20)を用いたピストン素材(1)の製造において、ピンボス部(13)にしわ(R)が発生する原因を以下のとおりに究明した。

【0032】

図6は、断面円形の連続鑄造材をその鑄造軸に直交する面でスライス切断した円柱形素材(2)の縦断面図である。この円柱形素材(2)は本発明における一次素材の1種であり、従来の鍛造用素材として使用されているものである。かかる連続鑄造材を切断した円柱形素材(2)のマクロ組織は、中心部(31)が粒状晶、外周部(32)が柱状晶であり、その中間部(33)には羽毛晶が形成されたものである。径方向におけるこれらの組織のおおよその割合は、中心部(31)の粒状晶が半径(r)の1/4、中間部(33)の羽毛晶が半径(r)の2/4、外周部(32)の柱状晶が半径(r)の1/4である。粒状晶の中心部(31)が主にピンボス部(13)の予定部位、羽毛晶の中間部(33)が主にサイドウォール部(14)およびリブ(16)の予定部位、柱状晶の外周部(32)が主にスカー部(12)およびランド部(11)の予定部位となっている。

【0033】

図1~3に参照されるように、ピストン素材(1)は凹陷状の中央領域(18)を隔てて一対のピンボス部(13)(13)が突出しているから、前記マクロ組織をもつ一次素材(2)を前記鍛造用金型(20)で鍛造してピストン素材(1)を成形すると、中心部(31)の粒状晶の領域からピンボス部(13)(13)が直角に立ち上がる。このピンボス部(13)が立ち上がる過程で鍛造面に露出している粒状晶の凹凸が寄り添っていき、凹凸を巻き込んだ状態で成形が完了すると凹部が閉じられてしわ(R)となる(図4Aおよび図4B参照)。また、ピンボス部(13)はランド部(11)から立ち上がるように成形されるので、鍛造過程の終末期に成形されるピンボス部(13)の先端付近にしわ(R)が発生する。このような過程を経て形成されるしわ(R)は、凹部が閉じられており表面層に存在しているに過ぎないが、しわ(R)の発生により外觀不良となる。

【0034】

結晶粒に起因する凹凸の巻き込みはスカー部(12)等の他の突出部でも発生するが、し

10

20

30

40

50

わはピンボス部(13)に集中して発生する。これは、ピンボス部(13)は他の突出部よりも厚肉であり、広い領域からかつ多方向から金属が寄り合わさって形成されるためにメタルフローが複雑になり、その結果しわが発生しやすいと考えられる。また、しわの発生しやすいピンボス部(13)形状として、円弧形状の小さいもの挙げることができる。かかる形状では、成形途中でピンボス部(13)およびノック部(図示省略)に急激なメタルフローが表面に集中しやすいために、寄りしわが発生しやすい。さらに、肉盗み部(17)によってピンボス部(13)の立ち上がり高さが高くなるものは、メタルフローが長くなるためにしわが発生しやすい。一方、スカート部(12)のような薄肉の突出部では凹凸を巻き込んでも成形完了時には消失してしまい、しわとして残らない、あるいは残りにくいと考えられる。

【0035】

10

本発明は、しわの発生が鍛造に供する素材の結晶組織に起因することに着目し、鍛造に供する素材として微細な結晶組織を有するものを使用し、かつその微細結晶組織を冷間据え込み加工とその後の熱処理によって製造するものとした。即ち、一次素材を所定の据え込み率で冷間据え込み加工して鍛造に適した形状の予備成形品に成形するとともに残留歪みを発生させ、その後の熱処理において発生させた残留歪みを結晶核として再結晶させることによって組織の微細化を行う。そして、目的形状への本成形には微細な再結晶組織をもつ予備成形品を供する。

【0036】

本発明の製造方法によって抑制するしわとは凹部が閉じた状態のものであって、割れとは外觀が異なり、発生原因や発生し易い部位も異なる。割れとは限界加工率を超えると発生し、成形途中で結晶粒界に沿って開いたクラックが内部に達していき、成形が完了しても閉じることなく開いたままで亀裂として残っているものであり、突出部の立ち上がり部のようにメタルフローの向きが急に変化する箇所に発生しやすい。しわが表面欠陥であるのに対し、割れは結晶粒界に沿ってもっと深い部分にまで亀裂が進んでいる内部欠陥である。このような割れは、材料の可塑性や限界加工率が低い場合に発生し、メタルフローの方向が急激に変化する部位に発生しやすい。例えば、ランド部(11)の裏面側から突出するピンボス部(13)側面の立ち上がり部や、ランド部(11)の冠面側に突出する加工ボス部(11a)側面の立ち上がり部に発生しやすく、ピンボス部(13)の先端付近に発生するしわ(R)とは発生部位も異なる。図4Bにおいて(C)はピンボス部(13)側面の立ち上がり部に発生した割れを示している。

20

30

【0037】

また、割れと同様な亀裂欠陥として巻き込み欠陥(M)が生じることがある。複雑なメタルフローが形成される形状では、突出部の立ち上がり方向とは異なる方向にメタルが回り込み、このメタルの回り込みによってまわりのメタルを巻き込みながら突出部が立ち上がっていく。巻き込まれたメタルは襞が折り置まれるようにして閉じるが、閉じた跡として線状に残ったものが巻き込み欠陥(M)であり、表面層がオーバーラップしたように見えることがある。図4Bに参照されるように、巻き込み欠陥(M)は、サイドウォール部(14)からのメタルフロー、肉盗み部(17)から遅れて立ち上がるメタルフロー、急激に立ち上がるピンボス部(13)のメタルフローが出合う箇所に発生しやすい。巻き込み欠陥(M)は、内部に虚ろな部分は無く外觀上も閉じているが、内部にメタルの巻き込み跡が残っている。メタルの巻き込み状態によっては強い巻き込み跡が残っている。

40

【0038】

本発明の副次的効果として、予備成形とその後の熱処理によって素材の再結晶組織を微細化することにより、割れ欠陥および巻き込み欠陥の発生を抑制できる。

【0039】

以下に、本発明のピストン素材の製造方法について、材料と工程について詳述する。

【0040】

ピストン素材(1)の材料としては、高温下で高強度が要求される部材であることから、Si、Cu、Ni、Mg、Feを含有するアルミニウム合金を用いることが好ましい。例えば、Si: 10.5~13.5質量%、Cu: 3~5質量%、Ni: 1~3質量%、F

50

e : 0 . 1 ~ 0 . 5 質量 %、M g : 0 . 2 ~ 1 . 2 質量 %、M n : 0 . 1 ~ 0 . 4 質量 %、C r : 0 . 1 ~ 0 . 4 質量 % を含有するアルミニウム合金、あるいは S i : 1 1 ~ 1 2 質量 %、C u : 3 ~ 5 質量 %、M g : 1 ~ 1 . 4 質量 % および F e : 4 ~ 6 質量 % を含有するアルミニウム合金である。前者の合金において、好ましい S i 濃度は 1 1 . 5 ~ 1 3 質量 %、好ましい C u 濃度は 3 . 5 ~ 4 . 5 質量 %、好ましい N i 濃度は 1 . 5 ~ 2 . 5 質量 %、好ましい F e 濃度は 0 . 2 ~ 0 . 5 質量 %、好ましい M g 濃度は 0 . 3 ~ 1 質量 % である。後者の合金において、好ましい S i 濃度は 1 1 . 5 ~ 1 2 質量 %、好ましい C u 濃度は 3 . 5 ~ 4 質量 %、好ましい M g 濃度は 1 . 2 ~ 1 . 4 質量 %、好ましい F e 濃度は 4 . 5 ~ 5 . 5 質量 % である。いずれの合金においても、残部は A l および不可避不純物である。これらのアルミニウム合金は高温強度が高くピストン素材に適している。

10

【 0 0 4 1 】

さらに、前記アルミニウム合金にはピストン素材としての機能を損なわない限り他の元素を添加することができ、かかるアルミニウム合金を用いた場合も本発明に含まれる。

【 0 0 4 2 】

材料取り

据え込み加工に供する一次素材(2)の製造方法や形状は限定されず、例えば連続鑄造材や押出材をスライス切断したもの、急冷凝固した金属粉末を固形化して押出した押出材をスライス切断したもの等を用いる。上記しわの発生原因の説明において連続鑄造材を例示したが、本発明における一次素材は連続鑄造材に限定するものではない。冷間据え込み加工による残留歪みの発生と、その後の熱処理とによって予備成形品の再結晶組織を微細化させることができれば、本成形工程においてしわの発生を抑制できるからである。

20

【 0 0 4 3 】

一次素材(2)はピストン素材(1)の体積に相当する体積の円柱形が好ましく、要すれば面削を行って体積調整する。

【 0 0 4 4 】

予備成形工程

一次素材(2)に対して冷間据え込み加工を行って予備成形品(3)を製作する。この冷間据え込み加工によって拡張し、より本成形に適した形状に成形するとともに、予備成形品(3)に残留歪みを発生させる。据え込み率は下記式で表され、十分な残留歪みを発生させるために、15%以上の据え込み率で加工する。好ましい据え込み率は20%以上である。据え込み時に割れや座屈が発生しない限り据え込み率の上限に制限はなく、割れや座屈が発生しない範囲で据え込み率を適宜設定することができる。例えば、上述したアルミニウム合金の場合は50%以下の据え込み率で予備成形品(3)を成形することが好ましい。

30

【 0 0 4 5 】

据え込み率(%) = (加工により減少した高さ / 加工前の高さ) × 100

予備成形品(3)の形状は限定されないが、ピストン素材(1)のランド部(11)径と同等あるいは近似した径寸法とすることが好ましい。また、ピンボス部(13)、スカート部(12)等の突出部の成形予定部位を厚肉に成形することや、下金型(21)の成形孔(23)との位置合わせ部を成形することも好ましい。

【 0 0 4 6 】

40

据え込み加工温度は冷間である限り限定されない。上述したアルミニウム合金の再結晶温度は約380℃であり、この再結晶温度よりも低い温度で据え込み加工を行う必要がある。例えば再結晶温度の10~60%の実体温度とするのが好ましい。残留歪みを十分に発生させるには200℃以下の実体温度で行うことが好ましく、さらに50~200℃が好ましく、特に100~150℃が好ましい。具体的には、金型を加熱することなく、常温(約20℃)の一次素材(2)に対して据え込み加工を行えば良い。一次素材(2)が常温であっても多数個の素材を連続投入して据え込み加工すると加工熱によって素材も金型も温度が上昇するが、加工上がりの予備成形品(3)温度は上記範囲であり、連続運転中の金型温度も50~200℃、好ましくは100~200℃の範囲内で推移する。従って、常温の一次素材(2)を加熱しない金型を用いて据え込み加工を行えば上記範囲の実体温度が達

50

成されて、所期する残留歪みをもった予備成形品(3)を製作することができる。実体温度を維持する投入速度で連続運転することにより、本発明の予備成形工程とすることができる。

【0047】

なお、本発明の予備成形工程は残留歪みを発生させることが目的であり、適正な残留歪みを発生させるために素材や金型の温度制御を行うことを排除するものではない。

【0048】

また、据え込み加工を行うに際しては、一次素材(2)には化成皮膜処理、ボンデ処理等により潤滑性を付与しておくことが好ましい。

【0049】

10

熱処理工程

前記予備成形品(3)に対して本成形前の予備加熱工程として熱処理を行い、その熱処理条件によって本発明の予備成形工程で生じさせた残留歪みを結晶核とする微細な再結晶組織を形成する。熱処理温度は再結晶温度よりも高い温度で行うものとし、上述したアルミニウム合金の場合は実体温度として380 以上で行う。好ましい温度は400～480 であり、特に400～440 が好ましい。また、微細な再結晶組織を十分に形成するために、加熱時間は10～60分間が好ましく、特に20～40分間が好ましい。

【0050】

本工程は、本成形工程の直前に本成形のための予備加熱工程として行うことができるので効率良くピストン素材を製造することができる。勿論、本成形工程の予備加熱工程から独立して行っても良い。

20

【0051】

本成形工程

予備成形品(3)に必要な応じて潤滑剤を塗布し、図5Aおよび図5Bに例示した鍛造用金型(20)を用いて熱間鍛造加工を行い、ピストン素材(1)を成形する。予備成形品(3)の再結晶組織が微細化されているので、鍛造面に露出している結晶粒による凹凸も微細である。そして、成形の進行に伴ってピンボス部(13)が立ち上がっていき、凹凸が寄り添って最終的に凹部が閉じると、凹部が消失するか、あるいはしわ(R)として残った場合でも浅く小さいものとなり、しわ(R)の発生が抑制される。

【0052】

30

鍛造時の実体温度は前工程の熱処理工程に準じ、再結晶温度よりも高い380 以上(実体温度)で行う。好ましい鍛造温度は400～480 であり、特に400～440 が好ましい。

【0053】

上記実体温度を維持するために上下の金型(21)(22)を加熱しながら鍛造することが好ましい。好ましい金型温度は200～350 であり、特に250～300 が好ましい。

【0054】

エンジンピストンは高温下で使用されるため、鍛造したピストン素材(1)は高温下での寸法変化を抑制するためにT7処理等により調質を行い、その後ピン孔(19)等が穿設されてピストンとなる。

40

【0055】

前記予備成形品(3)は再結晶組織が微細化されているので、一次素材(2)よりも伸びが良くなっている。このため、突出部の立ち上がり部分に発生し易かった割れ(C)や、複数のメタルフローが出合う箇所に発生し易かった巻き込み欠陥(M)も抑制される(図4Aおよび図4B参照)。しわの発生を抑制できる条件で予備成形工程、熱処理工程および本成形工程を順次実施すれば、割れや巻き込み欠陥の発生を十分に抑制できる。従って、本発明の方法によれば、しわに加えて割れおよび巻き込み欠陥も抑制できる。

【0056】

以上のように、本発明の方法によればピンボス部のしわ、ならびに突出部の割れや巻き込み欠陥の発生を抑制できるので、しわ除去を前提とした肉盛りやショットピーニング等

50

によるしわの除去作業が不要となり、外観品質の良いピストン素材を効率良く製造することができる。また、しわの発生が抑制されるため、熱間鍛造加工において、しわ防止を目的とした潤滑剤量の減量を行う必要がなくなり、金型寿命を延ばすことができる。さらに、据え込み加工で予備成形するので、一次素材はピストン素材の直径よりも細径材を用いることになり、長尺材から一次素材の材料取りを行う際に切り粉として無駄になる量が少なくなり、材料歩留まりが向上する。

【0057】

本発明を適用するピストン素材の形状は図示例のものに限定されないが、本発明はメタルフローが長く複雑でしわが発生しやすい形状のピストン素材に好適に用いられる。

【0058】

しわの発生しやすい形状として、ピンボス部(13)に肉盗み部(17)が隣接しているものを挙げることができる。肉盗み部(17)によってピンボス部(13)の実質的な立ち上がり高さが高くなってメタルフローが長くなるためである。図3に示すように、肉盗み部(17)の深さ(L)が5mm以上、特に7.5mm以上である場合に、本発明の適用意義が大きい。

【0059】

また、肉盗み部(17)の底部の位置(S1)と凹陷状中央領域(18)の底部の位置(S2)とに差があるものは、ピンボス部(13)の両側でメタルフローのバランスが偏るので、メタルの寄りが多くなってしわが発生しやすい。

【0060】

また、ピンボス部(13)の立ち上がり方向において、表面積の頂点に向かっての減少率が大きいものはメタルの寄りが多くなってしわが発生しやすい。

【0061】

さらに、肉盗み部(17)にリブ(16)が設けられており、そのリブ(16)がピンボス部(13)に繋がっている場合は、ピンボス部(13)の根元側(ランド部側)の表面積は実質的にリブ(16)を含む大きなものとなり、頂点側との表面積の差が拡大されるためにメタルの寄りが多くなってしわが発生しやすい。

【0062】

前記表面積は、例えばピンボス部(13)あるいはリブ(17)を含む領域を、ピンボス部(13)の立ち上がり方向に直交する面で切断した断面の輪郭線として評価することができる。

【0063】

なお、肉盗み部やリブの無いピストン素材の製造も本発明に含まれる。これらが無い場合でもしわが発生する場合は本発明を適用する意義があるからである。

【実施例】

【0064】

表1に示す組成のアルミニウム合金を用い、図7に参照されるように、材料取り、予備成形工程、熱処理工程、本成形工程を順次実施して図1に示すピストン素材(1)を製作した。

【0065】

表1において、材料記号A、B、Cは断面円形の連続鑄造材であり、材料記号Dは急冷凝固した粉末を固形化したものを押出した断面円形の押出材である。前記各材料記号につき、5種類の直径(70mm、68mm、65mm、62.5mm、60mm)の材料を準備した。

【0066】

10

20

30

40

【表 1】

材料 記号	合金組成 (質量%) 残部: Alおよび不可避不純物										製造方法
	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ni	V	Zr	Ti	P	
A	11.7	0.17	4.0	0.23	0.42	—	—	—	—	—	連続鑄造材
B	12.8	0.45	3.8	0.25	0.9	2.1	—	—	—	0.01	連続鑄造材
C	11.8	0.26	3.2	0.008	0.7	2.44	0.055	0.116	0.017	0.007	連続鑄造材
D	12	5	3.5	—	1.2	—	—	—	—	—	急冷凝固材

10

【0067】

材料取り

A～Cの連続鑄造材およびDの押出材を、ピストン素材(1)と同等体積となるように、表2の厚さにスライスし、この円柱形材を一次素材(2)とした。

【0068】

【表 2】

一次素材の寸法 (A～D共通)	予備成形品 の寸法	据え込み率 (%)
直径70mm×厚さ17.3mm	直径70mm× 厚さ17.3mm	0
直径68mm×厚さ18.3mm		5.5
直径65mm×厚さ20.1mm		13.9
直径62.5mm×厚さ21.7mm		20.3
直径60mm×厚さ23.5mm		26.4

20

30

【0069】

予備成形工程

表3の比較例1、11、21、31を除いて、各一次素材(2)に対して表2、3に示す据え込み率で冷間据え込み加工を行い、ピストン素材(1)のランド部(11)の直径と同等の70mmに拡径し、予備成形品(3)を得た。据え込み加工は、一次素材(2)にボンデ処理を施して潤滑性を付与し、加熱も冷却もしない常温(室温約20℃)の金型に常温の一次素材(2)を投入して行うものとし、各例につき1000個の予備成形品(3)を連続的に加工した。加工熱により予備製品(3)の温度は上昇したが、加工上がりの予備成形品(3)の温度および連続運転中の金型温度は200℃以下であり、据え込み加工は冷間で行われた。

40

【0070】

【表 3】

	予備成形工程 (冷間据え込み)		熱処理工程 (予備加熱)					本成形工程 (熱間鍛造)		割れ または 巻き込み欠陥	しわ
	材料 記号	据え込 み率 (%)	温度 (℃)	時間 (分)	熱処理後の結晶組織			素材温度 (℃)	金型温度 (℃)		
					中心部	中間部	外周部				
実施例 1	A	20.3	420	30	微細	微細	微細	400～440	200～350	○	△
実施例 2	A	26.4	420	30	微細	微細	微細	400～440	200～350	○	○
比較例 1	A	0	420	30	粒状晶	羽毛晶	柱状晶	400～440	200～350	×	×
比較例 2	A	5.5	420	30	粒状晶	羽毛晶	柱状晶	400～440	200～350	△	×
比較例 3	A	13.9	420	30	粒状晶小	羽毛晶	柱状晶	400～440	200～350	○	×
実施例11	B	20.3	420	30	微細	微細	微細	400～440	200～350	○	△
実施例12	B	26.4	420	30	微細	微細	微細	400～440	200～350	○	○
比較例11	B	0	420	30	粒状晶	羽毛晶	柱状晶	400～440	200～350	×	×
比較例12	B	5.5	420	30	粒状晶	羽毛晶	柱状晶	400～440	200～350	△	×
比較例13	B	13.9	420	30	粒状晶小	羽毛晶	柱状晶	400～440	200～350	○	×
実施例21	C	20.3	420	30	微細	微細	微細	400～440	200～350	○	△
実施例22	C	26.4	420	30	微細	微細	微細	400～440	200～350	○	○
比較例21	C	0	420	30	粒状晶	羽毛晶	柱状晶	400～440	200～350	×	×
比較例22	C	5.5	420	30	粒状晶	羽毛晶	柱状晶	400～440	200～350	△	×
比較例23	C	13.9	420	30	粒状晶小	羽毛晶	柱状晶	400～440	200～350	○	×
実施例31	D	20.3	440	40	微細	微細	微細	420～460	250～350	○	△
実施例32	D	26.4	440	40	微細	微細	微細	420～460	250～350	○	○
比較例31	D	0	440	40	粒状晶	羽毛晶	柱状晶	420～460	250～350	×	×
比較例32	D	5.5	440	40	粒状晶	羽毛晶	柱状晶	420～460	250～350	△	×
比較例33	D	13.9	440	40	粒状晶小	羽毛晶	柱状晶	420～460	250～350	○	×

熱処理工程

各予備成形品(3)(比較例1、11、21、31は一次素材(2)と同じ)を表3に示す条件で熱処理した。この熱処理は本成形のための予備加熱である。

【0072】

予備加熱後の予備成形品(3)について縦断面の結晶組織(マクロ組織)を観察したところ、表3に示すものであった。各実施例の予備成形品(2)は中心部から外周部に至るまで微細化されていた。一方、各比較例は中心部の粒状晶が微細化されておらず、据え込み率13.9%の比較例3、13、23、33が据え込み前よりも粒状晶が小さくなった程度であった。

【0073】

10

本成形工程

前工程で予備加熱した予備成形品(3)を、図5Aおよび図5Bに示すように、黒鉛系潤滑剤を塗布した鍛造用金型(20)で熱間鍛造してピストン素材(1)を成形した。金型(20)は加熱するものとし、連続運転中の金型温度は表3に記載した範囲内で変動し、加工直後のピストン素材(1)の温度は表3に記載した範囲であった。これらの温度により、ピストン素材(1)は熱間で鍛造されたことを確認した。

【0074】

実施例および比較例で製作したピストン素材(1)を観察し、ピンボス部(13)の先端近傍のしわ(R)の発生状況、ピンボス部(13)、スカート部(12)、サイドウォール部(15)、ランド部(11)の冠面側の加工ボス部(11a)の各突出部における割れ(C)または巻き込み欠陥(M)の発生状況を調べ、下記の基準で評価した。

20

【0075】

(割れ)

- ×：外観上亀裂が開いており、内部にまで残っている。
- ：外観上閉じているが、亀裂線があり内部にまで残っている
- ：発生なし

【0076】

(巻き込み欠陥)

- ×：外観上表面層がオーバーラップしていて線状のスジが残り、内部にまで強い欠陥が残っている
- ：表面層に線状のスジが残り、内部にまで微小欠陥が残っている
- ：発生なし

30

【0077】

(しわ)

- ×：外観上表面部に閉じたしわが多数発生
- ：外観上表面部に閉じたしわが1～3本発生
- ：発生なし

【0078】

表3に示すとおり、所定の条件で冷間据え込み加工およびその後の熱処理を行った各実施例では、しわ、割れ、巻き込み欠陥のない、あるいは抑制されたピストン素材を製造することができた。

40

【産業上の利用可能性】

【0079】

本発明によれば、ピストン素材のピンボス部のしわの発生を抑制でき、外観品質の良い製品を効率良く製造できる。

【図面の簡単な説明】

【0080】

【図1】本発明によって製造するピストン素材の下面図である。

【図2】図1のピストン素材の正面図である。

【図3】図1のピストン素材の断面図である。

50

【図 4 A】従来の方法で製造されたピストン素材において、ピンボス部にしわが発生した状態を示す要部斜視図であり、中心側からピンボス部を見た図である。

【図 4 B】図 4 B のピストン素材を外周側から見た要部斜視図である。

【図 5 A】図 1 のピストン素材を鍛造するための鍛造用金型の模式的断面図であり、鍛造前の状態を示している。

【図 5 B】図 1 のピストン素材を鍛造するための鍛造用金型の模式的断面図であり、鍛造完了時の状態を示している。

【図 6】連続鋳造材からなる一次素材のマクロ組織を示す模式的断面図である。

【図 7】 実施例におけるピストン素材の製造工程を示すフロー図である

【符号の説明】

【 0 0 8 1 】

1...ピストン素材

2... 一次素材（鍛造用素材、円柱形素材）

3... 予備成形品

11... ランド部

12... スカ - ト 部

13... ピンボス部

14... サイドウォール部

20... 鍛造用金型

21... 下金型

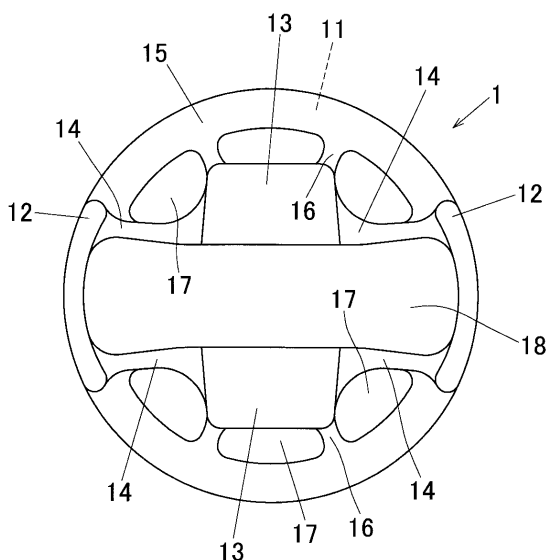
22... 上金型

R... しわ

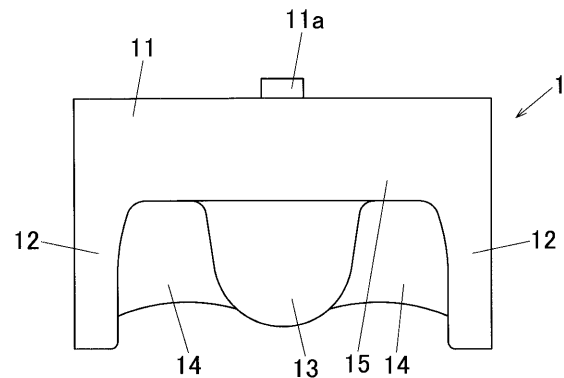
C... 割れ

M... 巻き込み欠陥

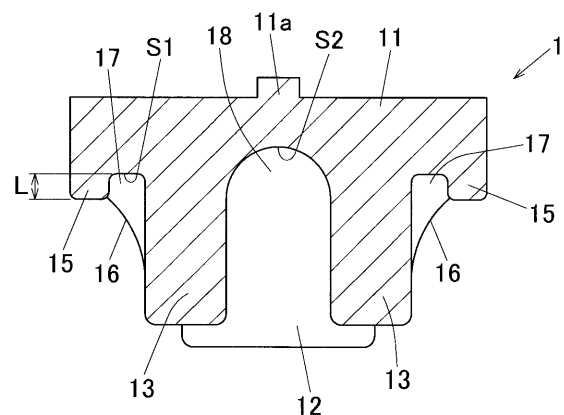
【 図 1 】



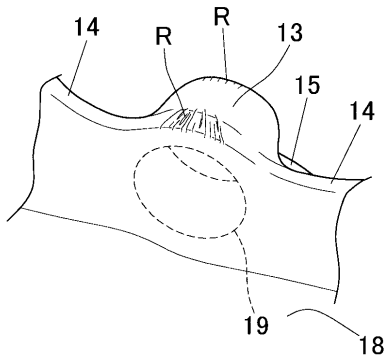
【圖 2】



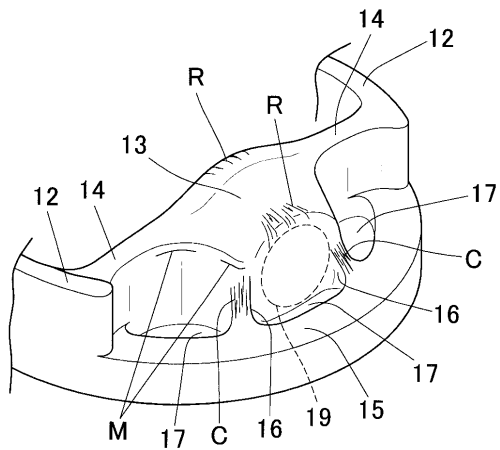
【 図 3 】



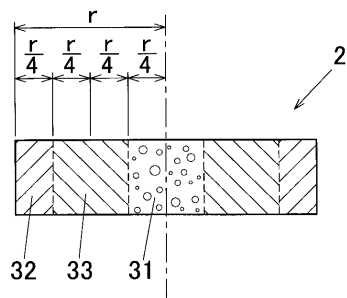
【図 4 A】



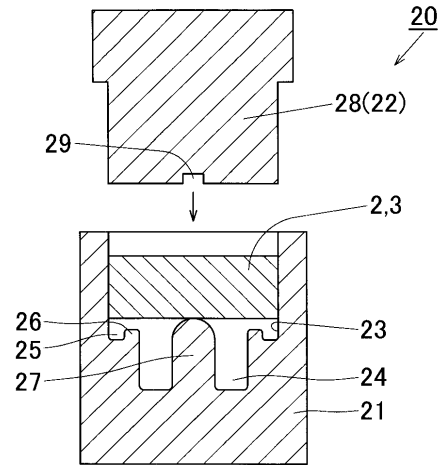
【図 4 B】



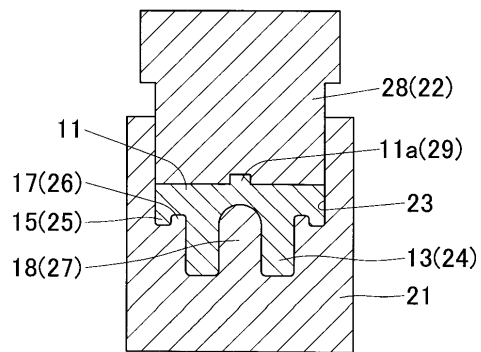
【図 6】



【図 5 A】



【図 5 B】



【図 7】

