

(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2012-106284
(P2012-106284A)

(43) 公開日 平成24年6月7日(2012.6.7)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 1 J 1/06 (2006.01)	B 2 1 J 1/06 Z	4 E 0 8 7
C 2 1 D 8/00 (2006.01)	C 2 1 D 8/00 B	4 K 0 3 2
C 2 2 C 38/00 (2006.01)	C 2 2 C 38/00 3 0 1 Z	
C 2 2 C 38/12 (2006.01)	C 2 2 C 38/12	
B 2 1 J 5/00 (2006.01)	B 2 1 J 5/00 A	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 26 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2011-225283 (P2011-225283)
 (22) 出願日 平成23年10月12日 (2011.10.12)
 (31) 優先権主張番号 特願2010-235812 (P2010-235812)
 (32) 優先日 平成22年10月20日 (2010.10.20)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(出願人による申告) 平成22年度 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発」に関する委託研究、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 000001199
 株式会社神戸製鋼所
 兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目10番26号
 (74) 代理人 100064414
 弁理士 磯野 道造
 (74) 代理人 100111545
 弁理士 多田 悦夫
 (74) 代理人 100123249
 弁理士 富田 哲雄
 (72) 発明者 長田 卓
 兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号
 株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

最終頁に続く

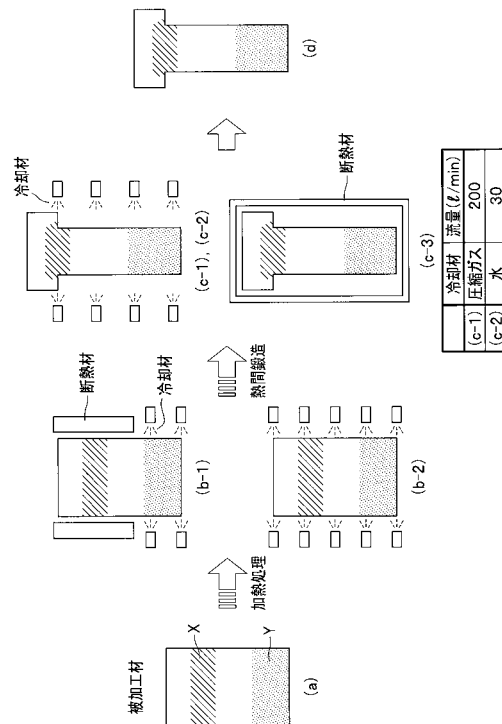
(54) 【発明の名称】 フェライト-パーライト型非調質鍛造部品の製造方法

(57) 【要約】

【課題】一つの部品内に、十分な降伏強度が付与された部分と、切削加工性を向上させるために降伏強度が抑えられた部分とを、非調質で形成させた鍛造部品の製造方法を提供することにある。

【解決手段】被加工材を、 $T_{vc} + 50$ 以上、1350 以下となるように加熱する加熱処理工程と、前記被加工材の高強度化させる部分について、1000 以上、前記加熱処理工程における加熱温度以下とし、かつ、前記被加工材の低強度化させる部分について、 A_{c3} 点以上、950 以下として、熱間鍛造を行い、当該熱間鍛造により当該低強度化させる部分の相当歪量を0.2 以上とする熱間鍛造工程と、800 から600 までの平均冷却速度が、前記高強度化させる部分について、 $0.5 / s$ 以上、 $2.0 / s$ 以下とし、かつ、前記低強度化させる部分について、 $1.0 / s$ 以下となるように、前記被加工材を冷却する冷却工程と、を含むことを特徴とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

C : 0.20 ~ 0.80 質量%、Si : 0.50 質量%以下、Mn : 0.40 ~ 1.00 質量%、P : 0.050 質量%以下、S : 0.050 質量%以下、V : 0.20 ~ 0.80 質量%、N : 0.0100 質量%以下を含有し、残部が Fe および不可避不純物からなる鋼を用いて、

前記鋼からなる被加工材を、下記式 (1) で算出される $T_{Vc} + 50$ 以上、1350 以下となるように加熱する加熱処理工程と、

前記加熱処理工程の後に、前記被加工材の高強度化させる部分について、1000 以上、前記加熱処理工程における加熱温度以下とし、かつ、前記被加工材の低強度化させる部分について、 A_{c3} 点以上、950 以下として、熱間鍛造を行い、当該熱間鍛造により当該低強度化させる部分の相当歪量を 0.2 以上とする熱間鍛造工程と、

前記熱間鍛造工程の後に、800 から 600 までの平均冷却速度が、前記高強度化させる部分について、0.5 / s 以上、2.0 / s 以下となり、かつ、前記低強度化させる部分について、1.0 / s 以下となるように、前記被加工材を冷却する冷却工程と、を含む、ことを特徴とするフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法。

$$T_{Vc} () = -9500 / (\log ([\% C] \cdot [\% V]) - 6.72) - 273 \cdot \cdot (1)$$

(ただし、前記式 (1) において、[% C]、[% V] は、前記 C、前記 V の各含有量 (質量%) とする。)

【請求項 2】

C : 0.20 ~ 0.80 質量%、Si : 0.50 質量%以下、Mn : 0.40 ~ 1.00 質量%、P : 0.050 質量%以下、S : 0.050 質量%以下、V : 0.20 ~ 0.80 質量%、N : 0.0100 質量%以下を含有し、残部が Fe および不可避不純物からなる鋼を用いて、

前記鋼からなる被加工材の全体を、下記式 (1) で算出される $T_{Vc} + 50$ 以上、1350 以下となるように加熱する加熱処理工程と、

前記加熱処理工程の後に、前記被加工材の高強度化させる部分を断熱材で覆うとともに、前記被加工材の低強度化させる部分に冷却材を吹き付け、前記高強度化させる部分について、1000 以上、前記加熱処理工程における加熱温度以下とし、かつ、前記被加工材の低強度化させる部分について、 A_{c3} 点以上、950 以下として、1 段または 2 段以上の熱間鍛造を行い、当該熱間鍛造により当該低強度化させる部分の相当歪量を 0.2 以上とする熱間鍛造工程と、

前記熱間鍛造工程の後に、800 から 600 までの平均冷却速度が、前記高強度化させる部分について、0.5 / s 以上、2.0 / s 以下となり、かつ、前記低強度化させる部分について、1.0 / s 以下となるように、前記被加工材を冷却する冷却工程と、を含む、ことを特徴とするフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法。

$$T_{Vc} () = -9500 / (\log ([\% C] \cdot [\% V]) - 6.72) - 273 \cdot \cdot (1)$$

(ただし、前記式 (1) において、[% C]、[% V] は、前記 C、前記 V の各含有量 (質量%) とする。)

【請求項 3】

円柱状を呈するとともに、一端側に前記高強度化させる部分が存在し、当該高強度化させる部分よりも他端側に前記低強度化させる部分が存在する前記被加工材を、軸部と当該軸部よりも大径に形成されたフランジ部とから構成される形状となるように鍛造するフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法であって、

前記熱間鍛造工程において、前記被加工材の前記他端側の端部が、鍛造金型の略円柱凹状を呈する軸形成部の底部に当接するとともに、前記一端側に存在する前記高強度化させる部分が、前記軸形成部から突出するように前記被加工材を設置し、その後、前記底部の方向に前記被加工材を押圧することで、前記軸形成部と当該軸形成部の開口から径方向外

10

20

30

40

50

側に延出するフランジ形成部とにより前記被加工材を前記形状に熱間鍛造することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法。

【請求項 4】

前記熱間鍛造工程において、前記軸形成部の軸方向の長さが前記軸部の軸方向の長さよりも短くなるように設置されている前記軸方向に移動可能な前記底部を、前記軸形成部の軸方向の長さが前記軸部の軸方向の長さと同じになる位置まで移動させながら前記被加工材の熱間鍛造を行うことを特徴とする請求項 3 に記載のフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法。

【請求項 5】

円柱状を呈するとともに、一端側に前記高強度化させる部分が存在し、当該高強度化させる部分よりも他端側に前記低強度化させる部分が存在する前記被加工材を、軸部と当該軸部よりも大径に形成されたフランジ部とから構成される形状となるように鍛造するフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法であって、

前記熱間鍛造工程において用いる鍛造金型は、略円柱凹状を呈する軸形成部を備えるとともに、前記軸形成部は、前記被加工材の外径よりも小さな内径の円柱凹状を呈する小径部と、当該小径部から開口側に設けられ当該小径部より大きな内径の円柱孔状を呈する大径部と、を有し、

前記熱間鍛造工程において、前記被加工材の前記他端側の端部が、前記鍛造金型の前記小径部と前記大径部との間に形成される段部に当接するとともに、前記一端側に存在する前記高強度化させる部分が、前記軸形成部から突出するように前記被加工材を設置し、その後、前記小径部の方向に前記被加工材を押圧することで、前記軸形成部と当該軸形成部の開口から径方向外側に延出するフランジ形成部とにより前記被加工材を前記形状に熱間鍛造することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法。

【請求項 6】

前記熱間鍛造工程において用いる鍛造金型の前記小径部の内径に対する前記被加工材の外径の比（前記被加工材の外径 / 前記小径部の内径）が 1 . 20 以下となることを特徴とする請求項 5 に記載のフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法。

【請求項 7】

前記冷却工程において、前記高強度化させる部分を局所冷却することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項に記載のフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法。

【請求項 8】

円柱状を呈するとともに、一端側に前記高強度化させる部分が存在し、当該高強度化させる部分よりも他端側に前記低強度化させる部分が存在する前記被加工材を、軸部と当該軸部よりも大径に形成されたフランジ部とから構成される形状となるように鍛造するフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法であって、

前記冷却工程において、前記軸部と前記フランジ部との境界を局所冷却する、または、前記境界および前記軸部を局所冷却することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項に記載のフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、自動車、船舶などの輸送機のエンジンおよび足回り等に用いられるコンロッド、クランクシャフト、ハブ等の鍛造部品の製造方法に関するものであり、特に、熱間鍛造後に熱処理を行わない（非調質）鍛造部品の製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、自動車、船舶などで用いられる部品を軽量化させるため、部品の降伏強度の向上

10

20

30

40

50

が求められている。そして、現在、当該要求に応じるため、中炭素鋼に0.1～0.2質量%程度のVを含有させた鋼の適用が進んでいる。

しかし、この鋼で得られる降伏強度は800MPa程度までであるため、一層の高強度化を目指すべく、下記のような多くの取り組みがなされている。

【0003】

例えば、特許文献1には、Cを比較的低めに制御した鋼にVを含有させ、フェライト・ベイナイト2相組織とした後、200～700の温度で時効処理を行うことにより、降伏強度を向上させた熱間鍛造用鋼の製造方法が開示されている。

【0004】

特許文献2には、Ti+Zrを0.04～1.0質量%、Bを0.0005質量%以上含有させるとともに、TiおよびZr炭化物のサイズを10μm以下とした鋼を、1100以上の状態で熱間鍛造し、900以上で熱間鍛造を終了した後、30～300/分の冷却速度で冷却することにより、強度および靱性を向上させたマルテンサイト・ベイナイト型非調質鋼材の製造方法が開示されている。

【0005】

特許文献3には、中炭素鋼にVとCaを含有させ、Ca含有量が40質量%を超える硫化物の割合、Ca含有量が0.3～40質量%となる硫化物の割合、および、Ca含有量が0.3質量%未満となる硫化物の割合を、所定の範囲とすることにより、強度を向上させた非調質鋼が開示されている。

【0006】

特許文献4には、Vを0.30質量%超、および、Tiを0.003～0.050質量%含有させた鋼を、十分に高温に加熱した後、300までを平均冷却速度0.05～2/sで冷却することにより、強度を向上させた非調質鍛造部品の製造方法が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開平7-109518号公報

【特許文献2】特開2000-129393号公報

【特許文献3】特開平11-350065号公報

【特許文献4】特開平7-3386号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、特許文献1に開示された製造方法は、熱間鍛造後に時効処理が必要となるため（非調質ではないため）、製造の工程数が増加してしまう。また、特許文献2に開示された製造方法は、マルテンサイト・ベイナイトを用いているため、遅れ破壊の懸念が生じてしまう。また、特許文献3には、実施例（No.8）として、C量0.45質量%の鋼にV量0.3質量%を含有させた鋼の評価を行っているが、この鋼は25mmまで鍛造した後、空冷させただけで十分な冷却制御がなされておらず、十分な高強度化が図れていない。また、特許文献4に係る製造方法は、単調なパターンの冷却しか行っていないため、フェライトの析出強化量が適切に制御できていない。よって、析出強化量が少ないフェライトが局所的に形成されてしまい、当該フェライトが降伏を律速させてしまうため、鋼の降伏強度が十分に改善できない（最大83kgf/mm²）。

【0009】

さらに、被加工材を最終形状にまで作りこむには切削加工が必要となるが、切削性は強度に依存するため、切削加工の必要な部分については、高強度化されていないことが好ましい。したがって、高強度化させる部分とは別に、切削加工の必要な部分については高強度化させず、一つの部品内に強度差を付与させることが有効である。

ここで、一つの部品内に強度差を付与させる技術としては、浸炭処理、肌焼処理、窒化

10

20

30

40

50

処理、部分焼入れなど、熱処理を用いれば実現できることは知られているが、非調質で強度差を付与できる技術については報告されていない。

【0010】

本発明は、前記の問題に鑑みてなされたものであり、その課題は、一つの部品内に、十分な降伏強度が付与された部分（高強度化させる部分）と、切削加工性を向上させるために降伏強度が抑えられた部分（低強度化させる部分）とを、非調質で形成させた鍛造部品の製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明者らは、前記課題を解決するために、以下の知見に基づき発明を完成した。

鍛造部品において高強度化を実現するためには、鋼の冷却中に変態と同時に起こる相界面析出を活用することにより、微細な析出物を均一に分散させることができ、大きな析出強化量を確保できることが知られている。ここで、本発明の目標とする降伏強度 950 MPa 以上を実現するには、加熱処理工程において炭化物形成元素を多量に固溶させておき、その後の変態で析出させる必要がある。しかし、非調質鍛造部品用の鋼に使われる中炭素鋼は炭素の含有量が多く、炭化物が非常に安定に形成されるため、炭化物形成元素を多量に溶かすことが難しい。加えて、非調質鍛造部品用の鋼は、冷却中に析出物を析出させる必要があるため、変態と同時に析出できるような析出強化能力のある元素を含有させることが重要である。この様な条件を満たす元素および含有量について検討した結果、V が最適であり、目標の降伏強度とするには 0.2 質量% 以上含有させることが必要であることを見出した。

【0012】

さらに、高強度化を実現するためには、0.2 質量% 以上の V を含有させたとしても、一旦、V を完全に固溶させる必要があるとともに、加熱終了後、V がオーステナイト中に析出しないようにするために、転位が蓄積しない高温域で鍛造する必要があることを見出した。さらにその後、V を含有させたことにより焼入れ性が向上している状態でフェライト変態、パーライト変態させつつ、変態と同時に相界面析出を起こさせるために、適切な冷却速度にて冷却する必要があることを見出した。

【0013】

一方で、熱間鍛造工程においてオーステナイト中に転位が残存するように低温で鍛造を施し、その後、緩冷却することで、オーステナイト中でのバナジウムカーバイド（以下、適宜、VC という）の析出が促進されてフェライト - パーライト変態が起こる前に大半の V を析出させることができる。その結果、フェライト - パーライト変態時に形成される微細な相界面析出が得られず析出強化できないため、V を多量に含有していても低強度化できることを見出した。

以上の知見から、本発明者らは以下の本発明を創出した。

【0014】

前記課題を解決するために、本発明に係るフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法は、C : 0.20 ~ 0.80 質量%、Si : 0.50 質量% 以下、Mn : 0.40 ~ 1.00 質量%、P : 0.050 質量% 以下、S : 0.050 質量% 以下、V : 0.20 ~ 0.80 質量%、N : 0.0100 質量% 以下を含有し、残部が Fe および不可避不純物からなる鋼を用いて、前記鋼からなる被加工材を、下記式 (1) で算出される T_v $+ 50$ 以上、 1350 以下となるように加熱する加熱処理工程と、前記加熱処理工程の後に、前記被加工材の高強度化させる部分について、 1000 以上、前記加熱処理工程における加熱温度以下とし、かつ、前記被加工材の低強度化させる部分について、 A_c3 点以上、 950 以下として、熱間鍛造を行い、当該熱間鍛造により当該低強度化させる部分の相当歪量を 0.2 以上とする熱間鍛造工程と、前記熱間鍛造工程の後に、 800 から 600 までの平均冷却速度が、前記高強度化させる部分について、 $0.5 / s$ 以上、 $2.0 / s$ 以下となり、かつ、前記低強度化させる部分について、 $1.0 / s$ 以下となるように、前記被加工材を冷却する冷却工程と、を含む、ことを特徴とする。

$$T_{VC}(\text{)} = -9500 / (\log([\%C] \cdot [\%V]) - 6.72) - 273 \cdot \cdot (1)$$

(ただし、前記式(1)において、[%C]、[%V]は、前記C、前記Vの各含有量(質量%)とする。)

【0015】

このように、本発明に係るフェライト-パーライト型非調質鍛造部品の製造方法は、Vを0.20~0.80質量%含有させることにより、本発明で目標とする降伏強度950MPa以上という高強度化の実現を確保することができる。

【0016】

そして、加熱処理工程において、被加工材全体を、 $T_{VC} + 50$ 以上、1350 以下に加熱することにより、Vを完全に固溶させ、高強度化の実現を確保することができる。

【0017】

そして、熱間鍛造工程において、高強度化させる部分については、1000 以上、加熱処理工程における加熱温度以下で熱間鍛造を行うことにより、析出強化に寄与しない粗大なVCの析出を抑制することができる。一方、低強度化させる部分については、 A_{C_3} 点以上、950 以下であるとともに、相当歪量0.2以上とする熱間鍛造を行うことにより、オーステナイト中に形成される粗大なVCを積極的に分散させることができる。

【0018】

そして、冷却工程において、高強度化させる部分については、0.5 /s以上、2.0 /s以下の平均冷却速度で冷却させることにより、オーステナイト中での粗大なVCの発生を抑制しつつ、フェライト-パーライトを低温で変態させることで相界面析出量の低下を防止し、高強度化を実現することができる。一方、低強度化させる部分については、1.0 /s以下の平均冷却速度で冷却することにより、積極的に粗大なVCを分散させることで、析出強化量を低下させ、低強度化を実現することができる。

その結果、高強度化させる部分(降伏強度:950MPa以上)と低強度化させる部分(降伏強度:800MPa以下)との降伏強度の差の最大値を150MPa以上とすることができる。

【0019】

また、本発明に係るフェライト-パーライト型非調質鍛造部品の製造方法は、C:0.20~0.80質量%、Si:0.50質量%以下、Mn:0.40~1.00質量%、P:0.050質量%以下、S:0.050質量%以下、V:0.20~0.80質量%、N:0.0100質量%以下を含有し、残部がFeおよび不可避不純物からなる鋼を用いて、前記鋼からなる被加工材の全体を、下記式(1)で算出される $T_{VC} + 50$ 以上、1350 以下となるように加熱する加熱処理工程と、前記加熱処理工程の後に、前記被加工材の高強度化させる部分を断熱材で覆うとともに、前記被加工材の低強度化させる部分に冷却材を吹き付け、前記高強度化させる部分について、1000 以上、前記加熱処理工程における加熱温度以下とし、かつ、前記被加工材の低強度化させる部分について、 A_{C_3} 点以上、950 以下として、1段または2段以上の熱間鍛造を行い、当該熱間鍛造により当該低強度化させる部分の相当歪量を0.2以上とする熱間鍛造工程と、前記熱間鍛造工程の後に、800 から600 までの平均冷却速度が、前記高強度化させる部分について、0.5 /s以上、2.0 /s以下となり、かつ、前記低強度化させる部分について、1.0 /s以下となるように、前記被加工材を冷却する冷却工程と、を含む、ことを特徴とする。

$$T_{VC}(\text{)} = -9500 / (\log([\%C] \cdot [\%V]) - 6.72) - 273 \cdot \cdot (1)$$

(ただし、前記式(1)において、[%C]、[%V]は、前記C、前記Vの各含有量(質量%)とする。)

【0020】

このように、本発明に係るフェライト-パーライト型非調質鍛造部品の製造方法は、熱

間鍛造工程において、被加工材の高強度化させる部分を断熱材で覆うことで、高強度化させる部分については冷却材が吹き付けられるのを防止し、比較的高温の状態での熱間鍛造することができるため、析出強化に寄与しない粗大なV Cのオーステナイト域での析出を抑制することができる。

また、熱間鍛造工程において、被加工材の低強度化させる部分に冷却材を吹き付けることで、低強度化させる部分については、比較的低温の状態での熱間鍛造することができるため、オーステナイト中に形成される粗大なV Cを積極的に分散させることができる。

【0021】

また、本発明に係るフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法は、円柱状を呈するとともに、一端側に前記高強度化させる部分が存在し、当該高強度化させる部分よりも他端側に前記低強度化させる部分が存在する前記被加工材を、軸部と当該軸部よりも大径に形成されたフランジ部とから構成される形状となるように鍛造するフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法であって、前記熱間鍛造工程において、前記被加工材の前記他端側の端部が、鍛造金型の略円柱凹状を呈する軸形成部の底部に当接するとともに、前記一端側に存在する前記高強度化させる部分が、前記軸形成部から突出するように前記被加工材を設置し、その後、前記底部の方向に前記被加工材を押圧することで、前記軸形成部と当該軸形成部の開口から径方向外側に延出するフランジ形成部とにより前記被加工材を前記形状に熱間鍛造することが好ましい。

10

【0022】

このように、本発明に係るフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法は、熱間鍛造工程（開始時）において、被加工材の一端側に存在する高強度化させる部分が、鍛造金型の軸形成部から突出するように設置されていることから、当該高強度化させる部分は、鍛造金型（軸形成部）に当接していない。ここで、加熱処理工程後の被加工材が鍛造金型に当接してしまうと、周辺雰囲気への自然放熱等による冷却と比較して、急激に冷却されることになるが、前記のとおり高強度化させる部分は鍛造金型に当接しないことから、当該部分の急速な冷却（1000 未満となってしまふような冷却）を回避することができる。その結果、高強度化させる部分について、V Cを微細に分散させることができないといった事態を回避し、高強度化を確保することができる。

20

【0023】

また、本発明に係るフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法は、前記熱間鍛造工程において、前記軸形成部の軸方向の長さが前記軸部の軸方向の長さよりも短くなるように設置されている前記軸方向に移動可能な前記底部を、前記軸形成部の軸方向の長さが前記軸部の軸方向の長さと同じになる位置まで移動させながら前記被加工材の熱間鍛造を行うことが好ましい。

30

【0024】

このように、本発明に係るフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法は、熱間鍛造工程において、鍛造金型の底部を軸方向に移動させながら熱間鍛造を行っていることから、被加工材が押圧されることによりフランジ部が形成される途中過程において、軸部とフランジ部との境界が鍛造金型に当接しない。したがって、当該境界の急速な冷却（1000 未満となってしまふような冷却）を回避することができる。その結果、当該境界について、V Cを微細に分散させることができないといった事態を回避し、高強度化を確保することができる。

40

【0025】

また、本発明に係るフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法は、円柱状を呈するとともに、一端側に前記高強度化させる部分が存在し、当該高強度化させる部分よりも他端側に前記低強度化させる部分が存在する前記被加工材を、軸部と当該軸部よりも大径に形成されたフランジ部とから構成される形状となるように鍛造するフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法であって、前記熱間鍛造工程において用いる鍛造金型は、略円柱凹状を呈する軸形成部を備えるとともに、前記軸形成部は、前記被加工材の外径よりも小さな内径の円柱凹状を呈する小径部と、当該小径部から開口側に設けられ当

50

該小径部より大きな内径の円柱孔状を呈する大径部と、を有し、前記熱間鍛造工程において、前記被加工材の前記他端側の端部が、前記鍛造金型の前記小径部と前記大径部との間に形成される段部に当接するとともに、前記一端側に存在する前記高強度化させる部分が、前記軸形成部から突出するように前記被加工材を設置し、その後、前記小径部の方向に前記被加工材を押圧することで、前記軸形成部と当該軸形成部の開口から径方向外側に延出するフランジ形成部とにより前記被加工材を前記形状に熱間鍛造することが好ましい。

【0026】

このように、本発明に係るフェライト・パーライト型非調質鍛造部品の製造方法は、熱間鍛造工程（開始時）において、被加工材の一端側に存在する高強度化させる部分が、鍛造金型の軸形成部から突出するように設置されていることから、当該高強度化させる部分は、鍛造金型に当接していない。したがって、高強度化させる部分の急速な冷却（1000未満となってしまふような冷却）を回避することができる。その結果、高強度化させる部分について、VCを微細に分散させることができないといった事態を回避し、高強度化を確保することができる。

10

【0027】

また、本発明に係るフェライト・パーライト型非調質鍛造部品の製造方法は、前記熱間鍛造工程において用いる鍛造金型の前記小径部の内径に対する前記被加工材の外径の比（前記被加工材の外径／前記小径部の内径）が1.20以下となることが好ましい。

【0028】

ここで、被加工材の外径が鍛造金型の小径部の内径と比べ大きすぎる場合、熱間鍛造工程時において、被加工材の他端側であって径方向内側の部分が優先的に鍛造金型の小径部に収まる一方、被加工材の他端側であって径方向外側の部分は鍛造金型の小径部に収まらず（小径部への材料流動が妨げられ）、当該径方向外側の部分は一端側に流動することとなる。したがって、軸部とフランジ部の境界は、一端側に流動した当該径方向外側の部分が主に形成することとなるが、当該径方向外側の部分は低強度化させる部分として加熱処理工程を施した部分である。その結果、当該境界が所望の強度を得られなくなるという可能性がある。

20

本発明に係るフェライト・パーライト型非調質鍛造部品の製造方法は、鍛造金型の小径部の内径に対する被加工材の外径の比を所定値以下に制限していることから、被加工材の他端側であって径方向外側の部分が一端側に流動することを防止し（または流動する量を極めて少なくし）、前記のような軸部とフランジ部の境界において所望の強度が得られないといった事態を回避することができる。

30

【0029】

また、本発明に係るフェライト・パーライト型非調質鍛造部品の製造方法は、前記冷却工程において、前記高強度化させる部分を局所冷却することが好ましい。

【0030】

このように、本発明に係るフェライト・パーライト型非調質鍛造部品の製造方法は、冷却工程において、高強度化させる部分を局所冷却することから、冷却速度を所定の冷却速度（0.5/s以上）に制御することができる。その結果、高強度化させる部分について、オーステナイト中での粗大なVCの発生を抑制しつつ、フェライト・パーライトを低温で変態させることで相界面析出を微細に分散させることができ、高強度化を実現することができる。

40

【0031】

また、本発明に係るフェライト・パーライト型非調質鍛造部品の製造方法は、円柱状を呈するとともに、一端側に前記高強度化させる部分が存在し、当該高強度化させる部分よりも他端側に前記低強度化させる部分が存在する前記被加工材を、軸部と当該軸部よりも大径に形成されたフランジ部とから構成される形状となるように鍛造するフェライト・パーライト型非調質鍛造部品の製造方法であって、前記冷却工程において、前記軸部と前記フランジ部との境界を局所冷却する、または、前記境界および前記軸部を局所冷却することが好ましい。

50

【 0 0 3 2 】

このように、本発明に係るフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法は、冷却工程において、軸部とフランジ部との境界を局所冷却することにより、厚肉なため（表面の面積に対し当該表面内部の被加工材体積が大きい）放熱し難いことにより冷却速度が小さくなってしまふ当該境界の冷却速度を所定の冷却速度（ 0.5 / s 以上）に制御することができる。

また、前記境界に加えて軸部も局所冷却することにより、当該境界の冷却速度が適切に大きくならない場合であっても、隣接する軸部が冷却されることで当該境界の冷却速度を所定の冷却速度（ 0.5 / s 以上）に制御することができる。

なお、冷却工程において、フランジ部の外周縁部分は局所冷却しないため、通常、薄肉であることにより自然放熱で十分冷却されるフランジ部の冷却速度が大きくなりすぎるのを防止する（ 2.0 / s 以下とする）ことができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 3 3 】

本発明に係るフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法によれば、一つの部品内に、十分な降伏強度が付与された部分（高強度化させる部分）と、切削加工性を向上させるために降伏強度が抑えられた部分（低強度化させる部分）とを非調質で形成させた鍛造部品の製造することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 4 】

【 図 1 】本発明の実施形態に係るフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法の工程を説明する模式図である。

【 図 2 】本発明の実施形態に係るフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法の工程における、高強度化させる部分と低強度化させる部分の熱履歴のグラフである。

【 図 3 】本発明の実施形態に係るフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法で製造する鍛造部品の模式図である。

【 図 4 】本発明の実施形態に係るフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法の熱間鍛造工程における詳細な熱間鍛造方法 1 を説明する模式図であって、（ a ）は、熱間鍛造工程の開始時を説明する模式図、（ b ）は、熱間鍛造工程の終了時を説明する模式図である。

【 図 5 】本発明の実施形態に係るフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法の熱間鍛造工程（開始時）における詳細な熱間鍛造方法 2 を説明する模式図である。

【 図 6 】比較例に係るフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法の熱間鍛造工程（開始時）における詳細な熱間鍛造方法を説明する模式図である。

【 図 7 】比較例に係るフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法の熱間鍛造工程（開始時）における詳細な熱間鍛造方法を説明する模式図である。

【 図 8 】本発明の実施形態に係るフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法の冷却工程における詳細な冷却方法を説明する模式図であって、（ a ）は、実施例に係る冷却方法を説明する模式図、（ b ）は、比較例に係る冷却方法を説明する模式図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 3 5 】

以下、本発明に係るフェライト - パーライト型非調質鍛造部品の製造方法（以下、適宜、単に鍛造部品の製造方法という）を実施するための形態について、適宜図面を参照しながら詳細に説明する。そして、以下の説明において、「上、下」を表現するときは、各図面に示す方向を基準としている。

なお、フェライト - パーライト型とは、フェライト - パーライトを主体（例えばフェライト及びパーライトの合計が面積率で 70% 以上、好ましくは 80% 以上、さらに好ましくは 90% 以上）とするものである。

【 0 0 3 6 】

[鋼]

10

20

30

40

50

本発明に係る鍛造部品の製造方法で用いる鋼は、C：0.20～0.80質量%、Si：0.50質量%以下、Mn：0.40～1.00質量%、P：0.050質量%以下、S：0.050質量%以下、V：0.20～0.80質量%、N：0.0100質量%以下を含有し、残部がFeおよび不可避不純物からなる。

以下に、本発明に係る鍛造部品の製造方法で用いる鋼の各組成を数値限定した理由について説明する。

【0037】

(C：0.20～0.80質量%)

Cを0.20質量%以上含有させると、Vと結び付きV炭化物を析出させ、析出強化量を高めることでフェライト-パーライトで鋼の降伏強度(ビッカース硬さ)の向上に寄与する。一方、Cの含有量が0.80質量%を超えると、フェライト変態やパーライト変態が抑制されるため、ベイナイトが形成されるようになり、相界面析出が起こらなくなることで降伏強度が低下する。

したがって、Cの含有量は、0.20～0.80質量%とする。

なお、好ましくはCの含有量は、0.30～0.60質量%、さらに好ましくは0.40～0.50質量%である。

【0038】

(Si：0.50質量%以下)

Siは、固溶強化で降伏強度(ビッカース硬さ)の向上に寄与するが、Siの含有量が0.50質量%を超えると、焼入れ性が高くなり、ベイナイトが形成され降伏強度低下の要因となる。

したがって、Siの含有量は、0.50質量%以下とする。なお、0質量%でもよい。

【0039】

(Mn：0.40～1.00質量%)

Mnは、固溶強化で降伏強度(ビッカース硬さ)の向上に寄与するが、Mnの含有量が1.00質量%を超えると、焼入れ性が高くなり、ベイナイトが形成され降伏強度低下の要因となる。また、Mnの含有量が0.40質量%未満であると、Mnの添加による降伏強度の向上の効果が得られない。

したがって、Mnの含有量は、0.40～1.00質量%とする。

【0040】

(P：0.050質量%以下)

Pは、鋼に不可避免的に含まれるが、Pの含有量が0.050質量%を超えると、鋼を脆化させてしまう。

したがって、Pの含有量は、0.050質量%以下とする。なお、0質量%でもよい。

【0041】

(S：0.050質量%以下)

Sは、鋼に不可避免的に含まれ、Mnと反応しMnSを形成して切削性改善に寄与するが、Sの含有量が0.050質量%を超えると、靱性を低下させてしまう。

したがって、S含有量は0.050質量%以下とする。なお、0質量%でもよい。

【0042】

(V：0.20～0.80質量%)

Vを0.20質量%以上含有させることにより、フェライトおよびパーライト中のラメラフェライト中にV炭化物もしくは炭窒化物として析出することでフェライトおよびパーライトを強化し、降伏強度(ビッカース硬さ)を向上させることができる。一方、Vの含有量が0.80質量%を超えると、熱間鍛造工程後の冷却工程において、フェライト変態やパーライト変態が抑制されてベイナイトが形成されるようになり、降伏強度が低下してしまう。

なお、従来からVの添加は行われていたものの、後記する本発明に係る冷却工程のような冷却制御を行わない場合は、フェライト-パーライト変態が抑制されてしまうことにより、ベイナイトが形成されたり、変態温度が低くなりすぎフェライト中のVCの相界面

10

20

30

40

50

析出が起こりにくくなったりしてしまう。よって、逆に降伏強度の低下を招いてしまっていた。

前記事項を考慮し、本発明に係る鍛造部品の製造方法で用いる鋼のVの含有量は、0.20～0.80質量%とする。

なお、好ましくはVの含有量は、0.35～0.80質量%、さらに好ましくは0.45～0.80質量%である。

【0043】

(N:0.0100質量%以下)

Nは、Vと結合しV炭窒化物を形成することで析出強化に寄与するが、Nの含有量が0.0100質量%を超えると、加熱時に溶解しなくなり、粗大なV窒化物が形成される。その結果、VN近傍にVの枯渇領域が形成され、その周囲の析出強化量が低下し、降伏強度を低下させてしまう。

したがって、Nの含有量は、0.0100質量%以下とする。なお、0質量%でもよい。

【0044】

(不可避不純物)

不可避不純物としては、例えば、Sn、Sb、O等が挙げられ、本発明の効果を妨げない範囲で含有することが許容される。

【0045】

[被加工材]

本発明に係る鍛造部品の製造方法で用いる被加工材は、前記組成の鋼から構成される。なお、当該被加工材に対し、後記する各工程の処理を施すことにより、十分な降伏強度が付与された部分(高強度化させる部分)と、切削加工性を向上させるために降伏強度が抑えられた部分(低強度化させる部分)とを形成させる。

【0046】

ここで、高強度化させる部分とは、降伏強度を950MPa以上とする部分のことであり、低強度化させる部分とは、降伏強度を800MPa以下とする部分のことである。したがって、本発明の製造方法で製造された鍛造部品は、一つの部品内の降伏強度の差の最大値が150MPa以上となる。

なお、本発明に係る鍛造部品の製造方法で用いる被加工材は、例えば、鑄造、鍛造加工、押出加工等によって準備すればよい。

【0047】

この高強度化させる部分Xと、低強度化させる部分Yは、図1(a)で示しているように、被加工材に1箇所ずつ存在していてもよいし、複数箇所ずつ存在していてもよい。また、どのような範囲(大きさ)で存在していてもよい。

なお、鍛造部品は、基本的に高強度化が要求されるものであるため、切削加工性を向上させる必要がある部分以外の全ての部分を、高強度化させる部分Xと判断してもよい。

【0048】

また、被加工材は、例えば、円柱状を呈するとともに、一端側に高強度化させる部分Xが存在し、当該高強度化させる部分Xよりも他端側に低強度化させる部分Yが存在するものであってもよい(図4(a)参照)。なお、この「一端側に高強度化させる部分Xが存在」するとは、一端側の端部から軸方向中央までの範囲において高強度化させる部分Xが一部にでも存在していればよく、また、一端側の端部から軸方向中央までの範囲を超えて高強度化させる部分Xが存在していてもよい。

【0049】

[鍛造部品の形状]

被加工材を本発明の製造方法で製造した鍛造部品の形状については、特に限定されないが、例えば、図3に示すように、軸部と当該軸部よりも大径に形成されたフランジ部とから構成される形状であってもよい。当該形状は、自動車部品等に用いられる形状であり、フランジ部は薄肉化、軽量化が求められる部位であり、高強度化させる部分Xに該当し、

10

20

30

40

50

軸部は外表面にスプライン加工や内面穴加工等、熱間鍛造後の機械加工領域が大きい部位であり、低強度化させる部分 Y に該当する。また、フランジ部と軸部との境界の表面部分 Z に応力が集中するため、当該境界も高強度化させる部分 X に該当する。

なお、フランジ部は、図 3 に示すように、通常、薄肉に形成されるものであり、「薄肉」とは、フランジ部の厚さ / 軸部の最小外半径 < 0.5 となる状態である。

【0050】

次に、図 1、図 2、図 4、図 5 を参照しつつ、本発明に係る鍛造部品の製造方法の工程について説明する。なお、本発明に係る鍛造部品の製造方法は、加熱処理工程、熱間鍛造工程、冷却工程を含む構成となっている。

【0051】

[加熱処理工程]

加熱処理工程は、前記鋼からなる被加工材を、下記式 (1) で算出される $T_{VC} + 50$ 以上、 1350 以下となるように加熱する工程である。

ここで、 T_{VC} は、 $T_{VC} () = -9500 / (\log ([\% C] \cdot [\% V]) - 6.72) - 273 \cdots (1)$ で表される。ただし、前記式 (1) において、 $[\% C]$ 、 $[\% V]$ は、前記 C、前記 V の各含有量 (質量%) とする。

なお、加熱処理工程は、図 1 の (a) と (b-1) の間で表わされる。

【0052】

(加熱処理工程の温度範囲)

加熱処理工程において、被加工材を、 $T_{VC} + 50$ 以上、 1350 以下となるように加熱する。これは、VC が完全に固溶する温度 T_{VC} から、さらに 50 上げた温度 ($T_{VC} + 50$) 以上に加熱することで、鋼の VC を完全に固溶させるためである。

ここで、 T_{VC} は VC の溶解度積 (日本鉄鋼協会、鉄鋼便覧第 3 版、第 1 巻基礎、1981 年、p. 412) から式変形して導出した温度であり、当該温度以上に加熱することで鋼の VC は完全に固溶する。なお、実際には、当該温度に加熱しても加熱時間が短いと VC が完全には固溶しない場合があるので、加熱時間によらず完全に VC を固溶できる温度として、 $T_{VC} + 50$ 以上という温度を規定した。

なお、加熱処理工程での温度とは、加熱処理工程での被加工材の最高到達温度とする。

【0053】

(加熱処理工程の具体的な手順)

加熱処理工程において、被加工材を $T_{VC} + 50$ 以上、 1350 以下に加熱するが、加熱する手段については、特に限定されず、被加工材全体を、均一に加熱できるものであればよい。

【0054】

(加熱処理工程における熱履歴)

加熱処理工程における熱履歴は、図 2 の時間 t_0 - t_2 に示すとおりである。

時間 t_0 - t_1 において、被加工材の温度を T_0 - T_1 まで上昇させるが、この間の加熱速度については、加熱手段の性能によるものであり、特に限定されない。しかし、図 2 に示すとおり、略均一の加熱速度で加熱するのが好ましい。なお、 T_1 は、 $T_{VC} + 50$ 以上、 1350 以下である。

時間 t_1 - t_2 の加熱保持時間については、特に限定されないが、製造時の安定性、生産性の観点から、60 秒以上、1 時間以下が好ましい。

【0055】

[熱間鍛造工程]

熱間鍛造工程は、加熱処理工程の後に行う工程であり、被加工材の高強度化させる部分 X については、 1000 以上、加熱処理工程における加熱温度以下とし、かつ、被加工材の低強度化させる部分 Y については、 A_{C_3} 点以上、 950 以下として、熱間鍛造を行い、当該熱間鍛造により低強度化させる部分 Y の相当歪量を 0.2 以上とする工程である。

なお、熱間鍛造工程は、図 1 の (b-1) および (b-1) と (c-1) の間の工程で

10

20

30

40

50

ある。

【0056】

(高強度化させる部分の温度範囲)

高強度化させる部分Xについては、1000 以上、加熱処理工程における加熱温度以下として、熱間鍛造を行う。

これは、1000 未満になると、熱間鍛造温度が低下し組織は微細化されるが、VCがオーステナイト中に析出することで、フェライト変態時にフェライト中に微細に相界面析出できる析出量が低下してしまうため、高強度化を確保できなくなるからである。

熱間鍛造を行う直前に、高強度化させる部分Xの温度が、1000 以上、加熱処理工程における加熱温度以下となっていれば、熱間鍛造中の温度は特に限定されない。しかし、熱間鍛造を行う処理の間、高強度化させる部分Xの温度が1000 以上、前記加熱処理工程における加熱温度以下となっていることが好ましい。

10

【0057】

(低強度化させる部分の温度範囲、および相当歪)

低強度化させる部分Yについては、 A_{c3} 点以上、950 以下として、熱間鍛造を行い、当該熱間鍛造により当該低強度化させる部分Yの相当歪量を0.2以上とする。

これは、 A_{c3} 点未満だと、鍛造前にフェライトが形成された状態となり、この状態で鍛造を行うと、フェライト中に歪が導入され強度が向上してしまい、低強度化を確保できなくなるためである。

20

【0058】

また、950 を超えると、オーステナイト中に形成される粗大なVCの形成を抑制してしまい、高強度化されてしまうからである。

さらに、相当歪量0.2以上と規定したのは、低強度化させる部分Yについて、オーステナイト域でVCを粗大に分散させる必要があり、そのためには、VCの核生成サイトとなる転位をオーステナイト中に残存させなければならないからである。なお、相当歪量は生産性の観点より、7以下であることが好ましい。

熱間鍛造を行う直前に、高強度化させる部分Xの温度が、 A_{c3} 点以上、950 以下となっていれば、熱間鍛造中の温度は特に限定されない。しかし、熱間鍛造を行う処理の間、高強度化させる部分Xの温度が A_{c3} 点以上、950 以下となっていることが好ましい。

30

【0059】

ここで、 A_{c3} 点とは、加熱処理工程のような昇温する場合において、オーステナイト相とフェライト相からなる2相領域から高温で安定なオーステナイト単相領域へ変態する温度である。 A_{c3} 点は事前の実験により測定するか、文献(レスリー 鉄鋼材料学、幸田成康訳、丸善株式会社(1985)、p.273)記載の A_{c3} 点の測定式を用いて算出することができる。

また、相当歪とは、Von Misesの降伏応力に対応する相当歪で、下式(2)で計算される歪をいう。なお、下式(1)において、相当歪を()、長さ方向の真歪を(ϵ_1)、幅方向の真歪を(ϵ_2)、厚さ方向の真歪を(ϵ_3)で示す。

40

【0060】

【数1】

$$\epsilon = \sqrt{\frac{2}{3} (\epsilon_1^2 + \epsilon_2^2 + \epsilon_3^2)} \dots (2)$$

【0061】

(熱間鍛造工程の具体的な手順)

次に、熱間鍛造工程の具体的な手順を説明する。

まず、被加工材の高強度化させる部分Xを断熱材で覆うとともに、被加工材の低強度化

50

させる部分 Y に冷却材を吹き付ける。この断熱材については、特に限定されず、ガラスウール等を使用すればよい。また、冷却材についても、特に限定されず、空気、N₂ ガス、アルゴンガス、ミスト等を使用すればよい。

【0062】

その後、被加工材に対し、熱間鍛造を行う。ここで、熱間鍛造の装置、熱間鍛造の方法等については、特に限定されず、従来装置を用いて従来方法により行えばよい。また、熱間鍛造の回数についても、特に限定されず、1 段または 2 段以上であればよい。

【0063】

なお、熱間鍛造工程の具体的な手段については、前記手段に限定されず、高強度化させる部分 X と低強度化させる部分 Y との温度差が生じるような処理を行った後、熱間鍛造を行う方法であればよい。

10

【0064】

(熱間鍛造工程における熱履歴)

熱間鍛造工程の熱履歴は、図 2 の時間 t₂ t₄ に示すとおりである。

時間 t₂ t₃ については、被加工材の高強度化させる部分 X の温度を T₁ T₂ まで下降させ、被加工材の低強度化させる部分 Y の温度を T₁ T₃ まで下降させるが、この間の平均冷却速度については、冷却手段の性能(冷却材の種類)によるものであり、特に限定されない。しかし、図 2 に示すとおり、略均一の冷却速度で冷却するのが好ましい。そして、時間 t₃ t₄ の鍛造時間については、高強度化させる部分 X と低強度化させる部分 Y との温度差を確保したまま被加工材を鍛造させる必要があるため、短いほうが好ましい。

20

なお、T₂ は、1000 以上、前記加熱処理工程における加熱温度以下であり、T₃ は、A_{c3} 点以上、950 以下である。

【0065】

(熱間鍛造工程における詳細な熱間鍛造方法 1)

熱間鍛造工程における熱間鍛造方法の一態様(熱間鍛造方法 1)を、図 4 を用いて詳細に説明する。

熱間鍛造方法 1 に使用する鍛造金型 10 は、略円柱凹状を呈する軸形成部 13 と、当該軸形成部 13 の開口から径方向外側に延出するフランジ形成部 14 と、を備える。そして、軸形成部 13 は、被加工材 1 の他端の端部を保持する底部 11 と、当該底部 11 から上方に延在する円柱孔部 12 と、から構成される。

30

また、熱間鍛造方法 1 に使用する被加工材 1 は、円柱状を呈するとともに、一端側に高強度化させる部分 X が存在し、当該高強度化させる部分 X よりも他端側に低強度化させる部分 Y が存在するものである。

なお、図 4 には、各部材の寸法を記載しているが、当該寸法に限定されるものではない。

【0066】

まず、熱間鍛造工程を開始するに際し、被加工材 1 の低強度化させる部分 Y が存在する他端の端部を、鍛造金型 10 の底部 11 に当接させる(図 4(a))。なお、この状態において、被加工材 1 の一端側の大部分が軸形成部 13 の開口から突出するように設置されており、被加工材 1 の高強度化させる部分 X は一端側に存在することから、当該部分は鍛造金型 10 に当接しない。

40

これにより、熱間鍛造工程の開始時(被加工材 1 を鍛造金型 10 に設置する時点)において、被加工材 1 の高強度化させる部分 X は鍛造金型 10 に当接せず、当該部分の急速な冷却(1000 未満となってしまうような冷却)を回避することができる。

【0067】

その後、鍛造金型 10 の底部 11 を下方に移動させながら、被加工材 1 に対し、上方から下方に向けて押圧することにより熱間鍛造を行う。

詳細には、鍛造金型 10 の底部 11 は、押圧開始時において、軸形成部 13 の軸方向の長さ L₁(開口から底部 11 までの長さ L₁)が、熱間鍛造工程後の被加工材 1(鍛造部

50

品)の軸部の軸方向の長さL2よりも短くなるように設置されている(図4(a)の状態)。

そして、押圧部材(図示せず)により押圧が開始されると同時に、鍛造金型1の底部11は下方に移動する。この際、鍛造金型10の底部11は、被加工材1の一端を押圧する圧力よりも弱い圧力により下方から上方に向けて押圧され、被加工材1の一端を押圧する押圧部材(図示せず)の下方への移動速度よりも遅い移動速度で下方に移動する。

最終的に、軸形成部13の軸方向の長さL1が、熱間鍛造工程後の被加工材1(鍛造部品)の軸部の軸方向の長さL2と同じ長さになるまで、鍛造金型10の底部11を下方に移動させながら、押圧部材(図示せず)で被加工材1を下方に押圧することで、被加工材1を所望の形状とする(図4(b)の状態)。

これにより、被加工材1を押圧する過程において、軸部とフランジ部との境界は鍛造金型10に当接せず、当該境界の急速な冷却(1000未満となってしまうような冷却)を回避することができる。

【0068】

なお、鍛造金型10の底部11は、移動可能なものではなく、軸方向に固定されているものであってもよい。この場合、軸形成部13の軸方向の長さは、熱間鍛造工程後の被加工材1(鍛造部品)の軸部の軸方向の長さL2と同じ長さとなるように固定されているとともに、軸形成部13の底部11は、中央部(径方向中心部)が縁部(径方向外側部)よりも上方に略円柱状に突出している(図4(a)参照)。

そして、この場合、熱間鍛造工程の開始時(被加工材1を鍛造金型10に設置する時点)において被加工材1の高強度化させる部分Xが鍛造金型10の軸形成部13から突出するように被加工材1を設置する。押圧部材(図示せず)により押圧が開始されると、被加工材1の径方向外側の部分が底部11の縁部分に流動することで、一端側に存在する高強度化させる部分X(径方向外側の部分)も下方に流動する。その結果、熱間鍛造工程の開始時において軸形成部13から突出していた高強度化させる部分X(径方向外側の部分)が、熱間鍛造工程の終了時には、鍛造金型10の軸形成部13とフランジ形成部14との境界に位置することとなる。つまり、熱間鍛造工程後の鍛造部品の軸部とフランジ部との境界は、高強度化させる部分Xにより形成することができる。

【0069】

(熱間鍛造工程における詳細な熱間鍛造方法2)

熱間鍛造工程における熱間鍛造方法の別の態様(熱間鍛造方法2)を、図5を用いて詳細に説明する。

熱間鍛造方法2に使用する鍛造金型20は、略円柱凹状を呈する軸形成部25と、当該軸形成部25の開口から径方向外側に延出するフランジ形成部26とを備える。そして、軸形成部25は、被加工材1の他端の端部を保持する底部21と、当該底部21から上方に延在する小径部22と、当該小径部22から上方に延在する大径部23と、小径部22と大径部23との間に形成される段部24と、から構成される。なお、小径部22は、被加工材1の外径よりも小さな内径(詳細には、被加工材1の外径>小径部22の内径)の円柱凹状を呈する。そして、大径部23は、小径部22の内径よりも大きな内径(詳細には、小径部22の内径<大径部23の内径)であるとともに、被加工材1の外径よりも大きな内径(詳細には、被加工材1の外径<大径部23の内径)の円柱孔状を呈する。

なお、熱間鍛造方法2に使用する被加工材1は、熱間鍛造方法1に使用する被加工材1と同じものである。

なお、図5には、各部材の寸法を記載しているが、当該寸法に限定されるものではない。

【0070】

まず、熱間鍛造工程を開始するに際し、被加工材1の低強度化させる部分Yが存在する他端の端部を、鍛造金型20の小径部22と大径部との間に形成される段部24に当接させる(図5)。なお、この状態において、被加工材1の一端側の大部分が軸形成部25の開口から突出するように設置されており、被加工材1の高強度化させる部分Xは一端側に

10

20

30

40

50

存在することから、当該部分は鍛造金型 20 に当接しない。

これにより、熱間鍛造工程の開始時（被加工材 1 を鍛造金型 20 に設置する時点）において、被加工材 1 の高強度化させる部分 X は鍛造金型 20 に当接せず、当該部分の急速な冷却（1000 未満となってしまふような冷却）を回避することができる。

【0071】

その後、被加工材 1 に対し、上方から下方に向けて押圧することにより熱間鍛造を行う。押圧することにより、被加工材 1 の他端側の部分が軸形成部 25 の大径部 23 から段部 24 を介して小径部 22 に流動し、被加工材 1 の一端側の部分が押圧部材（図示せず）とフランジ形成部 26 とに挟まれることで、被加工材 1 を所望の形状となる。

【0072】

なお、ここでは、鍛造金型 20 の小径部 21 の内径に対する被加工材 1 の外径の比（被加工材 1 の外径 / 小径部 22 の内径）が 1.20 以下となっている（図 5 参照）。このように構成することにより、被加工材 1 の他端側に存在する低強度化させる部分 Y が軸形成部 25 の小径部 21 に適切に流動する（収まる）ことから、被加工材 1 の径方向外側の部分が、上方に流動（被加工材 1 に対して相対的に一端側に流動）してしまふことを回避することができる。その結果、被加工材 1 の他端側に存在する低強度化させる部分 Y が上方に流動することによりフランジ部およびフランジ部と軸部との境界を形成するといった事態を回避することができるため、フランジ部および当該境界を高強度化させる部分 X で形成されることとなる。

一方、鍛造金型 40 の小径部 42 の内径に対する被加工材 1 の外径の比（被加工材 1 の外径 / 小径部 42 の内径）が 1.20 を超える場合（図 7 参照）は、熱間鍛造工程において下方に押圧されても、被加工材 1 の外径が小径部 42 の内径と比較して大きすぎるため、被加工材 1 の径方向外側の部分が鍛造金型の小径部 42 に流動せず（収まらず）、段部 44 でつかえてしまひ、上方に流動（被加工材 1 に対して相対的に一端側に流動）してしまふこととなる。その結果、被加工材 1 の他端側に存在する低強度化させる部分 Y が、フランジ部と軸部との境界を形成することとなる。つまり、応力が集中するため強度を高めたい部分である当該境界を、被加工材 1 の低強度化させる部分 Y で形成することになってしまう。

【0073】

[冷却工程]

冷却工程は、熱間鍛造工程の後に行う工程であり、800 から 600 までの平均冷却速度が、高強度化させる部分 X について、0.5 / s 以上、2.0 / s 以下となり、かつ、低強度化させる部分 Y について、1.0 / s 以下となるように、被加工材を冷却する工程である。

なお、冷却工程は、図 1 の (c - 1) (d) で表わされる。

【0074】

(高強度化させる部分の冷却速度)

高強度化させる部分 X については、800 から 600 までの平均冷却速度が、0.5 / s 以上、2.0 / s 以下となるように冷却する。

これは、高強度化させる部分 X に対し 0.5 / s 未満の緩冷却を施すと、オーステナイト域で析出強化に寄与しない粗大な VC を析出させ、V を消費してしまふことにより、析出強化量の低下を招き、高強度化させる部分 X の降伏強度の目標を達成することが不可能となるからである。また、高強度化させる部分 X に対し 2.0 / s を超える急冷却を施すと、V の含有により特にパーライト変態が遅延されていることから、ベイナイトやマルテンサイトが形成されてしまふからである。

【0075】

(低強度化させる部分の冷却速度)

低強度化させる部分 Y については、800 から 600 までの平均冷却速度が、1.0 / s 以下となるように冷却する。

これは、熱間鍛造工程においてオーステナイト中に転位が残存するように制御している

10

20

30

40

50

が、オーステナイト域で十分な量のVC析出を形成させるにはオーステナイト域での滞在時間を十分に取る必要があるため、冷却速度を低め（ $1.0 / s$ 以下）に制御する必要があるからである。なお、生産性の低下を防止するため、 $0.01 / s$ 以上であることが好ましい。

【0076】

（冷却工程の具体的な手順）

冷却方法については、特に限定されないが、所定の速度範囲内で冷却する必要があるため、単位時間あたりに同量の冷却材を吹き付ける方法が好ましい。また、冷却材については、冷却効果を有する圧縮ガス（空気、 N_2 ガス、アルゴンガス、ミスト等）が好ましい。

10

なお、本発明が規定する高強度化させる部分Xの平均冷却速度の範囲と、低強度化させる部分Yの平均冷却速度の範囲との重なる範囲（ $0.5 / s \sim 1.0 / s$ ）となるように冷却する場合であれば、被加工材全体を同じ方法で冷却すればよい（図1の（c-1））。

【0077】

（冷却工程における熱履歴）

冷却工程の熱履歴は、図2の時間 t_4 以降に示すとおりである。

時間 t_4 以降の冷却速度については、本発明では平均値で規定しているが、図2に示しているように、略一定速度で冷却されることが好ましい。

20

【0078】

（冷却工程における詳細な冷却方法）

冷却工程における冷却方法の一態様を、図8を用いて詳細に説明する。

当該冷却方法に使用する熱間鍛造工程後の被加工材1（鍛造部品）は、軸部と当該軸部よりも大径に形成されたフランジ部とから構成される形状のものである。

なお、図8には、鍛造部品の寸法を記載しているが、当該寸法に限定されるものではない。

【0079】

軸部とフランジ部との境界Zに対し、空気等の圧縮ガスを吹き付け、局所的に冷却（局所冷却）を行う（図8（a））。これにより、厚肉なため放熱し難いことにより冷却速度が小さくなってしまふ当該境界Zの冷却速度を所定の冷却速度（ $0.5 / s$ 以上）に制御することができる。ここで、局所冷却とは、対象箇所に対して直接、前記した冷却材を吹き付ける冷却方法である。

30

なお、軸部は高強度化させる部分ではないが、所定速度範囲（ $1.0 / s$ 以下）であれば冷却速度を大きくしても高強度化してしまふことはないため、軸部とフランジ部との境界Zに対してだけでなく、さらに、軸部に対しても、空気等の圧縮ガスを吹き付け、局所的に冷却を行ってもよい。隣接する軸部が冷却されることにより、軸部とフランジ部との境界Zの冷却速度が適切に大きくならない場合であっても、当該境界Zの冷却速度を所定の冷却速度（ $0.5 / s$ 以上）に制御することができる。

【0080】

そして、フランジ部の外周縁部分Eに対し局所冷却は行わない。フランジ部は、通常、薄肉であることにより自然放熱で十分冷却可能であり、当該部分の冷却速度が大きくなりすぎるのを防止する（ $2.0 / s$ 以下とする）ことができる。

40

【0081】

なお、本発明に係る鍛造部品の製造方法は、加熱処理工程、熱間鍛造工程、冷却工程以外の工程、例えば、加熱処理工程の前に被加工材を所定形状に整える工程や、冷却工程の後に被加工材を放冷する工程等、を含む構成となってもよい。

【0082】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は前記実施形態に限定されず、特許請求の範囲に記載した本発明の要旨を逸脱しない範囲で適宜設計変更可能である。

【実施例1】

50

【 0 0 8 3 】

次に、本発明に係る鍛造部品の製造方法について、本発明の効果を確認した実施例（供試材 No . 2、3）を、本発明の要件を満たさない比較例（供試材 No . 1、4 ~ 11）と対比して具体的に説明する。

【 0 0 8 4 】

[供試材の作製]

表 1 に示す化学成分組成からなる円柱状（ 4 0 m m × 6 0 m m ）を呈する鋼を、表 2 に示す加熱温度および加熱時間で均一に加熱した後、図 1 の（ b - 1 ）に示すように、高強度化させる部分 X を断熱材で覆いつつ、低強度化させる部分 Y を冷却材で冷却した。なお、一部の供試材については、図 1 の（ b - 2 ）に示すように、供試材全体を均一に冷却した。

10

その後、供試材が 2 8 . 1 m m の円柱状を呈するように熱間押出（熱間鍛造）を行った。

熱間押出（熱間鍛造）後、供試材を 2 0 0 まで冷却し、その後、放冷した。なお、冷却方法は、図 1 の（ c - 1 ）に示すように、圧縮ガスを吹き付けることで冷却する方法、図 1 の（ c - 2 ）に示すように、水を吹き付けることで冷却する方法、図 1 の（ c - 3 ）に示すように、ガラスウールで構成された断熱材で覆うことで徐冷する方法、のいずれかであった。

各条件の詳細な設定温度、時間等は表 2 に示した。

なお、図 1 の（ c - 1 ）、（ c - 2 ）に示す方法は、特定部分を局所的に冷却しているのではなく、供試材全体に冷却材を吹き付け、全体を均一に冷却する方法である。

20

【 0 0 8 5 】

[測定方法]

円柱状（ 3 m m × 7 m m ）を呈する丸棒試験片を、供試材の高強度化させる部分 X と、低強度化させる部分 Y からそれぞれ切り出し、当該丸棒試験片の降伏強度を J I S Z 2 2 4 1 に記載のオフセット法により測定した。

なお、丸棒試験片の長手方向が供試材の径方向となるように、供試材から丸棒試験片を切り出した。

【 0 0 8 6 】

相当歪量については、熱間鍛造工程後の低強度化させる部分 Y の鍛造前の直径 D 0 と鍛造後の直径 D を測定し、これらの値から $= \ln (D 0 ^ 2 / D ^ 2)$ により求めた。

30

【 0 0 8 7 】

[評価方法]

評価方法については、高強度化させる部分 X （表 2 では、高強度部と記載）の降伏強度が 9 5 0 M P a 以上であり、かつ、低強度化させる部分 Y （表 2 では、低強度部と記載）の降伏強度が 8 0 0 M P a 以下の場合を効果ありと評価し、それ以外の場合を効果なしと評価した。

なお、表 2 の均一加熱温度とは、図 2 の T 1 であり、表 2 の均一加熱時間とは図 2 の t 1 t 2 であり、表 2 の高強度部熱間鍛造温度とは、図 2 の T 2 であり、表 2 の低強度部熱間鍛造温度とは、図 2 の T 3 である。

40

【 0 0 8 8 】

【 表 1 】

鋼種	化学成分組成(質量%)							Tvc(°C)	Ac3点(°C)
	C	Si	Mn	P	S	V	N		
A	0.45	0.25	0.85	0.005	0.008	0.10	0.004	905	773
B	0.45	0.25	0.85	0.005	0.008	0.30	0.004	979	794
C	0.45	0.25	0.85	0.005	0.008	0.50	0.004	1016	815
D	0.45	0.25	0.85	0.005	0.008	1.00	0.004	1071	867

【 0 0 8 9 】

【表 2】

供試材No.	鋼種	加熱処理工程		熱間鍛造工程			冷却工程			特性		
		均一加熱温度(°C)	均一加熱時間(s)	冷却方法	高強度部熱間鍛造温度(°C)	低強度部熱間鍛造温度(°C)	低強度部歪量	熱間鍛造後の冷却方法	高強度部冷却速度(°C/s)	低強度部冷却速度(°C/s)	高強度部YS(MPa)	低強度部YS(MPa)
1	A	1200	600	(b-1)	1150	900	0.69	(c-1)	1.2	0.5	700	704
2	B	1200	600	(b-1)	1150	900	0.69	(c-1)	1.2	0.5	967	731
3	C	1200	600	(b-1)	1150	900	0.69	(c-1)	1.2	0.5	1030	759
4	D	1200	600	(b-1)	1150	900	0.69	(c-1)	1.2	0.5	841	731
5	C	1050	600	(b-1)	1020	900	0.69	(c-1)	1.2	0.5	921	641
6	C	1200	600	(b-2)	900	900	0.69	(c-1)	0.4	0.4	715	723
7	C	1200	600	(b-1)	1150	1050	0.69	(c-1)	1.2	0.6	1043	874
8	C	1200	600	(b-1)	1150	750	0.69	(c-1)	1.2	0.4	1029	841
9	C	1200	600	(b-1)	1150	900	0.1	(c-1)	1.3	0.6	1035	878
10	C	1200	600	(b-1)	1150	900	0.69	(c-2)	5.0	3.5	912	833
11	C	1200	600	(b-1)	1150	900	0.69	(c-3)	0.1	0.06	881	625

10

20

30

40

50

【0090】

(V含有量による評価)

表1に示すように、鋼種AのV含有量(0.10質量%)は、本発明が規定するV含有量の下限値(0.20質量%)よりも少なかった。よって、鋼種Aからなる供試材No.1は、高強度化させる部分の降伏強度が、700MPaとなり、950MPaを下回る結果となった。

また、表1に示すように、鋼種DのV含有量(1.00質量%)は、本発明が規定するV含有量の上限値(0.80質量%)よりも多かった。よって、鋼種Dからなる供試材No.4は、高強度化させる部分の降伏強度が、841MPaとなり、950MPaを下回る結果となった。

10

【0091】

(加熱処理工程による評価)

供試材No.5は、加熱処理工程において、均一加熱温度を1050とし、 $T_{vc} + 50$ (1066)よりも低かった。よって、高強度化させる部分の降伏強度が、921MPaとなり、950MPaを下回る結果となった。

【0092】

(熱間鍛造工程による評価)

供試材No.6は、熱間鍛造工程において、高強度化させる部分Xの熱間鍛造温度を900とし、1000よりも低かった。よって、高強度化させる部分Xの降伏強度が、715MPaとなり、950MPaを下回る結果となった。

20

供試材No.7は、熱間鍛造工程において、低強度化させる部分Yの熱間鍛造温度を1050とし、950よりも高かった。よって、低強度化させる部分Yの降伏強度が、874MPaとなり、800MPaを上回る結果となった。

供試材No.8は、熱間鍛造工程において、低強度化させる部分Yの熱間鍛造温度を750とし、 A_{c3} 点(815)よりも低かった。よって、低強度化させる部分Yの降伏強度が、841MPaとなり、800MPaを上回る結果となった。

供試材No.9は、熱間鍛造工程において、低強度化させる部分Yの相当歪量を0.1とし、0.2よりも低かった。よって、低強度化させる部分Yの降伏強度が、878MPaとなり、800MPaを上回る結果となった。

30

【0093】

(冷却工程による評価)

供試材No.10は、冷却工程において、高強度化させる部分Xの冷却速度を5.0/sとし、本発明が規定する冷却速度の上限値(2.0/s)よりも速かった。加えて、低強度化させる部分Yの冷却速度を3.5/sとし、本発明が規定する冷却速度の上限値(1.0/s)よりも速かった。よって、高強度化させる部分Xの降伏強度が、912MPaとなり、950MPaを下回り、低強度化させる部分Yの降伏強度が、833となり、800MPaを上回る結果となった。

供試材No.11は、冷却工程において、高強度化させる部分Xの冷却速度を0.1/sとし、本発明が規定する冷却速度の下限値(0.5/s)よりも遅かった。よって、高強度化させる部分Xの降伏強度が、881MPaとなり、950MPaを下回る結果となった。

40

【0094】

以上の結果より、本発明に係る鍛造部品の製造方法によると、一つの部品内に、950MPa以上という十分な降伏強度が付与された部分(高強度化させる部分)と、800MPa以下に降伏強度が抑えられた切削加工性が向上された部分(低強度化させる部分)とを非調質で形成させることができることがわかった。

【実施例2】

【0095】

次に、本発明に係る鍛造部品の製造方法について、熱間鍛造工程における熱間鍛造方法および冷却工程における冷却方法に基づき、適切な熱間鍛造方法・冷却方法を適用した実

50

施例（供試材 No. 12、13）を、適切でない熱間鍛造方法・冷却方法を適用した比較例（供試材 No. 14、15、16）と対比して具体的に説明する。

【0096】

[供試材の作製]

供試材の作製について、実施例 1 と異なる部分のみ以下に説明する。

熱間鍛造工程における熱間鍛造方法については、次の 4 つの方法を用いた。

A：図 4 に示す鍛造金型 10 を用いて行う熱間鍛造方法であり、熱間鍛造開始時（図 4（a））から熱間鍛造終了時（図 4（b））にわたり、一定の速度で、鍛造金型 10 の底部 11 を下方に移動させながら、熱間鍛造を行う方法である。

B：図 5 に示す鍛造金型 20 を用いて行う熱間鍛造方法である。

C：図 6 に示す鍛造金型 30 を用いて行う熱間鍛造方法である。

D：図 7 に示す鍛造金型 40 を用いて行う熱間鍛造方法である。

なお、A～Dのいずれの方法においても、上方から押圧部材（図示せず）により、3000kN プレスで押圧することにより、熱間鍛造を行った。また、図 4～図 7 の数値の単位は mm である。

【0097】

冷却工程における冷却方法（冷却条件）については、実施例 1 の方法の他に、次の 3 つの方法を用いた。

A：図 8（a）に示すように、軸部とフランジ部との境界 Z に対し、ノズルから空気を吹き付け（合計流量 280L/min）、局所冷却を行う方法である。

B：図 8（a）に示すように、軸部とフランジ部との境界 Z に対し、ノズルから空気を吹き付けるとともに、軸部に対しても空気を吹き付け（合計流量 280L/min）、局所冷却を行う方法である。

なお、図 8 の数値の単位は mm である。

【0098】

[測定方法]

試験片を、供試材の高強度化させる部分（フランジ部）と、供試材の高強度化させる部分（境界）と、低強度化させる部分からそれぞれ切り出し、当該試験片のビッカース硬さ（HV）を JIS Z 2244 に記載の方法により測定した。

【0099】

相当歪量については、図 4 における熱間鍛造工程後の低強度化させる部分 Y の鍛造後の直径 D と鍛造後に形成される凹部径 d（隅 R を除く平行部分の径）より $= \ln(D^2 / (D^2 - d^2))$ により求めた。なお、ここで、鍛造前素材の直径 D0 が鍛造後の直径 D とほぼ同じになるようにしている。実施例においては、D0 = 40、凹部径 d = 20.0 mm であり、相当歪量は約 0.287 となる。また、図 5 および比較例図 7 における低強度化させる部分 Y の相当歪量については、鍛造前の直径 D0 と鍛造後の直径 D を測定し、これらの値から $= \ln(D0^2 / D^2)$ により求めた。

【0100】

[評価方法]

評価方法については、高強度化させる部分のフランジ部（表 3 では、高強度部（フランジ部）と記載）のビッカース硬さ（HV）が 400 以上であり、高強度化させる部分の境界部分（表 3 では、高強度部（境界）と記載）のビッカース硬さ（HV）が 400 以上であり、かつ、低強度化させる部分（表 3 では、低強度部と記載）のビッカース硬さ（HV）が 300 以下の場合を、適切な熱間鍛造方法・冷却方法であると評価し、それ以外の場合を適切な熱間鍛造方法・冷却方法ではないと評価した。

なお、表 3 の各用語は、前記した表 2 の各用語と同じ意味である。

【0101】

10

20

30

40

【 表 3 】

供試材No.	鋼種	加熱処理工程			熱間鍛造工程				冷却工程				特性		
		均一加熱温度(°C)	均一加熱時間(s)	冷却方法	高強度部熱間鍛造温度(°C)	低強度部熱間鍛造温度(°C)	低強度部歪量	熱間鍛造方法	冷却方法(冷却条件)	高強度部(フランジ部)冷却速度(°C/秒)	高強度部(境界)冷却速度(°C/秒)	高強度部冷却速度(°C/秒)	高強度部(フランジ部)硬度(HV)	高強度部(境界)硬度(HV)	低強度部硬度(HV)
12	C	1200	600	(b-1)	1150	900	0.29	A	A	1.8	1.8	0.5	428	412	268
13	C	1200	600	(b-1)	1150	900	0.22	B	A	1.8	1.8	0.5	422	409	264
14	C	1200	600	(b-1)	1150	900	0	C	A	1.8	1.8	0.5	425	284	373
15	C	1200	600	(b-1)	1150	900	0.588	D	A	1.8	1.8	0.5	421	288	273
16	C	1200	600	(b-1)	1150	900	0.29	A	B	1.8	1.5	3.0	426	401	370

10

20

30

40

【 0 1 0 2 】

(熱間鍛造工程の熱間鍛造方法による評価)

50

供試材 No. 14 は、熱間鍛造方法として前記 C の方法を用いており、熱間鍛造工程に高強度化させる部分の境界部分 Z が、鑄造金型 30 に接触してしまっていた。その結果、熱間鍛造工程における境界部分 Z の温度が下がってしまい、当該部分のビッカース硬さ (HV) が 400 未満となってしまった。

供試材 No. 15 は、熱間鍛造方法として前記 D の方法を用いており、熱間鍛造工程に被加工材 1 の径方向外側の部分が鍛造金型の小径部 42 に流動せず (収まらず)、段部 44 でつかえてしまい、上方に流動 (被加工材 1 に対して相対的に一端側に流動) してしまっていた。したがって、被加工材 1 の他端側に存在する低強度化させる部分が、境界部分を形成することとなった。その結果、当該部分のビッカース硬さ (HV) が 400 未満となってしまった。

供試材 No. 16 は、低強度化させる部分の冷却速度が、本発明が規定する冷却速度の上限値 (1.0 / s) よりも速かった。よって、当該部分のビッカース硬さ (HV) が 300 MPa を上回る結果となった。

【0103】

以上の結果より、本発明に係る熱間鍛造方法・冷却方法によると、高強度化させる部分のビッカース硬さ (HV) を所定値以上とし、低強度化させる部分のビッカース硬さ (HV) を所定値以下に抑えることができることがわかった。

【符号の説明】

【0104】

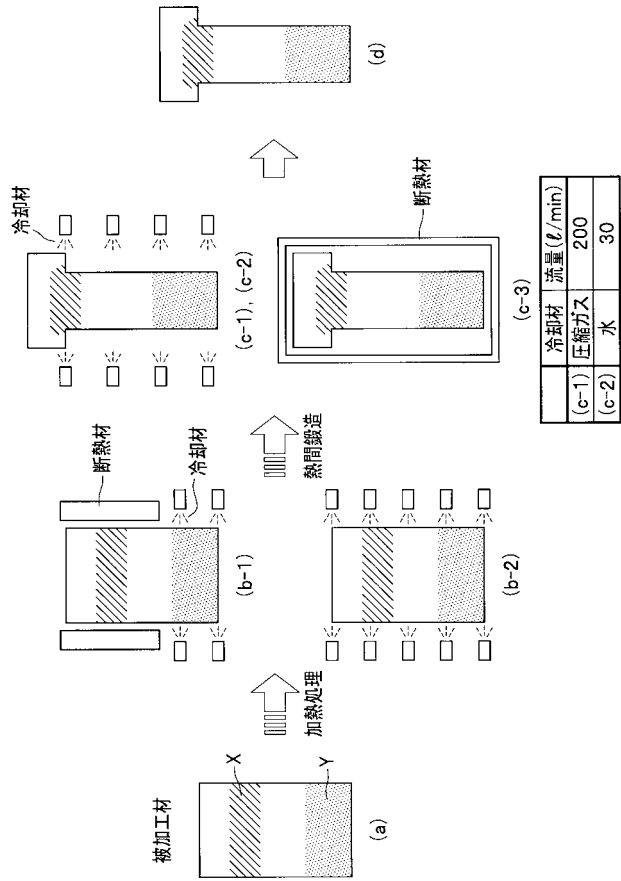
- | | | |
|----|-------------------|----|
| 1 | 被加工材 | 20 |
| 10 | 鍛造金型 | |
| 11 | 底部 | |
| 13 | 軸形成部 | |
| 14 | フランジ形成部 | |
| 20 | 鍛造金型 | |
| 21 | 底部 | |
| 22 | 小径部 | |
| 23 | 大径部 | |
| 24 | 段部 | |
| 25 | 軸形成部 | 30 |
| 26 | フランジ形成部 | |
| X | 高強度化させる部分 | |
| Y | 低強度化させる部分 | |
| Z | 境界 (軸部とフランジ部との境界) | |

10

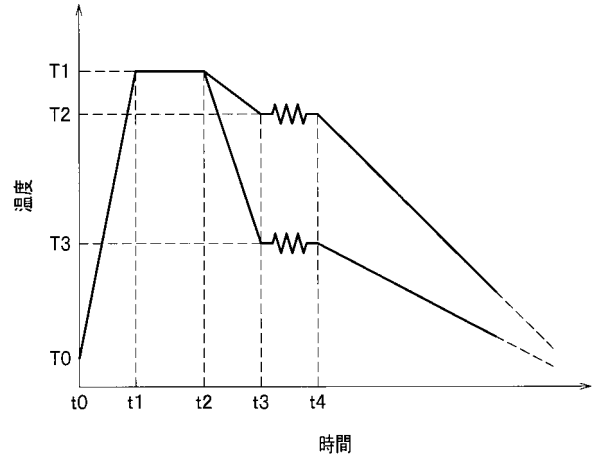
20

30

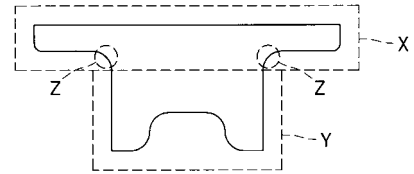
【 図 1 】



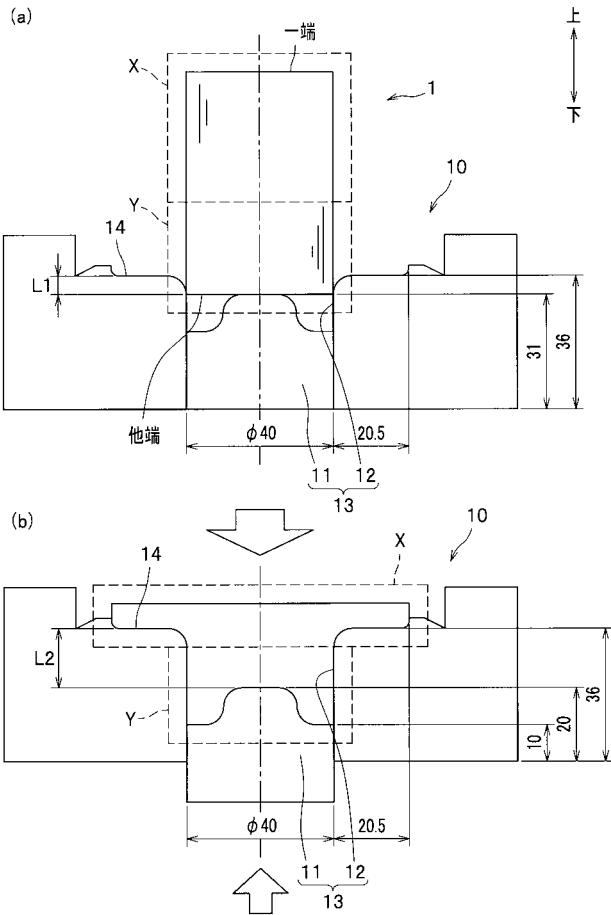
【 図 2 】



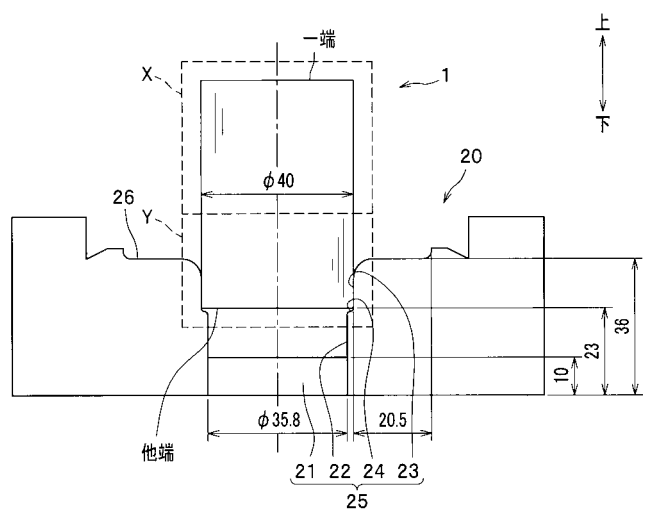
【 図 3 】



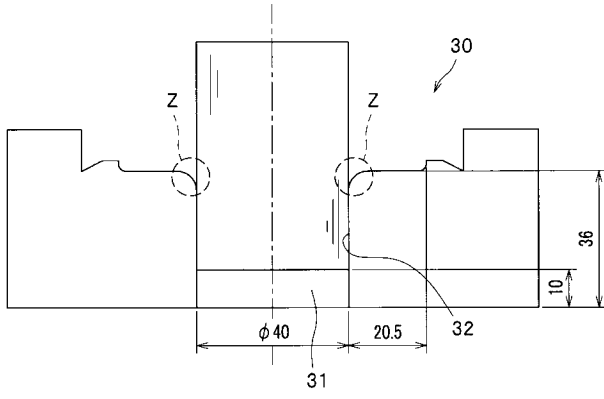
【 図 4 】



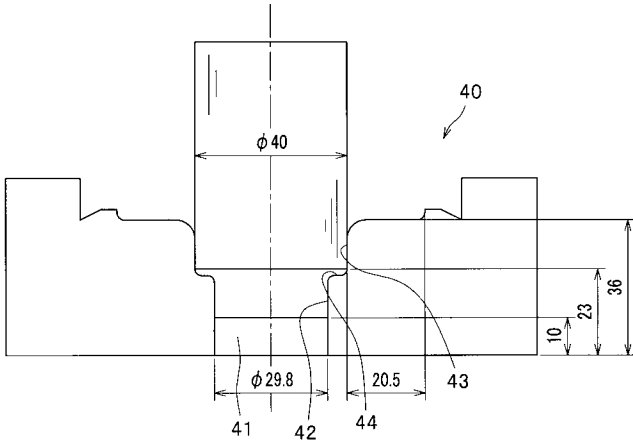
【 図 5 】



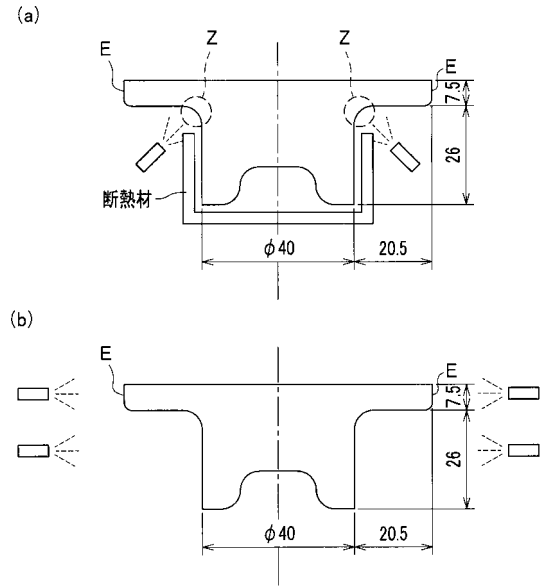
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
B 2 1 K 23/04 (2006.01)	B 2 1 K 23/04	
B 2 1 J 5/08 (2006.01)	B 2 1 J 5/08	Z

(72)発明者 村上 俊夫

兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

(72)発明者 柿内 エライジャ

兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

(72)発明者 有川 剛史

兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号 株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

Fターム(参考) 4E087 BA02 CA35 CB01 CB04 CB12 CC01 DB15 DB16 DB22 DB24
 HB13
 4K032 AA05 AA06 AA16 AA21 AA27 AA29 AA31 AA36 CA03 CD01
 CD02