



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104204260 A

(43) 申请公布日 2014. 12. 10

---

(21) 申请号 201380017155. X (51) Int. Cl.  
(22) 申请日 2013. 03. 27 *C22C 38/00* (2006. 01)  
(30) 优先权数据 *C21D 8/06* (2006. 01)  
2012-079814 2012. 03. 30 JP *C22C 38/60* (2006. 01)  
(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2014. 09. 26  
(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/JP2013/059000 2013. 03. 27  
(87) PCT国际申请的公布数据  
W02013/146880 JA 2013. 10. 03  
(71) 申请人 爱知制钢株式会社  
地址 日本国爱知县东海市荒尾町 1 番地  
(72) 发明人 牧野孔明 水野浩行  
(74) 专利代理机构 上海市华诚律师事务所  
31210  
代理人 汤国华

权利要求书1页 说明书9页

---

(54) 发明名称

摩擦压焊用钢材及其制造方法

(57) 摘要

化学成分组成按质量%计,含有C:0.30~0.55%、Si:0.05~1.0%、Mn:0.05~0.9%、P:0.001~0.030%、S:0.005~0.12%、Cr:0.05~2.0%、Al:0.005~0.05%、N:0.0050~0.0200%,残余部分由Fe和不可避免的杂质组成,固溶N量为0.0020%以上,Mn和S的含量关系满足以下的关系。 $2.6 \leq Mn/S < 15$ (1)  
 $Mn+6S < 1.2$ (2)。

1. 一种摩擦压焊用钢材,其特征在于,化学成分的组成按质量%计含有 C :0.30 ~ 0.55%、Si :0.05 ~ 1.0%、Mn :0.05 ~ 0.9%、S :0.005 ~ 0.12%、Cr :0.22 ~ 2.00%、Al :0.005 ~ 0.05%、N :0.0050 ~ 0.0200%,残余部分由 Fe 和不可避免的杂质组成,

固溶 N 为 0.0020% 以上,

Mn 与 S 的含量的关系为,

$$2.6 \leq \text{Mn/S} < 15 \quad (1)$$

$$\text{Mn}+6\text{S} < 1.2 \quad (2)$$

各式中, Mn、S 表示各自的元素的含量,所述含量的单位为质量%。

2. 根据权利要求 1 所述的摩擦压焊用钢材,其特征在于,所述化学成分组成中,作为所述残余部分的一部分的替代,进一步含有 Mo :0.01 ~ 0.20%、Nb :0.01 ~ 0.20%、Ti :0.01 ~ 0.20%、V :0.01 ~ 0.30%、Ca :0.0001 ~ 0.0050%、Mg :0.0001 ~ 0.0050% 之中的一种以上。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的摩擦压焊用钢材,其特征在于,其维氏硬度为 230Hv 以上。

4. 一种摩擦压焊用钢材的制造方法,其特征在于,使用满足如下关系的原材料,化学成分的组成按质量%计含有 C :0.30 ~ 0.55%、Si :0.05 ~ 1.0%、Mn :0.05 ~ 0.9%、S :0.005 ~ 0.12%、Cr :0.22 ~ 2.00%、Al :0.005 ~ 0.05%、N :0.0050 ~ 0.0200%,残余部分由 Fe 和不可避免的杂质组成,

Mn 与 S 的含量的关系为,

$$2.6 \leq \text{Mn/S} < 15 \quad (1)$$

$$\text{Mn}+6\text{S} < 1.2 \quad (2)$$

各式中, Mn、S 表示各自的元素的含量,所述含量的单位为质量%。

在该原材料上实施热加工时,最后的热加工在超过 950°C 的加工温度下进行,且该热加工后的冷却按 0.3°C / 秒以上的冷却速度进行直到至少达到 500°C 为止。

5. 根据权利要求 4 所述的摩擦压焊用钢材的制造方法,其特征在于,所述化学成分组成中,作为所述残余部分的一部分的替代,进一步含有 Mo :0.01 ~ 0.20%、Nb :0.01 ~ 0.20%、Ti :0.01 ~ 0.20%、V :0.01 ~ 0.30%、Ca :0.0001 ~ 0.0050%、Mg :0.0001 ~ 0.0050% 之中的一种以上。

## 摩擦压焊用钢材及其制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于与其他钢材通过摩擦压焊接合的用途的摩擦压焊用钢材及其制造方法。

### 背景技术

[0002] 作为使 2 个钢部件接合的方法,有使两者的接合面对接、相对旋转,在接合面上产生摩擦热,通过该摩擦热使接合面软化后,在两者间赋予强压力扩散压焊这样的摩擦压焊方法。作为利用摩擦压焊方法制作的部件,例如有汽车用的传动轴等各种各样的东西。

[0003] 摩擦压焊用钢材中,不仅要求摩擦压焊性优异,还有很多时候要求切削加工性也优异。例如,上述的传动轴不仅要被实施摩擦压焊,也要被实施切削加工。

[0004] 对于钢的切削加工性的提高,从以往可知铅的添加是有效的。另一方面,从环境问题的观点出发,期望着不向钢中添加 Pb 的无铅化。通过用添加 S 替代 Pb,虽可得到钢的切削加工性提高的效果,但不易使其与摩擦压焊性两全。

[0005] 专利文献 1 中,展示了作为无铅、适于摩擦压焊的机械结构用钢材,使钢中的 N 作为化合物 N 预先存在,同时作为固溶 N 的存在量限制至 0.0015% 以下,且规定了特定大小的 MnS 的个数的钢材。之后,明示了对于固溶 N 量的限制和 MnS 的控制,在钢坯的加热温度为 1000 ~ 1250℃ 的范围下一同进行,有必要将热轧从开始到结束的温度控制在 800 ~ 1000℃ (0091 段)。

[0006] 此外,明示了摩擦压焊的前后,通过使钢中的 N 的存在形态变化,谋求摩擦压焊后的接合强度提高和冷加工性、切削加工性的提高 (0029 段)。

[0007] 现有技术文献

[0008] 专利文献

[0009] 专利文献 1 :日本专利特开 2011-184742 号公报

### 发明内容

[0010] 发明要解决的课题

[0011] 然而,上述专利文献 1 的钢材中,虽没有摩擦压焊性的问题,但因固溶 N 量少、化合物 N 多,评价热加工时的切削加工性的项目,即切屑处理性和工具磨耗性没有被充分提高,此外,因为有必要在较低温度下进行热轧和热锻,还残留有热加工性不良这样的问题。

[0012] 本发明中,鉴于这样的背景,想要提供一种切削时的切屑处理性和工具磨耗性优异,且热加工性也优异的摩擦压焊用钢材及其制造方法。

[0013] 解决课题的手段

[0014] 本发明的一种形态为一种摩擦压焊用钢材,其特征在于,化学成分的组成按质量计满足以下关系, C :0.30 ~ 0.55%、Si :0.05 ~ 1.0%、Mn :0.05 ~ 0.9%、S :0.005 ~ 0.12%、Cr :0.22 ~ 2.00%、Al :0.005 ~ 0.05%、N :0.0050 ~ 0.0200%,残余部分由 Fe 及

不可避免的杂质组成,

[0015] 固溶 N 在 0.0020% 以上,

[0016] Mn 和 S 的含量的关系为,

[0017]  $2.6 \leq \text{Mn}/\text{S} < 15$  (1)

[0018]  $\text{Mn}+6\text{S} < 1.2$  (2)

[0019] (各式中, Mn、S 表示各自的元素的含量(质量%))。

[0020] 本发明的其他形态为一种摩擦压焊用钢材的制造方法,其特征在于,使用了满足以下关系的原材料,化学成分的组成按质量计含有 C:0.30 ~ 0.55%、Si:0.05 ~ 1.0%、Mn:0.05 ~ 0.9%、S:0.005 ~ 0.12%、Cr:0.22 ~ 2.00%、Al:0.005 ~ 0.05%、N:0.0050 ~ 0.0200%,残余部分由 Fe 和不可避免的杂质组成,

[0021] Mn 和 S 的含量的关系为,

[0022]  $2.6 \leq \text{Mn}/\text{S} < 15$  (1)

[0023]  $\text{Mn}+6\text{S} < 1.2$  (2)

[0024] (各式中, Mn、S 表示各自的元素的含量(质量%))，

[0025] 在该原材料上实施热加工时,最后的热加工在超过 950℃ 的加工温度下进行,且该热加工后的冷却按 0.3℃ / 秒以上的冷却速度进行直到至少达到 500℃ 为止。

[0026] 发明的效果

[0027] 上述摩擦压焊用钢材在具备上述特定的化学成分组成的基础上,将 Mn 和 S 的含量的关系限制为满足上式 (1) 及式 (2) 的关系,且使固溶 N 量为上述特定值以上的值。通过具备全部的这样的要件,如上述专利文献 1 那样,伴随摩擦压焊,不使钢中的 N 的存在形态变化,微细的 MnS 在溶解·锻造时的阶段被生成,因而可以不仅摩擦压焊性优异,切削时的切屑处理性和工具磨耗性优异,且热加工性也优异。

[0028] 关于摩擦压焊性,通过上述的 Mn 和 S 的含量的限制,特别是满足上式 (2) 的  $\text{Mn}+6\text{S} < 1.2$  的关系,可抑制铸造时粗大的 MnS 的生成,可防止因粗大的 MnS 存在于压焊部位而产生的问题,并可防止压焊部位的强度下降。

[0029] 并认为,切削时的工具磨耗性的提高是由于钢材中的比较大量存在的固溶 N 在切削加工中于工具表面上生成氮化物,这完成了一种涂布膜的效果,可抑制工具的磨耗。

[0030] 并认为,切削时的切屑处理性的提高是由于通过上述的 Mn 和 S 的含量的限制,特别是满足上式 (1)  $\text{Mn}/\text{S} < 15$  的关系,使 MnS 以 1 μm 以下的微细状态大量分散,因而其作为切削时的应力集中源起作用,使切屑的分割容易度提高。

[0031] 并认为,热加工的提高是由于通过上述 Mn 和 S 的含量的限制,特别是满足上式 (1)  $2.6 \leq \text{Mn}/\text{S}$  的关系,可抑制结晶晶界上 FeS 的生成,可抑制因 FeS 的存在造成的热脆性的增大。此外,热加工性的提高是通过使固溶 N 的量在上述特定量以上,因而热加工温度需要设定得比较高,可选择易于热加工的温度来获得的。

[0032] 此外,上述摩擦压焊用钢材的制造方法中,在具备上述特定的化学成分组成的基础上,使用将 Mn 和 S 的含量的关系限制在满足上式 (1) 和上式 (2) 的关系的原材料。据此,铸造时得到的铸块中, MnS 被控制在微细的状态,此外,抑制了结晶晶界上的 FeS 的生成。

[0033] 此外,上述最后的热加工中,将其加工温度,也就是不仅加工前的加热温度,热加工开始到结束的钢材的温度控制在超过 950℃。据此,使钢材中以化合物状态存在的 N 固溶

于钢的母体中,可使固溶 N 量增加。此外,通过使该热加工后的冷却速度按上述那样快速,可抑制 N 的析出,将固溶 N 量维持在指定量以上。

[0034] 因此,得到的摩擦压焊用钢材不仅摩擦压焊性能优异,通过微细的 MnS 的分散和固溶 N 量的确保,使得切削时的切屑处理性及工具磨耗性的提高变得可能。

### 具体实施方式

[0035] 首先说明上述摩擦压焊用钢材的化学成分组成中的各元素的限定理由。

[0036] C(碳):0.30 ~ 0.55%,

[0037] 碳是为确保强度的基本元素。C 含量若过少,作为机械结构用或传动轴用等的汽车部件,无法确保必要的强度。另一方面,C 若含量过高,韧性下降,同时会导致切削加工性和加工性的劣化。因此,C 含量为 0.30 ~ 0.55%。优选 0.35 ~ 0.55%。

[0038] Si:0.05 ~ 1.0%,

[0039] Si(硅),作为炼钢时的脱氧剂是不可缺少的元素,同时作为固溶强化元素工作,是对强度提高有效的元素。Si 含量过少时,有其效果无法充分获得的问题,另一方面,Si 含量过多时,有切削加工性恶化的问题。因此,Si 含量为 0.05 ~ 1.0%。

[0040] Mn:0.05 ~ 0.9%,

[0041] Mn(锰),是为了确保必要的强度、以及通过和 S 结合生成 MnS 而试图提高切削加工性的有效的元素。Mn 含量过少时,有晶界上生成 FeS、热脆性变大、容易产生轧制裂纹等的问题,另一方面,Mn 含量过多时,有强度变高、切削加工性恶化的问题。因此,Mn 含量为 0.05 ~ 0.9%,优选 0.05 ~ 0.8%、更优选 0.05 ~ 0.7%。

[0042] S:0.005 ~ 0.12%、

[0043] S(硫)和 Mn 一起生成 MnS,是对提高切削加工性有效的元素。S 含量过少时,有无法获得充分的切削加工性的问题,另一方面,S 含量过多时,有热加工性和压焊性降低的问题。因此,S 含量为 0.005 ~ 0.12%,优选 0.010 ~ 0.10%、更优选 0.020 ~ 0.08%。

[0044] Cr:0.22 ~ 2.00%、

[0045] Cr(铬),和锰一样,是对确保必要强度有效的元素。Cr 含量过多时,强度增加过多,可能会对切削加工性产生不良影响。因此,Cr 含量为 2.0%以下。此外,为充分得到因含有 Cr 而带来的效果,Cr 含量为 0.22%以上。

[0046] Al:0.005 ~ 0.05%、

[0047] Al(铝)是作为炼钢时的脱氧剂的有效的元素。Al 含量过少时,有其效果无法充分获得的问题,另一方面,Al 含量过多时,有和 N 结合生成 AlN、使固溶 N 减少问题。因此,Al 含量为 0.005 ~ 0.05%,优选 0.005 ~ 0.04%、更优选 0.005 ~ 0.03%。

[0048] N:0.0050 ~ 0.0200%、

[0049] N(氮),是通过作为钢中的固溶氮存在而提高切削加工性的有效元素。N 含量过少时,有无法获得充分的切削加工性的问题,另一方面,N 含量过高时,有促成铸造时铸片的裂纹的问题。因此,N 含量为 0.0050 ~ 0.0200%。

[0050] 固溶 N:0.0020%以上,

[0051] 固溶 N 量,可通过从钢中的总 N 量减去作为化合物 N 存在的 N 量算出。作为化合物 N 存在的 N 量,可将钢试样在甲醇中加入了乙酰丙酮的电极溶液中进行电解处理,过滤电

解溶液,用其残渣通过氨蒸馏分离酰胺硫酸液滴定法测定。固溶 N 过少时,无法充分获得因上述的工具磨耗性的提高带来的切削加工性提高的效果。因此,固溶 N 含量为 0.0020% 以上,优选 0.0030% 以上、更优选 0.0040% 以上。

[0052] 进一步地,上述摩擦压焊用钢材的化学成分组分中, Mn 和 S 的含量的关系满足如下关系。

$$[0053] \quad 2.6 \leq \text{Mn}/\text{S} < 15 \quad (1)$$

$$[0054] \quad \text{Mn}+6\text{S} < 1.2 \quad (2)$$

[0055] (各式中, Mn、S 表示各自的元素的含量(质量%))。

$$[0056] \quad 2.6 \leq \text{Mn}/\text{S} < 15、$$

[0057] 首先,  $2.6 \leq \text{Mn}/\text{S}$  是对于抑制热加工性降低的有效限定。Mn/S 小于 2.6 时, 结晶晶界上会生成 FeS, 热脆性变大, 容易产生热轧裂纹等。

[0058] 其次,  $\text{Mn}/\text{S} < 15$  是对于提高切屑处理性的有效限定。即, Mn/S 小于 15 时, 凝固时从液相生成的结晶型的 MnS 的比例减少, 从固相生成的析出型的 MnS 的比例增加, 因此大量生成  $1 \mu\text{m}$  以下的微细 MnS。这些 MnS 在切削时作为应力集中源起作用, 切屑被高效切断, 可使切屑处理性提高。Mn/S 在 15 以上时, 难以获得这样的效果。

$$[0059] \quad \text{Mn}+6\text{S} < 1.2$$

[0060] 这种关系对抑制因 MnS 而导致的压焊强度(摩擦压焊后的接合部的强度)的降低是有效的。Mn+6S 在 1.2 以上时, 铸造时的结晶型 MnS 的生成量变多, 因而生成粗大的 MnS。粗大的 MnS 在压焊时被拉伸的状态残存于压焊部, 因切口效果使压焊部的强度降低。

[0061] 上述摩擦压焊用钢材的制造方法中, 首先, 准备具有上述特定的化学成分组成的原材料。作为该原材料, 可使用通过通常的熔融法制作的铸块。该铸块通过上述那样的 Mn 和 S 的含量的限定, 可使 MnS 为微细的状态。另一方面, 在铸块阶段, 为使铸造后的冷却速度较慢, 让所含的大部分 N 作为化合物的状态析出。

[0062] 接下来, 对上述原材料实施一次或多次热加工。多次进行时, 将最后的热加工按上述特定条件进行。此外, 仅实施一次热加工时, 该热加工相当于最后一次热加工。切削加工前进行的最后的热加工中, 按上述特定的条件, 也就是说, 以超过  $950^\circ\text{C}$  的加工温度进行, 且该热加工的冷却至少在达到  $500^\circ\text{C}$  之前以  $0.3^\circ\text{C}/\text{秒}$  以上的冷却速度进行, 优选  $0.4^\circ\text{C}/\text{秒}$  以上, 更优选  $0.5^\circ\text{C}/\text{秒}$  以上。上述加工温度, 如上所述, 不仅是加工前加热的温度, 而是加工开始到结束时的钢材的温度。

[0063] 通过这样的比较高的加工温度下的热加工及其后的冷却条件的具备, 可得到如下的效果。

[0064] 首先, 所得到的钢材的硬度可变高。即, 热加工温度越高, 加热后的奥氏体的粒径越大, 奥氏体的晶界面积减少。因奥氏体的晶界就是铁素体的生成位, 通过将其减少, 最终的铁素体的比例减少, 其珠光体的比例增加, 硬度增加。

[0065] 此外, 可使固溶 N 量增加。即, 热加工温度越高, N 在钢中作为固溶 N 融入, 若按一定以上的速度冷却时, 几乎不会生成 N 化合物, 可确保固溶 N 量较多。

[0066] 此外, 可使热加工时的变形阻力降低。即, 热加工温度越高, 钢铁材料变柔软, 变形阻力降低, 变得易于热加工。据此, 可得到节能化与减少使用的模具等的磨耗的效果。

[0067] 上述加工温度在  $950^\circ\text{C}$  以下时, 无法充分获得这样的效果。此外, 加工温度的上限,

为防止原材料和模具的熔接和模具的损伤等,优选 1300℃。

[0068] 此外,作为上述热加工,可适用热锻、热轧等公知的热加工方法。

[0069] 此外,上述制造方法中,热加工的工序如上所述,可进行 1 次或多次,将切削加工前最后进行的热加工限定为上述那样的加工温度和冷却速度。而且,这里所述的最后的热加工前,可进行各种的热加工,最后的热加工之后,还可添加温加工或冷加工。

[0070] 此外,上述摩擦压焊用钢材的化学成分组成中,作为任意成分可进一步含有 Mo : 0.01 ~ 0.20%、Nb : 0.01 ~ 0.20%、Ti : 0.01 ~ 0.20%、V : 0.01 ~ 0.30%、Ca : 0.0001 ~ 0.0050%、Mg : 0.0001 ~ 0.0050%中的一种以上。

[0071] Mo : 0.01 ~ 0.20%、

[0072] Mo(钼)对提高强度是有效的,为得到其效果优选含有上述下限值以上的 Mo。另一方面,Mo 含量过多时,成本可能上升,因此优选抑制在上述上限值以下。

[0073] Nb : 0.01 ~ 0.20%、

[0074] Nb(铌)对生成微细的碳化物和氮化物、提高强度是有效的,为获得其效果优选含有上述下限值以上的 Nb。另一方面,于 Nb 含量过多时,成本可能上升,因此优选抑制在上述上限值以下。

[0075] Ti : 0.01 ~ 0.20%、

[0076] Ti(钛)对通过生成碳化物或氮化物、抑制奥氏体结晶的生长而提高韧性是有效的,为了获得其效果优选含有上述下限值以上的 Ti。另一方面,Ti 含量过多时,硬质的氧化物大量生成,切削加工性可能会恶化,因此优选抑制在上述上限值以下。

[0077] V : 0.01 ~ 0.30%、

[0078] V(钒)对生成微细的碳化物和氮化物、提高强度是有效的,为得到其效果优选含有上述下限值以上的 V。另一方面,V 含量过多时,成本可能上升,因此优选抑制在上述上限值以下。

[0079] Ca : 0.0001 ~ 0.0050%、

[0080] Ca(钙)对改善切削加工性是有效的,为得到其效果优选含有上述下限值以上的 Ca。另一方面,Ca 含量过多时,上述效果会饱和,因此优选抑制在上述上限值以下。

[0081] Mg : 0.0001 ~ 0.0050%、

[0082] Mg(镁)对改善切削加工性和机械性质中的各向异性是有效的,为得到其效果优选含有上述下限值以上的 Mg。另一方面,Mg 含量过多时,上述效果会饱和,因此优选抑制在上述上限值以下。

[0083] 实施例

[0084] (实施例 1)

[0085] 作为关于上述摩擦压焊用钢材的实施例,将具有表 1 所示的化学成分组成的钢材(试料 1 ~ 试料 17 及试料 21 ~ 31)按如下的制造工序制作。

[0086] 首先,熔解·铸造工序中,用真空熔炼炉进行熔解,铸造铸模,制作尺寸为  $\phi 150\text{mm} \times$  长 300mm 左右的钢锭。

[0087] 从该钢锭的表层附近,制作直径 10mm  $\phi \times$  长 120mm 的 Gleeble 试验片(第一试验片)。

[0088] 此外,对上述钢锭实施热锻,得到尺寸  $\phi 65\text{mm}$  的圆形棒材。通过加工之后的材料

温度求出热锻的加工温度。其值如表 2 所示。此外,通过热锻得到的圆形棒材,在热锻之后冷却。此时至到达 500℃前的冷却速度为 0.3℃/秒以上,具体地按 0.5~0.6℃/秒范围的冷却速度冷却。切下得到的圆棒的一部分,制作直径 60mm $\phi$ ×长 390mm 的第 2 试验片。

[0089] <热加工性及热变形阻力评价试验>

[0090] 用上述的第 1 试验片通过 Gleeble 试验机求出热加工性及热变形阻力。热加工性(%)按  $\{(试验前的截面积)-(试验后的断裂面面积)\} \div (试验前的截面积) \times 100$  这一定义求出的扭曲度(%)表示。热加工性在扭曲度为 95%以上时可判断为良好。此外,变形阻力按(最大变形负荷) $\div$ (试验前的截面积)这一定义求出,其值若在 150MPa 以下可评价为良好。

[0091] <切屑处理性能评价及工具磨耗试验>

[0092] 用 NC 车床进行上述第 2 试验片的切削加工。切削条件为切削速度 200m/min,进给 0.3mm/rev,切入量 0.5mm,切削时间 20 分钟。

[0093] 切屑处理性是观察切削时产生的切屑来评价的。切屑按 100mm 以下的长度被切断时为合格(O),超过 100mm 长度时为不合格(X)。

[0094] 工具磨耗是通过将工具的刀面用显微镜观察,进行工具磨耗量的测定来评价的。工具磨耗若在 0.3mm 以下可评价为良好。

[0095] <摩擦压焊性评价试验>

[0096] 摩擦压焊性(压焊性),将从上述第 2 试验片的 D/4 切下的试验片(尺寸: $\phi$ 15mm×长 70mm)通过断裂法压焊。具体地,按如下条件进行。

[0097] 全缩进量:6~10mm,摩擦压力:55MPa,顶锻压力:110MPa,摩擦时间:15 秒,顶锻时间:5 秒,旋转数 3000RPM,按这样的条件摩擦压焊后,从压焊的试验片的中央位置,以接合部为槽底,取得 V 槽夏比试验片。对该试验片,以支点间距 40mm 实施三点弯曲试验。压焊性评价在三点弯曲试验时的最大负荷为 13000N 以上时可评价为良好。

[0098] <硬度>

[0099] 上述第 2 试验片上,对从外表面到深入内部直径的 1/4 的部分的表面进行镜面研磨,以 JIS Z2244 的规定为基准,对该部分的维氏硬度进行测定。维氏硬度若在 230Hv 以上则为优选。

[0100] 这些试验的测定结果如表 2 所示。

[0101] [表 1]

[0102]



(表1)

化学成分 (质量%)

试料No.	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Al	Nb	Ti	V	N	Mg	Ca	固溶N (质量%)	Mn/S	Mn+S
1	0.39	0.88	0.77	0.007	0.059	1.42		0.014				0.0092			0.0088	13.1	1.12
2	0.51	0.75	0.43	0.018	0.040	1.81		0.013				0.0084			0.0073	10.8	0.67
3	0.53	0.95	0.32	0.008	0.056	0.30		0.024				0.0140			0.0062	5.7	0.66
4	0.38	0.70	0.73	0.011	0.067	1.20		0.015				0.0120			0.0103	10.9	1.13
5	0.45	0.15	0.36	0.005	0.110	1.61		0.031				0.0181			0.0161	3.3	1.02
6	0.50	0.91	0.60	0.009	0.094	0.28		0.007				0.0130			0.0086	6.4	1.16
7	0.41	0.71	0.05	0.029	0.019	1.65		0.012				0.0089			0.0078	2.6	0.16
8	0.44	0.55	0.26	0.013	0.041	1.86		0.022				0.0153			0.0099	6.3	0.51
9	0.48	0.64	0.56	0.014	0.039	0.95		0.017				0.0065			0.0031	14.4	0.79
10	0.54	0.27	0.63	0.018	0.073	1.48		0.022				0.0095			0.0084	8.6	1.07
11	0.52	0.75	0.79	0.019	0.063	0.59		0.022				0.0075			0.0052	12.5	1.17
12	0.33	0.88	0.55	0.019	0.061	0.62	0.15	0.010				0.0122			0.0052	9.0	0.92
13	0.38	0.41	0.40	0.025	0.058	1.25		0.009	0.11			0.0145			0.0063	6.9	0.75
14	0.48	0.79	0.09	0.016	0.026	1.44		0.013		0.03		0.0169			0.0075	3.5	0.25
15	0.52	0.63	0.31	0.017	0.065	0.22		0.013			0.15	0.0184			0.0102	4.8	0.70
16	0.46	0.45	0.65	0.004	0.086	1.03		0.009			0.27	0.0153			0.0067	7.6	1.17
17	0.49	0.39	0.08	0.024	0.015	1.54		0.022				0.0121	0.0018	0.0025	0.0069	5.3	0.17
21	0.54	0.32	0.88	0.018	0.055	0.31		0.014			0.08	0.0129			0.0089	16.0	1.21
22	0.45	0.59	0.86	0.024	0.118	0.37		0.025			0.17	0.0104			0.0048	7.3	1.57
23	0.61	0.77	0.21	0.017	0.054	1.45		0.007				0.0146			0.0117	3.9	0.53
24	0.45	0.26	0.79	0.017	0.030	1.50		0.013				0.0091			0.0089	26.3	0.97
25	0.53	0.62	0.06	0.025	0.074	0.75		0.007				0.0073			0.0055	0.8	0.50
26	0.54	0.46	0.09	0.018	0.004	1.28		0.015				0.0094			0.0053	22.5	0.11
27	0.53	0.92	0.13	0.011	0.028	1.39		0.043				0.0043			0.0001	4.6	0.30
28	0.54	0.43	0.41	0.008	0.033	1.59		0.048				0.0065			0.0008	12.4	0.61
29	0.43	0.55	0.66	0.024	0.083	0.75		0.013				0.0085			0.0034	8.0	1.16
30	0.54	0.26	0.39	0.003	0.029	1.74		0.027			0.09	0.0096			0.0014	13.4	0.56
31	0.52	0.89	0.43	0.017	0.062	1.34		0.021				0.0073			0.0007	6.9	0.80

[0103] [表2]  
[0104]

(表2)

试料No.	热加工温度(°C)	冷却速度(°C/sec)	热加工性(%)	热变形阻力(MPa)	切屑处理性	工具磨耗性(mm)	压焊性(N)	硬度(Hv)
1	1100	0.4	98	103	○	0.21	13800	259
2	1100	0.5	98	106	○	0.26	14800	291
3	1100	0.3	99	98	○	0.22	15100	238
4	1100	0.3	99	103	○	0.22	13500	250
5	1100	0.4	99	102	○	0.23	13200	249
6	1100	0.4	98	102	○	0.15	14300	237
7	1100	0.4	98	102	○	0.19	16800	245
8	1100	0.4	99	94	○	0.24	15900	275
9	1100	0.4	99	93	○	0.21	15800	235
10	1200	0.5	99	77	○	0.29	14100	300
11	1000	0.4	98	129	○	0.20	13500	238
12	1100	0.4	99	103	○	0.24	14200	247
13	1100	0.5	98	96	○	0.27	15400	260
14	1100	0.5	96	107	○	0.23	16900	274
15	1100	0.4	99	90	○	0.23	14700	252
16	1100	0.4	99	99	○	0.28	13800	323
17	1100	0.5	98	95	○	0.22	14300	258
21	1100	0.4	99	96	×	0.26	10400	280
22	1100	0.4	99	104	○	0.26	9300	281
23	1100	0.5	99	106	○	0.32	14200	294
24	1100	0.5	99	100	×	0.26	14600	265
25	1100	0.5	88	102	○	0.22	14500	235
26	1100	0.5	99	108	×	0.34	18200	268
27	1100	0.5	99	107	○	0.35	15700	287
28	1100	0.5	98	98	○	0.34	16300	283
29	900	0.4	89	170	○	0.19	14100	220
30	900	0.4	92	163	○	0.32	17400	286
31	1100	0.2	98	92	○	0.33	14600	283

[0105] 由表 1 及表 2 可知,关于试料 No. 1 ~ 17,所有的评价项目均为良好。

[0106] 试料 No. 21 的结果是由于不满足上式 (1) 的  $Mn/S < 15$  的关系,切屑处理性较差,由于不满足上式 (2)  $Mn+6S < 1.2$  的关系,压焊性不良。

[0107] 试料 No. 22 的结果是由于不满足上式 (2)  $Mn+6S < 1.2$  的关系,压焊性不良。

[0108] 试料 No. 23 的结果是由于化学成分组成中 C 含量过多,工具磨耗性不良。

[0109] 试料 No. 24 的结果是由于不满足上式 (1)  $Mn/S < 15$  的关系,切屑处理性差。

[0110] 试料 No. 25 的结果是由于不满足上式 (1) 的  $2.6 \leq Mn/S$  的关系,热加工性不良。

[0111] 试料 No. 26 的结果是由于不满足上式 (1) 的  $Mn/S < 15$  的关系,切屑处理性差,且由于化学成分中 S 含量过少,工具磨耗性也不良。

[0112] 试料 No. 27、28 及 31 的结果是由于固溶 N 量过少,工具磨耗性不良。

[0113] 试料 No. 29 的结果是由于热加工温度过低,热加工性差,热变形阻力变得过高,进一步硬度变低。

[0114] 试料 No. 30 的结果是由于热加工温度过低,热加工性差,热变形阻力变得过高,由于固溶 N 量过少,工具磨耗性不良。

[0115] 由以上结果可知,通过具备上述特定的化学成分组成,将 Mn 和 S 的含量的关系限定为满足上式 (1) 和上式 (2) 的关系,且使固溶 N 量为上述特定值以上,可以获得不仅摩擦

压焊性优异、切削时切屑处理性和工具磨耗性也优异的摩擦压焊用钢材。此外还可获知,其制造方法中,不仅满足上述化学成分组成和式(1)及式(2)的关系,热加工时的加工温度超过950℃,且热加工后的冷却至少在达到500℃前以0.3℃/秒以上的冷却速度进行,据此可得到发挥上述优异特性的摩擦压焊性钢材,同时可提高其制造过序的热加工性。