[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl[7]
C22C 38/12

[12]发明专利说明书

[21] ZL 专利号 96180128.X

[45]授权公告日 2002 年 4 月 3 日

[11]授权公告号 CN 1082098C

[22]申请日 1996.5.1 [24]颁证日 2002.4.3
[21]申请号 96180128.X
[30]优先权
[32]1996.2.27 [33]US [31]08/607,893
[86]国际申请 PCT/US96/06074 1996.5.1
[87]国际公布 WO97/32051 英 1997.9.4
[85]进入国家阶段日期 1998.8.26
[73]专利权人 伯利恒钢铁公司
地址 美国宾夕法尼亚州
[72]发明人 基思·A·泰勒 约翰·G·斯皮尔
[56]参考文献
US 4313770 1982. 2. 2 _
审查员 王怀东

[74]专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司
代理人 丁业平

权利要求书 4 页 说明书 10 页 附图页数 1 页

[54]发明名称 可烘烤硬化的含钒钢

[57]摘要

本文公开了轧制钢制品如经热轧或冷轧并退火处理的薄钢板和/或 钢带,是在低碳钢中含有有效量的钒,以制成改善了烘烤硬化性的产 品,该产品特别适合汽车应用。在合金钢化学成分中使用钒来控制烘烤 硬化性,允许在其生产流程中在较低的温度下固溶处理退火,并确定了 一个成分范围,该范围使得其更容易在其所需成分范围内铸造,导致产 品最终机械性能变化较小。控制钒与碳的比例,保持其值约为 10 或更 高,还能提高其抗时效性。

ISSN1008-4274

知识产权出版社出版

权 利 要 求 书

1. 一种轧制钢制品，基本上含有重量百分比：

0.0005 到少于 0.1%的碳、0 到 2.5%的锰、0 到 0.5%的铝、0 到 0.5%的选自硼、锆和钛的氮化物形成元素、0 到少于 0.04%的氮、0.005 到少于 0.6%的钒、余量的铁和不可避免的杂质，其特征在于：钒/碳的比值为 10 或 10 以上。

2. 按照权利要求 1 所述的轧制钢制品，其中所述钒/碳比值为 10-64。

3. 按照权利要求 1 或 2 所述的轧制钢制品，其中所述钒含量为 0.02 到 0.6%。

4. 按照权利要求 3 所述的轧制钢制品，其中所述钒含量为 0.05 到 0.20%。

5. 按照权利要求 4 所述的轧制钢制品，其中所述钒含量为 0.05 到 0.15%。

6. 按照权利要求 1 或 2 所述的轧制钢制品，其中碳的含量为少于 0.005%重量。

7. 按照权利要求 6 所述的轧制钢制品，其中碳的含量为少于 0.0034%重量，钒的含量为 0.05%重量或以上。

8. 按照权利要求 1 或 2 所述的轧制钢制品，其中作为所述氮化物形成元素的钛的含量为 0.015 到 0.025%。

9. 按照权利要求 1 或 2 所述的轧制钢制品，其中所述的钛的含量为氮重量百分比含量的至少 3.4 倍。

10. 按照权利要求 1 或 2 所述的轧制钢制品，其中所述钢的组成基本上为含重量百分比 0.0018 到 0.0028%的碳、0.18 到 0.22%的锰、0.024 到 0.040%的铝、0.0044 到 0.0065%的氮、0.018 到 0.022%作为所

述的氮化物形成元素的钛、0.049 到 0.094%的钒、余量的铁和不可避免的杂质。

11. 按照权利要求 1 或 2 所述的轧制钢制品，其中所述的碳含量为 0.001 到 0.01%重量、所述的氮含量为 0.001 到 0.005%重量、所述的钒含量范围为 0.03 到 0.12%重量、所述的铝含量范围为 0.02 到 0.08%重量、所述的作为氮化物形成元素的钛的含量大于所述氮含量的 3.4 倍。

12. 按照权利要求 1 或 2 所述的轧制钢制品，其中所述的制品包括在其上的镀层。

13. 一种制造轧制钢制品的方法，包括步骤：

铸造其组成为基本上含有重量百分比 0.0005 到少于 0.1%的碳、0 到 2.5%的锰、0 到 0.5%的铝、0 到 0.5%的选自硼、锆和钛的氮化物形成元素、0 到少于 0.04%的氮、0.005 到 0.6%的钒、余量的铁和不可避免的杂质的低碳钢；将上述钢热轧；其特征在于：

保持所述钢中的钒/碳比值为 10 或 10 以上，以改进抗时效性。

14. 按照权利要求 13 所述的方法，其中将所述的钒/碳比值保持在 10 到 64 之间。

15. 按照权利要求 13 或 14 所述的方法，其中使所述钢的钒含量为 0.02-0.6%重量。

16. 按照权利要求 15 所述的方法，其中使所述钢的钒含量为 0.05-0.20%重量。

17. 按照权利要求 13 或 14 所述的方法，其中使所述钢的碳含量低于 0.005%重量。

18. 按照权利要求 17 所述的方法，其中使所述钢的碳含量多至 0.0034%重量，钒含量为 0.05%重量以上。

19. 按照权利要求 13 或 14 所述的方法，其中使作为氮化物形成元素的钛的含量为 0.015-0.025%重量。

20. 按照权利要求 13 或 14 所述的方法，其中使钛的含量大于所述氮含量的 3.4 倍。

21. 按照权利要求 13 或 14 所述的方法，其中采用以重量计具有基本上如下组成的钢：0.0018-0.0028%的碳、0.18-0.22%的锰、0.024-0.040%的铝、0.0044-0.0065%的氮、0.018-0.022%作为氮化物形成元素的钛、0.049-0.094%的钒、余量的铁和不可避免的杂质。

22. 按照权利要求 13 或 14 所述的方法，其中所述的碳含量为 0.001-0.01%重量，所述的氮含量为 0.001-0.005%重量，所述的钒含量为 0.03-0.12%重量，所述的铝含量为 0.02-0.08%重量、作为所述氮化物形成元素的钛的含量为大于所述氮含量的 3.4 倍。

23. 按照权利要求 13 或 14 所述的方法，其中对所述的热轧钢进行冷轧和在选定的温度范围内进行退火处理。

24. 按照权利要求 23 所述的方法，其中所述温度范围的下限为约 788℃(1450°F)。

25.按照权利要求 13 或 14 所述的方法，其中对所述的热轧钢进行冷轧，然后通过将卷状的冷轧钢缓慢加热到选定的温度并使钢卷在所述的温度下保持一定的时间，再缓慢冷却至室温而进行批处理退火。

26. 按照权利要求 25 所述的方法，其中所述的温度范围为 654℃-766℃(1200°F-1400°F)。

27. 按照权利要求 13 或 14 所述的方法，其中对所述的钢进行镀层。

28. 按照权利要求 27 所述的方法，其中通过热浸镀层工艺对所述的钢进行镀层。

29. 按照权利要求 27 所述的方法，其中通过电镀锌工艺对所述的钢进行镀层。

30. 按照权利要求 13 或 14 所述的方法，其中将使所述的钢成形为薄钢板制品，并使其经过烤漆步骤。

说　明　书

可烘烤硬化的含钒钢

本发明涉及权利要求 1 的前序部分所述的轧制钢制品及其制备方法，所述制品和制备方法公开于 WO-A-96/014444。

在现有技术中，对高强度薄钢板和钢带的需求一直不断增长，尤其是汽车制造商，要求在新的汽车设计中，既能提供抗硌痕性，又能减轻重量。鉴于这种要求，增加了对既有高成形性又同时表现出烘烤硬化性的钢材的需求。在此技术领域中，众所周知，烘烤硬化性是指在汽车烤漆处理中（典型条件为 177℃（350°F）下烘烤 20 或 30 分钟），某些特定的钢中发生的强化的现象。在烤漆或其它合适的处理过程中，烘烤硬化钢得到强化，使最终产品具有所需的抗硌痕性。

在给定钢中，塑性和强度这两个特性是互相矛盾的。为获得优良的成形性（例如压制成形性或随模成形性），钢本质上应具有塑性，以获得所需的形状。可是，伴随这种塑性，钢也必须保持足够的强度，以便在用作外露面板（如在汽车中常见的那些）时具有抗硌痕性。

以前工艺已经提出各种方案，即通过控制钢的合金化成分和制造钢制品的工艺，来克服这种塑性和强度的矛盾。烘烤硬化性是这些方案中有吸引力的一种特性，因为这种硬化在成形之后产生。

Hashimoto 等人提出的美国专利 NO.5,133,815 公开了一种深冲压用的冷轧或热浸镀锌薄钢板。通过控制合金化成分，并控制渗碳工序使薄钢板获得合适的固溶碳浓度，使烘烤硬化性提高。

Takechi 等人提出的美国专利 NO.4,391,653 公开了一种通过控制冷轧钢带的氮含量，提高了其烘烤硬化性的高强度冷轧钢带。

Irie 等人提出的美国专利 NO.4,496,400 涉及一种适用于汽车外板的冷轧薄钢板。该专利公开了添加有效复合量的铌，铌在适量的铝存在时，在钢中起固定 C 和 N 的作用；并公开了一种能有效地促进铌发挥作用的退火条件。为获得烘烤硬化效应，这种钢的连续退火需要细

致的加热和冷却工艺规范。

Sato 等人提出的美国专利 NO.4,750,952，也公开了一种提高了烘烤硬化性的冷轧薄钢板。在该专利中限定硫和氮的含量，并考虑硫和氮的含量而把钛的添加量限制在一个特定的范围内。该专利还要求“时间/能量强度”退火（即在重结晶温度以上退火超过 300 秒）。

对于汽车外部面板的应用，考虑到抗腐蚀性，优选涂敷了镀层的钢如热浸镀层钢。可是，特别适合于热浸镀层的合金通常使得钢中无间隙原子（IF）。在这类合金中，合金成分有效地从固溶体中除掉了所有碳原子，而这妨碍了烘烤硬化性。

这样，需要提供一种改进的方法和合金的化学成分，使得热浸镀层钢制品既有可接受的成形性，又有烘烤硬化性。另外，采用合金化成分如钛和/或铌的钢组成，需要求精确的化学成分控制，所以需要提供一种适合于烘烤硬化的合金化学成分，而不要求精确的和极低的合金成分限制，以及不需要高耗能热处理。

鉴于这种需要，本发明提供了一种用作薄钢板如汽车薄钢板的改进的经热轧或冷轧并且退火处理的低碳钢产品。这种钢具有比以前工艺中更容易控制的合金化学成分，并且具有更低的能耗和处理要求。

虽然在现有工艺中可以得到良好的烘烤硬化性结果，但现有工艺的钢制品在成形为适用于高技术领域，特别是用于汽车制造领域的制品之前，所具有的抗时效性经常不足。

因此，本发明的目的在于提供上文所述的其抗时效性得到改善而同时又有极佳的烘烤硬化性的轧制钢制品及其生产方法。

该目的通过本发明如下得以实现：提供一种轧制钢制品，以重量百分比计，该钢制品基本上含有 0.0005-少于 0.1%的碳、0-2.5%的锰、0-0.5%的铝、0-0.5%选自硼、锆和钛的氮化物形成元素、0-少于 0.04%的氮、0.005-少于 0.6%的钒、0-1.0%的硅、0-0.25%的磷、余量的铁和不可避的杂质，其特征在于钒对碳的比例为 10 或 10 以上。相应地，制造上述轧制钢制品的方法的特征在于，将上述钢中的钒/碳比的值维持在 10 或以上，以改善抗时效性。

这种配方的优点在从属权利要求以及下文中结合唯一的那幅附图进行描述的示例性的实施方案中有所描述，所述附图是幅显示本发明烘烤硬化性（兆帕（MPa），ksi）和固溶退火温度间关系的曲线图。

已经发现，向低碳钢中添加有效量的钒，可制造尤其适于用作汽车镀层薄钢板的烘烤可硬化的热轧或冷轧并且退火处理的钢制品。

本发明的合金化学成分能在低的固溶退火温度下获得所需的烘烤硬化性，在制品生产过程中成为更加“友好的生产者”。即在此合金钢化学法中使用规定含量范围内的钒，可以容易地在容差内铸造此钢以获得可接受的产品。钒的重量百分比超过其它已有工艺中合金化成分的量，在铸造过程中更容易控制。更重要的是，由于钒含量的典型变化不会显著地改变材料机械性能，本发明的合金化学成分不易造成产品最终机械性能的大范围变化。

对应于本发明最宽的实施方案，本发明包括一种烘烤硬化性的经热轧或冷轧并且退火处理的钢制品如低碳钢薄钢板或钢带。该轧制钢制品基本上含有重量百分比 0.0005 到 0.1%的碳、0 到少于 0.04%的氮、0 到少于 0.5%的钛、0 到 0.5%的铝、0 到 2.5%的锰、0.005 到 0.6%的钒、余量的铁和不可避免的杂质。优选地，碳含量的上限为 0.01%，氮含量的上限为 0.008%，钛含量的上限为 0.05%，钒含量的上限为 0.15%。

通常向这种类型的钢中添加锰，因为锰既作为强化元素，又与硫化合，从而防止钢的热脆。

由于本发明的热轧或冷轧并且退火处理后的钢为镇静钢，钢中的铝起脱氧作用，优选将铝限制在 0.08%。

如上所述，氮含量上限为 0.04%（400ppm）。优选将氮限制在低于 0.008%。

为获得烘烤硬化效应，本发明的低碳钢需要特定含量的碳。通常地，其下限约为 0.0005%（5ppm）,其上限最好为 0.005%。

在这种类型的低碳钢中，尽管硅和磷的含量通常处于残余杂质的水平，但钢制品的其它特定的最终用途或许要求它们添加的更多一些以获得高强度。因此，依赖于最终用途，硅和磷可以单独或复合添加，分别达到重量百分比 1.0%和 0.25%。其它元素也可用于固溶强化，但一般将 Mn、P 和 Si 用于低碳薄钢板的固溶强化。

钛主要是通过形成氮化物如氮化钛添加到钢中，用于清除固溶氮。这样，可以简单地通过控制固溶碳的量来实现对烘烤硬化性的控制。优选地，钛含量应控制在至少为氮含量重量百分比的 3.4 倍。应该理解，利用合适的工艺将其它强氮化物形成元素如硼、锆，或甚至铝或钒控制在合适的含量，可以代替钛同固溶氮化合。

正常情况下，低碳薄钢板中不添加硫，但依赖于使用的炼钢和钢水包处理方法，低碳薄钢板中仍存在残余量的硫。典型情况下，在最终产品中，硫以多种化合物的形式存在，包括硫化钛（TiS）。考虑上述氮化钛的形成，以及部分钛和硫反应生成 TiS，钛的最佳添加量为 3.4N 到(3.4N+1.5S)之间，其中 N 和 S 分别为氮和硫的重量百分比。

加入钒来控制热轧或冷轧并且退火处理的钢制品的烘烤硬化性。钒的优选范围是 0.03-0.12%之间，更优选 0.05-0.10%之间。

在下面将说明，添加钒可以控制烘烤硬化性和抗时效性，这种控制作用在以前的工艺中没被认识到。对于按照本发明的给定合金化学成分，已经表明钒的添加使烘烤硬化性提高。

本发明的经冷轧并且退火处理的钢可以随后加工成镀层钢，根据最终使用目的压制而成各种形状。特别是这些镀层钢制品适合用作汽车薄钢板或钢片，随后对这些镀层钢制品进行涂漆并烘烤以获得烘烤硬化效应和抗硌痕性（用作车辆外露面板）。镀层可以是实际中典型使用的任何一种传统的镀层例如镀锌。

对于本发明的另一方面，本发明的钢的化学成分使这类材料的冷轧并且退火技术比以前的工艺技术得到提高。在以前的工艺中，将特定的钢浇注成钢锭或连铸成扁坯，再热轧、冷却和卷取。热轧制品即可使用，或者作为一种选择，将卷取的钢带随后进行清洗如酸洗，再经过一定道次的冷轧达到所需的厚度。然后，将冷轧钢带或以批处理退火的形式，或以连续

退火的形式进行退火，生产重结晶钢制品。

这些工艺中也可包括利用诸如电镀锌或热浸镀层等技术，对冷轧并且退火的产品镀层。这些镀层工序可以作为退火工艺的一部分。本发明对以前工艺的改进在于：上述本发明合金钢的化学成分比以前工艺的合金化成分允许使用更低的固溶退火温度，特别是在连续退火过程中。例如，在 Irie 等人提出的美国专利 NO.4,496,400 中，烘烤可硬化的含铌薄钢板的最低退火温度为 900℃（1,652°F）。

相反地，本发明合金的化学成分使得其在高于约 788℃（1450°F）以上的温度退火,就能获得令人感兴趣的烘烤硬化性。低退火温度也导致节约能源和使单位产品成本降低，同时容易控制产品的形状和平整度。

在本发明合金化学成分中使用钒，可使固溶退火温度降低，其原因在于钒比其它合金化成分如钛或铌在钢基体中更容易溶解。因此，可使用低的固溶退火温度，获得适应烘烤硬化性要求的必要含量的固溶碳。

有效的退火温度范围可以低到 788℃(1,450°F)左右，高到约 900℃(1,650°F)。固溶退火处理优选在 815℃(1,500°F)到 843℃(1,550°F)范围内，从而获得合适的重结晶、烘烤硬化性、改善的产品的形状外观/平整度，以及降低的能耗。

应该理解，对于这些类型的低碳钢而言，其铸造、热轧和冷却、以及冷轧等工艺步骤在冶金工艺中是众所周知的。相信对它们进一步详细描述，对理解本发明并不必要。

为了说明与在这些类型的低碳钢中使用钒有关的出乎意料的结果，进行了下述实验。应该注意除非标明，这里所有的百分比都是重量百分比。这些实验只是出于说明的目的，而不能认为是对本发明的限制。

将三炉 227kg（500 磅）重的实验钢水，在实验室条件下，浇注成钢锭，随后热轧成 1.9cm（0.75 英寸）厚。钢水的组成主要为 0.003%的碳、0.2%的锰、0.004 到 0.007%的氮、0.02 到 0.04%的铝、0.02%的钛和选定含量的钒，以及余量的铁和杂质。

将热轧过的钢锭加热到 1260℃(2,300°F)，并进一步从 1.9cm（0.75 英

寸）轧制成 0.3cm（0.12 英寸）。为模拟热轧后输出辊道喷水冷却，使轧制所得钢坯在聚合物溶液中淬火达到通常的油冷温度。热轧样品从此温度开始炉冷到室温。

对每个热轧样品随后进行酸洗，再经过多道次的冷轧，从 0.3cm（0.12 英寸）轧制到 0.076cm（0.03 英寸），获得约 75%的冷轧压缩量。

冷轧料然后在温度 788℃(1,450°F)到 900℃(1,650°F)之间进行 30 秒的退火，随后空气冷却和光整轧制（冷轧压缩量约 1%）。使光整轧制后的钢，进行标准的烘烤硬化模拟，包括 2%的拉伸预应变，随后在 178℃(350°F)处理 30 分钟。烘烤硬化性增量是指时效后的屈服应力和时效前 2%预应变时流变应力的差。对此材料也进行应变时效指数（SAI）测试，这涉及 10%的拉伸预应变，随后在 101℃(212°F)处理 60 分钟，来获得处理的钢的室温抗时效性初始指标。

下面的表归纳了实验钢的实际重量百分比组成。

表 1

钢*	C	Mn	Al	N	Ti	V
0.02Ti	0.0018	0.20	0.024	0.0044	0.018	-
0.02Ti-0.05V	0.0021	0.19	0.038	0.0062	0.021	0.049
0.02Ti-0.10V	0.0028	0.19	0.040	0.0065	0.021	0.094

* 由铁和残余杂质平衡补足

现在参照附图，说明在四种不同合金成分钢之间，烘烤硬化增量和退火保温温度的比较。三条标明 0.02 钛（Ti）的曲线，相应于上表给出的三种成分。标明 0.05 钛(Ti)的曲线，表示过于稳定的低碳薄钢板，适合热浸镀层，但没有显著的烘烤硬化性。

正如图中表明的，在低碳钢中可利用添加钒来控制烘烤硬化性。曲线图表明，在含钛低碳钢中加入一定量的钒，例如 0.05%的钒，与没加入钒的类似成分钢相比，在高于 815℃(1500°F)和低于 878℃(1600°F)范围内退火，提高了烘烤硬化性。曲线图还表明，当钒添加量增加到约 0.1%时，可获得更好的烘烤硬化性。最后，曲线图还表明，在低退火温度下（低于优选退火温度范围：815℃(1500°F)到 843℃(1550°F)），在低碳含钒钢中也会

发生烘烤硬化性的提高。在低退火温度时，与非含钒钢的烘烤硬化性范围（从约低于 6.92 Mpa（1KSI）到约 17.3 Mpa（2.5KSI））相比，含钒钢的烘烤硬化性范围增加到约 13.8 Mpa（2KSI）到约 34.6 Mpa（5KSI）的范围。并且，应变时效指数测试结果表明，这些钢成形前在室温下表现出足够高的抗时效性。

对于本发明的另一方面，已经发现在上述含钒钢成分中控制钒对碳的比例，可使抗时效性出乎意料地提高。特别是，对这些钢保持钒碳比为约 10 或大于 10，可获得上述抗时效性。假设选择的钒和碳含量之间保持钒/碳为 10 或大于 10，相信大范围内的钒含量，即约 0.005%到少于约 0.6%（如上所述），都会导致抗时效性提高。更优选地，钒含量的下限设为 0.02%。相信钒的上限取决于烘烤硬化性何时降到不可接受的程度。

参照下面的表 2，给出了九种特定成分钢的抗时效性的对比数据（以屈服点伸长（YPE）表示），同时也给出了这九种钢的化学成分。

室温抗时效性，通过测量在加速时效试验（101℃(212°F)/1 小时）后观察到的屈服点伸长（YPE）的量来确定。如果时效试验后不存在明显的 YPE 证据（即 YPE 小于约 0.2%），那么称这种钢基本上无时效。我们的测试结果表明，临界 V/C 比（以重量百分比表示）约 10 或更高时，可确保钢至少在 788-843℃(1450°F-1550°F)的优选退火温度范围内（更优选在 815-843℃(1500-1550°F)范围内）具有充足的抗时效性。

正如本表所表明的，钒碳比为 10 或以上的成分具有最低的屈服点伸长。应当理解，在屈服点伸长表中所描述的各成分的钢，也按照本申请公开的内容、成分范围和工艺条件，进行烘烤硬化。

间隙固溶原子的含量，是影响时效行为的重要参数。通常，易于和碳或氮化学结合的元素，倾向于减少固溶碳和固溶氮的量，进而降低时效硬化或屈服点伸长。在本发明中，我们知道，在钢中，钒和碳反应形成钒的碳化物，钒用来控制固溶碳的含量，在保持室温抗时效性的同时，提供合适程度的烘烤硬化性。钒和碳化合的程度，可以用钒和碳的浓度比（V/C）来表示。V/C 浓度比被认为是反映钒的碳化物溶解性（或者相反，稳定性）的重要参数，从而控制固溶碳浓度（根据 V/C 比），也就是说，此碳化物的稳定性由 V 和 C 共同决定，而不是单独决定。

本发明的另一方面，对成分落入上述宽的范围内的钢，须经模拟的批处理或闭箱处理退火，来确定具这些成分的钢是否表现出烘烤硬化性。

闭箱退火包括将一个罩子罩在一卷或多卷钢卷上，引入保护性气体，并加热使整个钢卷都获得规定范围的温度，从而实现完全的重结晶。典型地，此范围为约 654-766℃(1,200-1,400°F)。由于钢卷含有大量的钢，加热和冷却速度较低，典型地为只有每小时 11℃(50°F)，一个处理循环周期为几天。为在实验室模拟闭箱处理退火，将钢带样品密封在一个不锈钢容器中，此容器允许由 4%氢气和 96%氮气构成的混合气体流过，以每小时 11℃(50°F)的速度加热到 710℃(1,300°F)，并在 710℃(1,300°F)保温 15 小时，然后以每小时 11℃(50°F)的速度冷却到室温。

表3和4描述了组成落入上述范围内的钢分别经过模拟批处理退火和生产试验批处理退火后的烘烤硬化性。如这些表中所示，很令人惊奇地，这些钢都表现出烘烤硬化性。

表 2

编 号	成分(重量%)(由 Fe 和夹带杂质平衡补足)									YPE(%)数据* 退火保温温度		
	C	Mn	P	S	Ti (或 B)	Al	V	N	V/C	788℃ (1450°F)	815℃ (1500°F)	843℃ (1550°F)
1	0.0053	0.20	0.015	0.008	0.022	0.031	0.051	0.0035	9.6	0	0.1	1.51
2	0.009	0.20	0.016	0.008	0.022	0.033	0.050	0.0042	5.5	4.28	4.12	5.54
3	0.020	0.21	0.014	0.008	0.021	0.048	0.047	0.0068	2.4	1.77	1.32	1.42
4	0.0044	0.20	0.014	0.008	0.023	0.024	0.022	0.0039	5	0	0	1.16
5	0.0094	0.20	0.016	0.007	0.024	0.045	0.076	0.0056	8.1		3.9	3.8
6	0.0034	0.21	0.016	0.008	0.021	0.018	0.14	0.0034	41.2	0	0	0
7	0.0030	0.20	0.016	0.009	0.022	0.040	0.19	0.0045	63.3	0	0	0
8	0.0024	0.20	0.053	0.009	0.022	0.034	0.050	0.0057	20.8	0	0	0
9	0.0034	0.20	0.015	0.011	0.018Ti 0.0002B	0.014	0.050	0.0051	14.7	0	0	0

*所有钢带经过光整轧制和 100℃（212°F）/1 小时时效。

由于闭箱退火时冷却速率低，对碳化物沉淀有利，应变时效通常不会成为问题。可是，烘烤硬化性有些出人意料或令人惊奇，这被认为是由于

钒影响其碳化物的溶解性和沉淀行为而导致上述结果。

本发明合金钢的化学成分使其提高了烘烤硬化性和抗时效性，降低了固溶退火温度，改善了薄钢板或钢带的形状外观和平整度，以及在铸造过程中容易控制钒的添加并且降低了最终机械性能对钒含量变化的敏感性。这些使得这种钢，或者以热轧或冷轧并且退火后状态，或者以镀层产品状态，理想地用作薄钢板和/或钢带制品。

表 3 模拟批处理退火后的烘烤硬化性

编号	钢类型	光整轧制(1% 压下量)	
		BHI 2%预应变	SAI ksi (MPa)
*	Ti-V	24.2MPa (3.5ksi)	0
**	Ti-0.10V	16.6MPa (2.4ksi)	0
6	Ti-0.15V	6.2MPa (0.9ksi)	0
1	0.005C-Ti-V	4.2MPa (0.6ksi)	0
8	Ti-V-P	10.4MPa (1.5ksi)	0
***	0.7Mn-Ti-V	9.0MPa (1.3ksi)	0
9	Ti-V-B	18.0MPa (2.6ksi)	

* 钢的成分相应于表 1 中的 0.02Ti-0.05V;

** 钢的成分相应于表 1 中的 0.02Ti-0.10V

***0.0023C、0.71Mn、0.015P、0.009S、0.021Ti、0.28Al、0.053V、0.004N，并由 Fe 和杂质平衡补足。

表 4 批处理退火 Ti+V 产品试验

（所有的测试都在钢带宽度的中心）

编号	烘烤硬化，*之后	
	0% 预应变	2% 预应变
10	14.5MPa (2.1ksi)	28.4MPa (4.1ksi)
11	12.8MPa (1.85ksi)	25.6MPa (3.7ksi)

10 化学成分-H 0.0067C、0.14Mn、0.062P、0.026Al、0.0043N、0.020Ti、0.047V，T 0.0054C、0.14Mn、0.062P、0.027Al、0.0038N、0.021Ti、0.047V。

11 化学成分-H 0.0058C、0.12Mn、0.064P、0.028Al、0.0057N、0.025Ti、0.053V，T 0.0055C、0.13Mn、0.066P、0.033Al、0.0044N、0.026Ti、0.051V。

* 烘烤硬化 MPa(KSI)值是 H 和 T 样品的平均值，H 和 T 分别代表钢带卷的头部和尾部。

鉴于对传统无间隙原子钢的改进，以及本发明钢制品和制造方法的“友好的生产者”特征，这种钢特别适合于热浸镀层工艺如热浸镀锌等类似工艺。

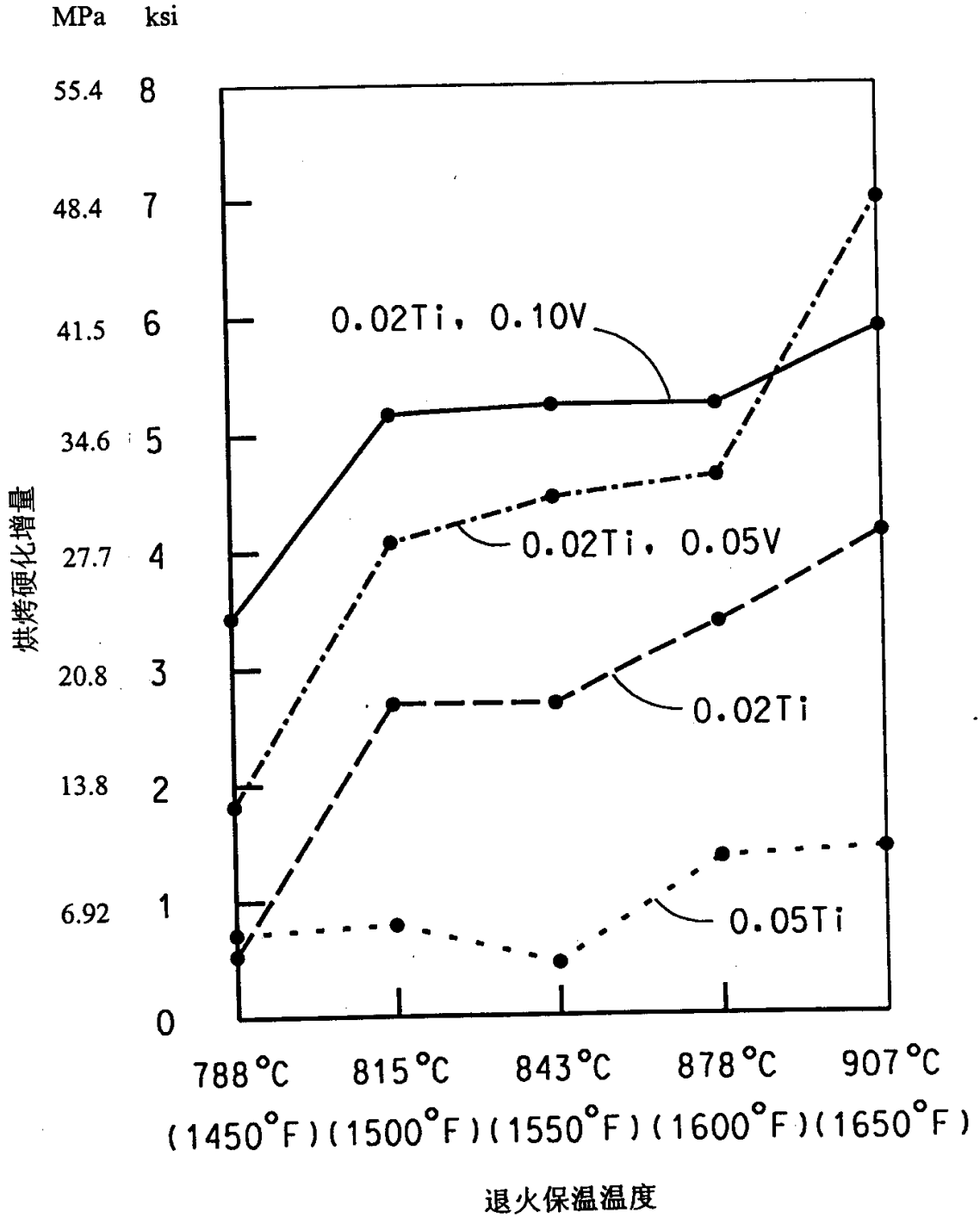
本发明合金钢成分的冷轧并且退火后的钢制品，可利用任何一种传统的热浸镀层工艺，优选用连续退火热浸镀层生产线。一旦完成热浸镀层，镀层钢制品可用传统工艺成形为汽车面板。这些面板易于成形，并随后对之进行涂漆和烘烤，涂漆后的面板表现出良好的抗硌痕性。

本发明从一个优选实施例角度进行了公开，如前所述，可满足本发明的各个目的。并且，本发明提供了一种改进的低碳钢制品及其制造方法，它利用钒作为合金化成分，提高了烘烤硬化性并降低了生产中的能耗。

当然，根据本发明的说明，在不脱离本发明精神和范围的前提下，本领域技术人员可设想各种变化、修正和变更。因此，倾向于本发明只是受限制于所附的权利要求书。

说　明　书　附　图

图 1


MPa
ksi
55.4
8
48.4
7
41.5
6
34.6
5
27.7
4
20.8
3
13.8
2
6.92
1
0
烘烤硬化增量
0.02Ti，0.10V
0.02Ti，0.05V
0.02Ti
0.05Ti
788℃ (1450°F)
815℃ (1500°F)
843℃ (1550°F)
878℃ (1600°F)
907℃ (1650°F)
退火保温温度