



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105392906 A

(43) 申请公布日 2016. 03. 09

(21) 申请号 201480028730. 0	<i>G21D 9/46</i> (2006. 01)
(22) 申请日 2014. 05. 16	<i>G23C 2/02</i> (2006. 01)
(30) 优先权数据	<i>G23C 2/06</i> (2006. 01)
61/824, 643 2013. 05. 17 US	<i>G22C 38/00</i> (2006. 01)
61/824, 699 2013. 05. 17 US	<i>G22C 38/02</i> (2006. 01)
(85) PCT国际申请进入国家阶段日	<i>G22C 38/04</i> (2006. 01)
2015. 11. 17	<i>G22C 38/12</i> (2006. 01)
(86) PCT国际申请的申请数据	<i>G22C 38/18</i> (2006. 01)
PCT/US2014/038364 2014. 05. 16	<i>G21D 1/18</i> (2006. 01)
(87) PCT国际申请的公布数据	<i>G22C 38/06</i> (2006. 01)
W02014/186689 EN 2014. 11. 20	<i>G22C 38/22</i> (2006. 01)
(71) 申请人 AK 钢铁资产公司	<i>G22C 38/26</i> (2006. 01)
地址 美国俄亥俄	<i>G22C 38/32</i> (2006. 01)
(72) 发明人 G · A · 托马斯 J · M · B · 罗斯兹	<i>G22C 38/34</i> (2006. 01)
(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专 利商标事务所 11038	
代理人 谭冀	
(51) Int. Cl.	
<i>G21D 8/02</i> (2006. 01)	

权利要求书1页 说明书12页 附图12页

(54) 发明名称

表现出良好延展性的高强度钢及通过在熔融
镀锌槽下游在线热处理的生产方法

(57) 摘要

采用用于在钢中形成奥氏体和马氏体显微组
织的组成和方法来制备具有高强度和良好可成形
性的钢。碳、锰、钼、镍、铜和铬可通过例如降低非
马氏体成分的转变温度和 / 或提高钢的淬透性的
机制来促进室温稳定的 (或亚稳定的) 奥氏体的
形成。利用在低于马氏体起始温度下的快速冷却
随后再加热的热循环可以通过允许碳由马氏体扩
散进入奥氏体中来促进室温稳定的奥氏体的形
成。

1. 钢片材,以重量百分比计包含如下元素:

0.15-0.4%碳;

1.5-4%锰;

2%或更少的硅、铝或其一些组合;

0.5%或更少的钼;

0.05%或更少的铌;和

余量为铁和其它的偶存杂质。

2. 用于加工钢片材的方法,所述方法包含:

(a) 加热所述钢片材至第一温度(T1),其中T1至少高于钢片材转变成奥氏体和铁素体的温度;

(b) 通过在冷却速率下的冷却将所述钢片材冷却至第二温度(T2),其中T2低于马氏体起始温度(M_s),其中所述冷却速率是足够快的以将奥氏体转变为马氏体;

(c) 再加热所述钢片材至分配温度,其中所述分配温度足以允许碳在所述钢片材的组织内的扩散;

(d) 通过将所述钢片材在分配温度下保持一定的保持时间来稳定奥氏体,其中所述保持时间为足以允许碳由马氏体扩散至奥氏体的时间段;和

(e) 将所述钢片材冷却至室温。

3. 权利要求2的方法,进一步包含在将所述钢片材冷却至T2时将所述钢片材热浸镀锌或镀锌层退火。

4. 权利要求3的方法,其中热浸镀锌或镀锌层退火在高于 M_s 下进行。

5. 权利要求2的方法,其中所述分配温度高于 M_s 。

6. 权利要求2的方法,其中所述分配温度低于 M_s 。

7. 权利要求2的方法,其中以重量百分比计所述钢片材包含如下元素:

0.15-0.4%碳;

1.5-4%锰;

2%或更少的硅、铝或其一些组合;

0.5%或更少的钼;

0.05%或更少的铌;和

余量为铁和其它的偶存杂质。

表现出良好延展性的高强度钢及通过在熔融镀锌槽下游在线热处理的生产方法

[0001] 本申请要求 2013 年 5 月 17 日提交的序列号为 61/824,699、名称为“High-Strength Steel Exhibiting Good Ductility and Method of Production via In-Line Partitioning Treatment Downstream of Molten zinc Bath”的临时专利申请；和 2013 年 5 月 17 日提交的序列号为 61/824,643、名称为“High-Strength Steel Exhibiting Good Ductility and Method of Production via In-Line Partitioning Treatment by Zinc Bath”的临时专利申请的优先权。通过引用将申请序列号为 61/824,699 和 61/824,643 的公开内容并入本文。

背景技术

[0002] 制备具有高强度和良好可成形性特性的钢是所需要的。然而，由于例如相对低的合金化添加物的所需性和工业生产线的热加工能力的局限性的因素，表现出这样的特性的钢的商业制备是困难的。本发明涉及钢组合物和加工方法，所述方法使用热浸镀锌 / 镀锌层退火 (HDG) 工艺来制备钢，从而使得所得的钢表现出高强度和可冷成形性。

发明内容

[0003] 本发明的钢使用组合物和改进的 HDG 工艺来制备，二者一起制备了所得的通常由马氏体和奥氏体（除其它成分之外）构成的显微组织。为了实现这样的显微组织，该组合物包括特定的合金化添加物，并且 HDG 工艺包括特定的工艺改进，其全部至少部分地涉及驱使奥氏体转变为马氏体，随后在室温下部分稳定奥氏体。

[0004] 附图简要说明

[0005] 结合至本说明书并构成本说明书一部分的附图说明了实施方案，并与上文提供的一般性描述和下文提供的实施方案的详细描述一起起到解释本公开内容的原理的作用。

[0006] 图 1 描述了在镀锌 / 镀锌层退火之后进行分配 (partition) 步骤的 HDG 温度分布的示意图。

[0007] 图 2 描述了在镀锌 / 镀锌层退火过程中进行分配步骤的 HDG 温度分布的示意图。

[0008] 图 3 描述了一个实施方案的相对于冷却速率绘制的洛氏硬度的曲线图。

[0009] 图 4 描述了另一个实施方案的相对于冷却速率绘制的洛氏硬度的曲线图。

[0010] 图 5 描述了另一个实施方案的相对于冷却速率绘制的洛氏硬度的曲线图。

[0011] 图 6 描述了由以不同的冷却速率冷却的样品取得的图 3 的实施方案的六张显微照片。

[0012] 图 7 描述了由以不同的冷却速率冷却的样品取得的图 4 的实施方案的六张显微照片。

[0013] 图 8 描述了由以不同的冷却速率冷却的样品取得的图 5 的实施方案的六张显微照片。

[0014] 图 9 描述了对于几个实施方案来说随奥氏体化温度变化的拉伸数据图。

[0015] 图 10 描述了对于几个实施方案来说随奥氏体化温度变化的拉伸数据图。

[0016] 图 11 描述了对于几个实施方案来说随淬火温度变化的拉伸数据图。

[0017] 图 12 描述了对于几个实施方案来说随淬火温度变化的拉伸数据图。

[0018] 详细描述

[0019] 图 1 示出用于在具有特定的化学组成（在下文更加详细地描述）的钢片材中实现高强度和可冷成形性的热循环的示意性图示。特别地，图 1 示出典型的热浸镀锌或镀锌层退火热分布 (10)，其中工艺改进用虚线示出。在一个实施方案中，所述工艺通常包含奥氏体化，随后快速冷却至指定的淬火温度以将奥氏体部分转变为马氏体，并保持在提高的温度即分配温度下以允许碳由马氏体扩散出并进入剩余的奥氏体中，由此在室温下稳定奥氏体。在一些实施方案中，在图 1 中示出的热分布可与常规连续热浸镀锌或镀锌层退火生产线一起使用，但是这样的生产线不是需要的。

[0020] 如在图 1 中可以看出的，首先将钢片材加热至峰值金属温度 (12)。将所说明的实施例中的峰值金属温度 (12) 示出为至少高于奥氏体转变温度 (A_1)（例如双相：奥氏体 + 铁素体区域）。由此，在峰值金属温度 (12) 下，至少一部分的钢将转变为奥氏体。尽管图 1 示出峰值金属温度 (12) 仅高于 A_1 ，但是应当理解的是，在一些实施方案中峰值金属温度还可以包括高于铁素体完全转变为奥氏体的温度 (A_3)（例如单相：奥氏体区域）的温度。

[0021] 接下来，钢片材经历快速冷却。随着钢片材冷却，一些实施方案在冷却时可以包括短暂的中断，以用于镀锌或镀锌层退火。在使用镀锌的实施方案中，由于源自熔融镀锌槽的热量，钢片材可以短暂地维持恒定温度 (14)。在其它实施方案中，还可以使用镀锌层退火工艺，并且可将钢片材的温度稍微提高至可进行镀锌层退火工艺的镀锌层退火温度 (16)。但是，在其它实施方案中可完全省略镀锌或者镀锌层退火工艺，并可连续冷却钢片材。

[0022] 显示出在低于钢片材的马氏体起始温度 (M_s) 时，钢片材继续快速冷却至预定的淬火温度 (18)。应当理解的是，至 M_s 的冷却速率可以高得足以将在峰值金属温度 (12) 下形成的奥氏体中的至少一些转变为马氏体。换句话说，冷却速率可以快得足以将奥氏体转变成马氏体，而不是在相对较低的冷却速率下转变的其它非马氏体成分，例如铁素体、珠光体或贝氏体。

[0023] 如在图 1 中所示的，淬火温度 (18) 低于 M_s 。淬火温度 (18) 和 M_s 之间的差值可取决于所使用的钢片材的个体组成而变化。然而，在许多实施方案中，淬火温度 (18) 和 M_s 之间的差值可以大得足以形成充足量的马氏体从而在最终冷却时充当碳源用以稳定奥氏体和避免产生过量的“新鲜”马氏体。另外，淬火温度 (18) 可以高得足以避免在初始淬火过程中消耗过多的奥氏体（例如对于给定的实施方案，避免大于对于稳定奥氏体所需要的碳富集的奥氏体的过量碳富集）。

[0024] 在许多实施方案中，淬火温度 (18) 可以从约 191℃ 至约 281℃，但是这样的限制不是需要的。另外，对于给定的钢组成可以计算淬火温度 (18)。对于这样的计算来说，淬火温度 (18) 对应于在分配之后具有室温 M_s 温度的残留奥氏体。计算淬火温度 (18) 的方法为本领域已知的，并描述于 J. G. Speer, A. M. Streicher, D. K. Matlock, F. Rizzo 和 G. Krauss, “Quenching And Partitioning: A Fundamentally New Process to Create High Strength Trip Sheet Microstructures,” Austenite Formation and Decomposition, 第 505-522 页, 2003; 和 Proceedings of the International Conference on Advanced

High Strength Sheet Steels for Automotive Applications, 2004 中的 A. M. Streicher, J. G. J. Speer, D. K. Matlock, 和 B. C. De Cooman, “Quenching and Partitioning Response of a Si-Added TRIP Sheet Steel” 中, 通过引用将其主题并入本文。

[0025] 淬火温度 (18) 可以低得 (相对于 M_s) 足以形成充足量的马氏体以在最终淬火时充当碳源用以稳定奥氏体和避免产生过量的“新鲜”马氏体。可替代地, 淬火温度 (18) 可以高得足以避免在初始淬火过程中消耗过多的奥氏体并产生这样的情况, 即残留奥氏体的潜在的碳富集大于对于在室温下的奥氏体稳定化所需要的碳富集。在一些实施方案中, 合适的淬火温度 (18) 可以对应于在分配之后具有室温 M_s 温度的残留奥氏体。Speer 和 Streicher 等人 (上文) 已经提供了计算, 其为探索可导致所需的显微组织的加工选择提供了准则。这样的计算假定理想化的完全分配, 并可通过采用 Koistinen-Marburger (KM) 关系式两次 ($f_m = 1 - e^{-1.1 \times 10^{-2}(\Delta T)}$) 来进行: 首先初始淬火至淬火温度 (18), 并随后在室温下最终淬火 (如在下文进一步描述的)。可以使用基于奥氏体化学组成的经验公式 (例如本领域公知的 Andrew 线性表达式的经验公式) 来评估 KM 表达式中的 M_s 温度:

[0026] $M_s(^{\circ}\text{C}) = 539 - 423C - 30.4Mn - 75Si + 30Al$

[0027] 由 Speer 等人描述的计算结果可表明可导致最大量的残留奥氏体的淬火温度 (18)。对于高于具有最大量残留奥氏体的温度的淬火温度 (18) 来说, 在初始淬火之后存在大量的奥氏体部分; 然而, 不存在足够的马氏体来充当碳源用以稳定这种奥氏体。因此, 对于更高的淬火温度来说, 在最终淬火过程中形成增加量的新鲜马氏体。对于低于具有最大量残留奥氏体的温度的淬火温度来说, 在初始淬火过程中可消耗令人不满意的量的奥氏体, 并且可存在可由马氏体分配的过量的碳。

[0028] 一旦达到淬火温度 (18), 就相对于该淬火温度升高钢片材的温度或者在淬火温度下维持给定的时间段。特别地, 该阶段可称为分配阶段。在这样的阶段中, 将钢片材的温度至少维持在淬火温度下以允许碳从在快速冷却过程中形成的马氏体扩散并进入任何残留的奥氏体中。这样的扩散可允许残留的奥氏体在室温下为稳定的 (或者亚稳定的), 由此改进钢片材的力学性质。

[0029] 在一些实施方案中, 可加热钢片材高于 M_s , 至相对高的分配温度 (20), 并随后保持在高分配温度 (20) 下。在该阶段过程中, 可利用各种方法加热钢片材。仅通过举例的方式, 可使用感应加热、火焰加热和 / 或类似方法加热钢片材。可替代地, 在其它实施方案中, 可将钢片材加热, 但是达到不同的、较低的分配温度 (22), 其稍低于 M_s 。随后同样可将钢片材保持在较低的分配温度 (22) 下, 持续特定的时间段。在又一种第三替代性实施方案中, 在仅将钢片材维持在淬火温度下时可使用另一替代性分配温度 (24)。当然, 鉴于本文的教导, 如对于本领域普通技术人员来说将是明显的, 可使用任何其它合适的分配温度。

[0030] 在钢片材达到所需要的分配温度 (20、22、24) 之后, 将钢片材维持在所需要的分配温度 (20、22、24) 下足够的时间以允许碳从马氏体分配至奥氏体。随后可将钢片材冷却至室温。

[0031] 图 2 示出上文关于图 1 所描述的热循环的替代性实施方案 (使用实线 (40) 显示典型的镀锌 / 镀锌层退火热循环, 并使用虚线显示从典型的镀锌 / 镀锌层退火热循环的偏离)。特别地, 与图 1 的过程相似, 首先将钢片材加热至峰值金属温度 (42)。在所说明的实施方案中, 将峰值金属温度 (42) 示出为至少高于 A_1 。因此, 在峰值金属温度 (42) 下, 钢片

材的至少一部分将转变为奥氏体。当然,与图 1 的过程相似,本实施方案还可以包括超过 A_3 的峰值金属温度。

[0032] 接下来,可将钢片材快速淬火 (44)。应当理解的是,淬火 (44) 可以快得足以引发在峰值金属温度 (42) 下形成的奥氏体中的一些转变为马氏体,由此避免过量转变为非马氏体成分,例如铁素体、珠光体、贝氏体和 / 或类似物。

[0033] 随后可在淬火温度 (46) 下停止淬火 (44)。与图 1 的过程相似,淬火温度 (46) 低于 M_s 。当然,低于 M_s 的量可以取决于所使用的材料而变化。然而,如上所述的,在许多实施方案中淬火温度 (46) 和 M_s 之间的差值可以大得足以形成足够量的马氏体,所述马氏体的足够量还低得足以避免消耗过多的奥氏体。

[0034] 随后接着再加热 (48) 钢片材至分配温度 (50、52)。不同于图 1 的过程,本实施方案中的分配温度 (50、52) 可以通过镀锌或者镀锌层退火镀锌槽温度来表征 (如果如此使用镀锌或镀锌层退火)。例如,在使用镀锌的实施方案中,可再加热钢片材至镀锌槽温度 (50),并随后在镀锌过程期间保持在该温度下。在镀锌过程期间,分配可以与如上所述的分配类似地进行。由此,镀锌槽温度 (50) 也可作为分配温度 (50)。同样地,在使用镀锌层退火的实施方案中,除了更高的槽 / 分配温度 (52) 外,该过程可为基本上相同的。

[0035] 最后,使钢片材冷却 (54) 至室温,在室温下源自如上所述的分配步骤的至少一些奥氏体可以是稳定的 (或者亚稳定的)。

[0036] 在一些实施方案中,钢片材可以包括特定的合金化添加物,从而改进钢片材形成主要为奥氏体和马氏体的显微组织的倾向和 / 或改进钢片材的力学性质。合适的钢片材组成可以包括以重量百分比计的如下的一种或多种: 0.15-0.4% 碳、1.5-4% 锰、0-2% 硅或铝或其一些组合、0-0.5% 钼、0-0.05% 铌、其它偶存元素,并且余量为铁。

[0037] 此外,在其它实施方案中,合适的钢片材组成可包括以重量百分比计的如下的一种或多种: 0.15-0.5% 碳、1-3% 锰、0-2% 硅或铝或其一些组合、0-0.5% 钼、0-0.05% 铌、其它偶存元素,并且余量为铁。另外,除铌之外或者替代铌,其它的实施方案可以包括钒和 / 或钛的添加物,但是这样的添加物完全是任选的。

[0038] 在一些实施方案中,碳可用于稳定奥氏体。例如,增加的碳可以降低 M_s 温度,降低其它非马氏体成分 (例如贝氏体、铁素体、珠光体) 的转变温度,并增加对于形成非马氏体产物所需要的时间。另外,碳添加物可以改进材料的淬透性,由此保持非马氏体成分在可局部降低冷却速率的材料芯部附近形成。然而应当理解的是,碳添加物可为有限的,因为大量的碳添加物可导致对可焊接性的不利影响。

[0039] 在一些实施方案中,锰可以通过如上所述的降低其它非马氏体成分的转变温度来提供额外的奥氏体稳定化。锰可以通过提高淬透性来进一步改进钢片材形成主要为奥氏体和马氏体的显微组织的倾向。

[0040] 在其它实施方案中,钼可用于提高淬透性。

[0041] 在其它实施方案中,可提供硅和 / 或铝来减少碳化物的形成。应当理解的是,在一些实施方案中碳化物形成的减少可为所需的,因为碳化物的存在可降低可用于扩散至奥氏体内的碳的含量。由此,硅和 / 或铝添加物可用于在室温下进一步稳定奥氏体。

[0042] 在一些实施方案中,镍、铜和铬可用于稳定奥氏体。例如,这样的元素可导致 M_s 温度的降低。另外,镍、铜和铬可进一步提高钢片材的淬透性。

[0043] 在一些实施方案中, 铌 (或者其它微合金化元素, 例如钛、钒和 / 或类似物) 可用于提高钢片材的力学性质。例如, 铌可以通过由碳化物形成所致的晶界钉扎 (pinning) 来增加钢片材的强度。

[0044] 在其它实施方案中, 可以做出元素的浓度和所选择的特别元素的改变。当然, 在做出这样的改变时, 应当理解的是, 根据如上所述的对于每种给定的合金化添加物的性质, 这样的改变可对钢片材显微组织和 / 或力学性质具有所需的或者所不需要的影响。

[0045] 实施例 1

[0046] 使用在下文的表 1 中提出的组成制备钢片材的实施方案。

[0047] 根据如下的参数在实验室设备上加工材料。使用铜冷却的楔形夹和袋式齿板 (pocket jaw) 夹具使各个样品经受 Gleeble 1500 处理。将样品在 1100℃ 下奥氏体化, 并随后以 1-100℃ /s 之间的不同冷却速率冷却至室温。

[0048]

表 1-以重量%计的化学组成

ID	描述	Al	C	Co	Cr	Cu	Mn	Mo	Nb	Ni	P	Si	Sn	Ti	V	W
V4037	实验室材料	1.41	0.19	-	0.01	<0.003	1.54	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	0.11	<0.003	0.01	<0.003	-
V4038	实验室材料	1.29	0.22	-	0.20	<0.003	1.68	<0.003	0.02	<0.003	0.02	0.01	<0.003	0.01	<0.003	-
V4039	实验室材料	<0.003	0.20	<0.002	0.01	<0.002	2.94	<0.002	0.00	<0.002	0.00	1.57	<0.002	0.01	<0.002	0.00

[0049] 实施例 2

[0050] 在各个样品的表面上取得在上文的实施例 1 和表 1 中描述的钢组成中的每一种的

洛氏硬度。在图 3-5 中绘制测试结果,其中绘制洛氏硬度随冷却速率的变化。对于各个数据点,示出至少七次测量的平均值。组成 V4037、V4038 和 V4039 分别对应于图 3、4 和 5。

[0051] 实施例 3

[0052] 在纵向上经过厚度方向在实施例 1 的组成中的每一种的各个样品的中心附近获取光学显微图。这些测试的结果在图 6-8 中示出。组成 V4037、V4038 和 V4039 分别对应于图 6、7 和 8。另外,图 6-8 各自包含对于各自组成的六幅显微图,每幅显微图代表经受不同冷却速率的样品。

[0053] 实施例 4

[0054] 根据本文所描述的工序,使用实施例 2 和 3 的数据来评估实施例 1 的组成中的每一种的临界冷却速率。本文中的临界冷却速率是指对于形成马氏体和最小化非马氏体转变产物的形成所需要的冷却速率。这些测试的结果如下:

[0055] V4037 :70℃ /s

[0056] V4038 :75℃ /s

[0057] V4039 :7℃ /s

[0058] 实施例 5

[0059] 使用在下文的表 2 中提出的组成制备钢片材的实施方案。

[0060] 通过熔化、热轧和冷轧来加工材料。随后使材料经受在下文的实施例 6-7 中更加详细地描述的测试。除了旨在与如上关于图 1 所描述的方法一起使用的 V4039 以外,表 2 中列出的全部组成旨在与如上关于图 2 所描述的方法一起使用。热 V4039 具有旨在提供根据如上关于图 1 所描述的热分布所需要的较高淬透性。因此在热轧之后但是在冷轧之前,在 600℃ 下在 100% H₂ 气氛中使 V4039 经受退火 2 小时。在冷轧期间,将所有材料减薄约 75%,至 1mm。对于在表 2 中提出的一些材料组成在热轧和冷轧之后的结果分别在表 3 和 4 中示出。

[0061] 表 2- 以重量%计的化学组成

[0062]

热	描述	C	Mn	Si	Al	Mo	Cr	Nb	B
V4037	实验室材料	0.19	1.54	0.11	1.41	0	0.009	0	0.0007
V1307	实验室材料	0.19	1.53	1.48	0.041	0	0	0	0.0005
V4063	实验室材料	0.19	1.6	0.11	1.34	0	0.003	0	0.0007
V4038	实验室材料	0.22	1.68	0.007	1.29	0	0.2	0.021	0.0008
V4039	实验室材料	0.2	2.94	1.57	< 0.030	< 0.002	0.005	0.002	N/R
A1305	实验室材料	0.2	2.94	1.57	0	0	0	0	0.0006
V4107	实验室材料	0.18	4.03	1.63	0.005	0	0	0	0.0008
V4108	实验室材料	0.18	5.06	1.56	0.004	0	0	0	0.0009

V4060	实验室材料	0.4	1.2	1.97	0.003	0	0.19	0.007	0.0005
V4061	实验室材料	0.41	1.2	0.98	0.003	0	0.003	0	0.0004
V4062	实验室材料	0.39	1.18	0.012	1.16	0	0.003	0	0.0007
V4078-1	实验室材料	0.2	1.67	0.1	1.41	0.28	0.003	< 0.003	0.0007
V4078-2	实验室材料	0.2	1.67	0.1	1.41	0.27	< 0.003	0.051	0.0007
V4078-1	实验室材料	0.19	1.94	0.098	1.43	< 0.003	< 0.003	< 0.003	0.0007
V4078-2	实验室材料	0.19	1.96	0.099	1.41	< 0.003	< 0.003	0.051	0.0007

[0063]

表 3-热轧后的拉伸数据

热	YPE (%)	YS 上限		YS 下限		屈服强度 0.2%偏移		UTS		总延伸率 (2")	均匀延伸 率 %	硬度 HRA
		MPa	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi	MPa	ksi			
V4063	0	N/A	N/A	N/A	N/A	375	54	652	95	26	15	53
	0	N/A	N/A	N/A	N/A	380	55	648	94	26	15	53
V4039*	0	N/A	N/A	N/A	N/A	640	93	1085	157	14	9	67
V4039* (经退火的)	0	N/A	N/A	N/A	N/A	603	88	748	109	20	10	61
V4060	0.6	645	94	637	92	633	92	883	128	20	11	63
	0.5	610	89	605	88	611	89	876	127	22	12	61
V4061	0	N/A	N/A	N/A	N/A	0	496	72	790	22	11	60
	0	N/A	N/A	N/A	N/A	0	507	74	799	20	11	60
V4062	1.1	507	74	501	73	506	73	712	103	26	12	60
	0.7	505	73	502	73	502	73	713	103	24	12	57
V4078-1	0.8	427	62	416	60	425	62	594	86	32	18	51
V4078-2	0.6	525	76	519	75	525	76	685	99	21	15	56
V4049-1	1.8	364	53	361	52	361	52	544	79	30	17	48
V4079-2	1.2	497	72	481	70	489	71	639	93	24	13	52

*对于 V4039 而言在横向方向进行拉伸测试

表 4-冷轧后的拉伸数据

热	屈服强度 0.2%偏移		UTS		总延伸率 (2") %	均匀延伸 率 %	硬度 HRA
	MPa	ksi	MPa	ksi			
V4037	927	134	971	141	4.8	1.4	64
V4063	1046	152	1101	160	2.4	1.3	65
V4038	1001	145	1054	153	5.5	1.6	65
V4039	1149	167	1216	176	4.4	1.5	68
V4060	1266	184	1393	202	5.4	1.9	69
V4061	1187	172	1279	186	4.3	1.7	68
V4062	1111	161	1185	172	4.3	1.7	66
V4078-1	1047	152	1105	160	3.6	1.4	65
V4078-2	1154	167	1209	175	4.2	1.4	66
V4079-1	932	135	975	141	4.6	1.4	64
V4079-2	1034	150	1078	156	3.9	1.3	66

[0064] 实施例 7

[0065] 使实施例 5 的组成经受 Gleeble 膨胀测定法。在真空中使用 101.6x25.4x1mm 的样品在 25.4mm 方向上用 c 应变计测量膨胀来进行 Gleeble 膨胀测定法。形成所得的膨胀对温度的曲线图。拟合膨胀测定数据的线段,并将膨胀测定数据与线性行为偏离的点视为关注的转变温度(例如 A_1 、 A_3 、 M_s)。所得的转变温度在表 5 中列出。

[0066] Gleeble 方法还用于测量实施例 5 的组成中的每一种的临界冷却速率。如上所述的,第一方法利用 Gleeble 膨胀测定法。第二方法利用洛氏硬度测量。特别地,在以一系列

的冷却速率使样品经受 Gleeble 测试之后,进行洛氏硬度测量。由此,利用对于一系列冷却速率的硬度测量获得各个材料组成的洛氏硬度测量值。随后将给定组成在各冷却速率下的洛氏硬度测量值之间进行比较。2 个点 HRA 的洛氏硬度偏差被视为显著的。将避免非马氏体转变产物的临界冷却速率视为最高冷却速率,对于该最高冷却速率,硬度比最大硬度低 2 个点 HRA。对于在实施例 5 中列出的一些组成,所得的临界冷却速率也在表 5 中列出。

[0067] 表 5- 源自 Gleeble 膨胀测定法的转变温度和临界冷却速率

[0068]

热	A ₁ (°C)	A ₃ (°C)	M _s (°C)	临界冷却速率 (°C/s)	
				Gleeble 膨胀测定法	Gleeble/硬度
V4037	737	970	469	不确定	65
V4063	720	975	425	70	-
V4038	791	980	441	-	65
V4039	750	874	394	<10	6
V4060	725	975	325	30	-
V4061	675	900	325	40	55
V4062	700	975	375	30	-
V4078-1	750	925	450	40	55
V4078-2	790	980	425	40	-
V4079-1	800	1000	430	40	-
V4079-2	750	990	425	40	-

[0069] 实施例 8

[0070] 使用实施例 5 的组成来计算淬火温度和残留奥氏体的理论最大值。使用如上所述的 Speer 等人的方法进行计算。对于在实施例 5 中列出的一些组成的计算结果在下文的表 6 中列出。

[0071] 表 6- 淬火温度和残留奥氏体的理论最大值

[0072]

热	QT (°C)	f(γ) 理论最大值
V4037	281	0.15
V4063	278	0.15
V4038	270	0.18
V4039	203	0.2
V4060	191	0.35
V4061	196	0.36
V4062	237	0.31
V4078-1	276	0.16

V4078-2	276	0.16
V4079-1	273	0.16
V4079-2	272	0.16

[0073] 实施例 9

[0074] 使实施例 5 的组成的样品经受在图 1 和图 2 中所示的热分布,在给定组成的样品之间改变峰值金属温度和淬火温度。如上所述的,仅使组成 V4039 经受图 1 中所示的热分布,而使所有其它组成经受图 2 中所示的热循环。对于各个样品,进行拉伸强度测量。在图 9-12 中绘制所得的拉伸测量值。特别地,图 9-10 显示出相对于奥氏体化温度绘制的拉伸强度数据,并且图 11-12 显示出相对于淬火温度绘制的拉伸强度数据。另外,当使用 Gleeble 方法进行热循环时,这样的数据点用“Gleeble”表示。类似地,当使用盐浴进行热循环时,这样的数据点用“盐”表示。

[0075] 另外,在实施例 5 中列出的各个组成的类似的拉伸测量值(当可获得时)在下文所示的表 7 中列出。分配时间和温度仅示出为示例性的,在其它实施方案中机制(例如碳分配和/或相转变)在非等温加热和冷却至指定的分配温度或由指定的分配温度非等温加热和冷却期间发生,其还可有助于最终的材料性质。

[0076] 表 7- 分配后的拉伸数据

[0077]

热	峰值金属温度(°C)	淬火温度(°C)	分配温度(°C)	分配时间(s)	0.2% 屈服强度	极限拉伸强度	总延伸率(%)	TE x UTS (Mpa x %)
V1307	800	250	466	30	419	818	27	22,424
	800	250	466	30	416	807	28	22,345
	850	250	466	30	553	862	25	21,805
	850	250	466	30	535	847	25	21,336
	900	250	466	30	548	854	24	20,144
	800	250	400	30	445	898	22	19,675
	900	250	466	30	566	856	23	19,594
V4060	800	250	400	30	432	889	22	19,478
	800	160	466	15	746	1317	23	29,630
	800	200	466	15	716	1332	19	25,309
	800	250	466	15	718	1403	18	25,115

[0078]

	800	200	466	15	632	1309	19	24,746
	800	250	466	15	701	1379	18	24,407
	800	160	466	15	845	1311	18	23,986
	850	250	466	15	891	1291	18	23,749
	850	250	466	15	735	1223	19	23,729
V4037	850	300	466	15	443	657	32	20,763
	921	200	466	30	325	612	34	20,633
	850	250	466	15	405	696	30	20,543
	921	300	466	30	380	591	34	20,090
	921	356	466	30	386	592	34	20,078
	921	400	466	30	388	588	34	19,937
	940	200	466	30	362	598	33	19,906
	850	200	466	15	427	687	28	19,022
	940	200	466	30	353	592	32	18,989
	980	200	466	30	341	612	31	18,897
	900	300	466	15	493	727	26	18,767
	850	200	466	15	447	702	27	18,600
	850	300	466	15	404	678	27	18,435
	980	200	466	30	347	611	30	18,387
	940	200	466	30	330	548	33	18,253
	980	200	466	30	345	612	29	17,939
V4038	850	300	466	15	481	754	26	19,536
	918	400	466	30	377	681	27	18,461
	918	286	466	30	357	695	26	18,348
	918	200	466	30	363	697	26	18,193
	918	300	466	30	354	696	26	17,949
	850	300	466	15	457	773	23	17,777
V4039	800	250	400	60	821	1299	15	19,225
	800	250	400	60	821	1298	15	18,945
	900	250	400	60	923	1273	15	18,593
	850	250	400	60	874	1278	14	18,142
	900	250	400	60	913	1258	14	17,984
V4060	800	160	466	15	746	1317	23	29,630
	800	200	466	15	716	1332	19	25,309
	800	250	466	15	718	1403	18	25,115
	800	200	466	15	632	1309	19	24,746
	800	250	466	15	701	1379	18	24,407
	800	160	466	15	845	1311	18	23,986
	850	250	466	15	891	1291	18	23,749
	850	250	466	15	735	1223	19	23,729
	800	200	466	30	942	1319	17	22,422
V4061	850	200	466	15	695	1222	16	19,070
	750	250	466	15	553	985	20	19,902
V4062	750	250	466	15	581	918	21	18,996
	750	200	466	15	478	813	23	18,778
V4062	750	250	466	15	480	816	22	17,944
	750	200	466	15	536	790	23	17,936
V4107	850	250	400	60	776	1382	13	17,824
V4108	900	250	400	60	923	1642	11	17,401
	850	250	400	60	952	1620	11	17,337
V4078-1	850	300	466	15	448	783	24	19,016
	850	300	466	15	492	761	24	17,888
V4078-2	900	250	466	30	713	843	21	17,946
	850	300	466	15	689	859	20	17,525
	850	300	466	15	671	871	20	17,503

[0079] 将理解的是,可对本发明进行各种修改而不背离其精神和范围。因此,应根据所附的权利要求确定本发明的限制。

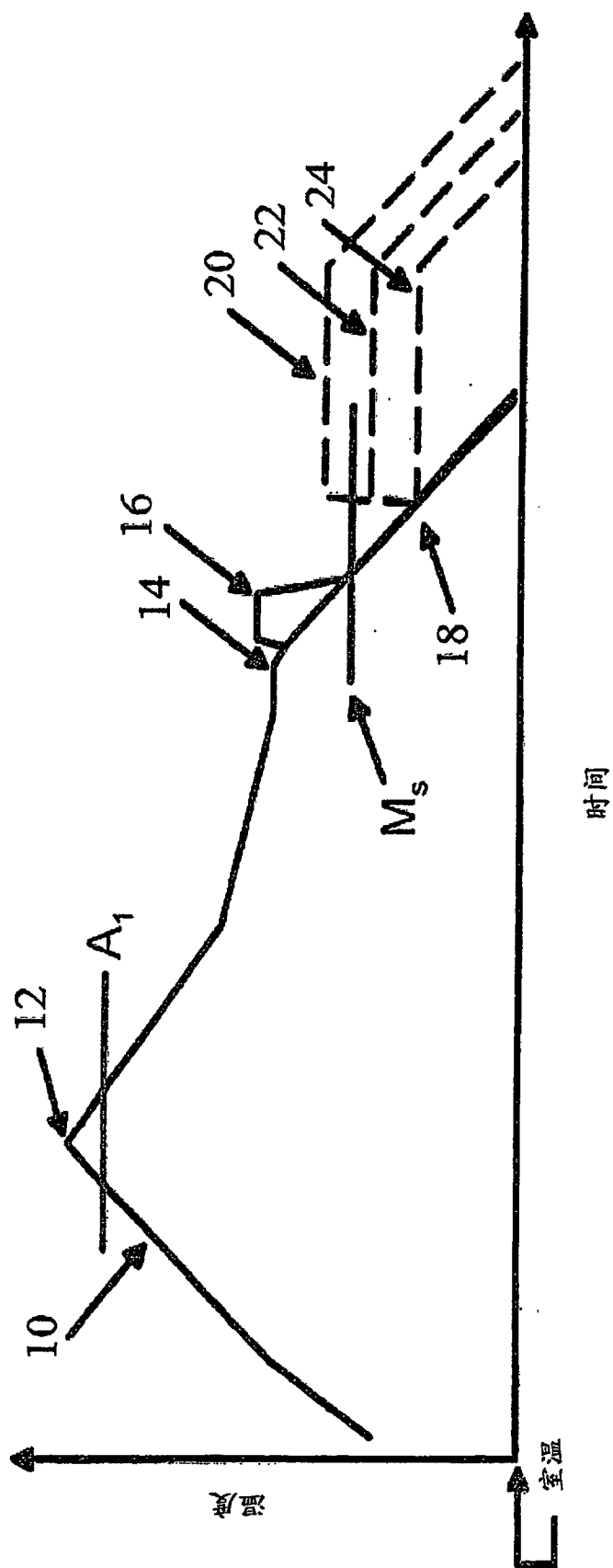


图 1

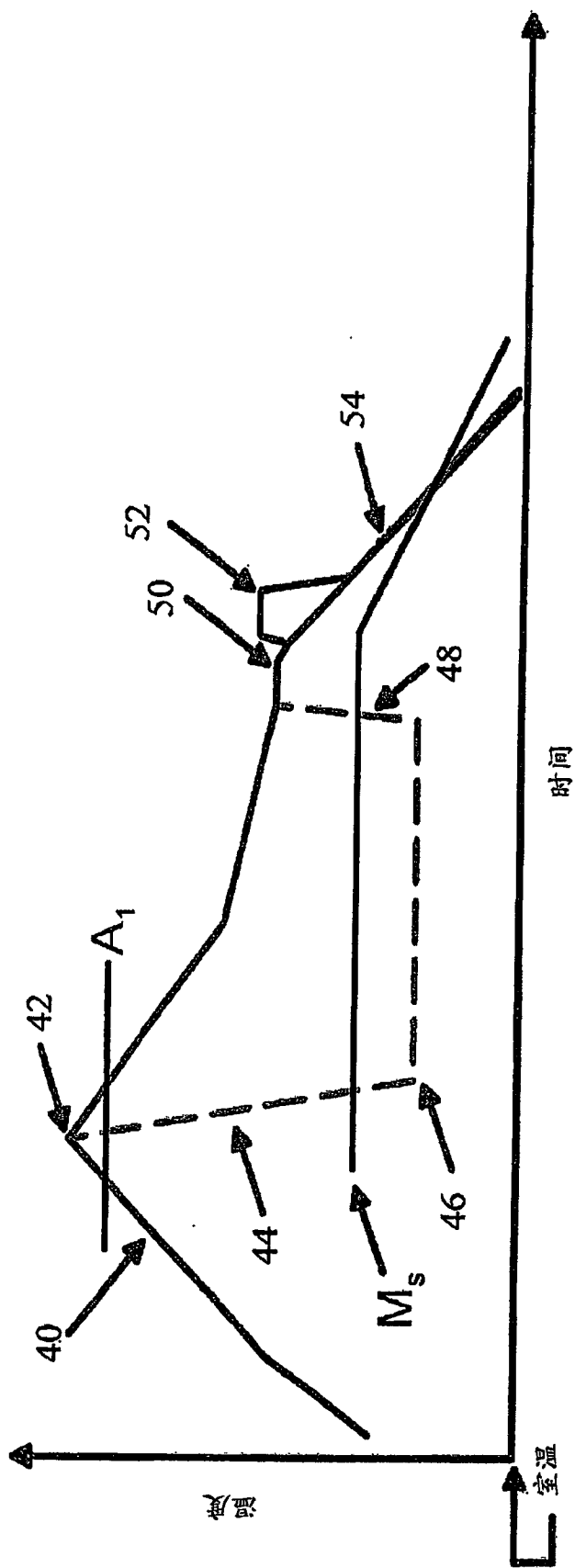


图 2

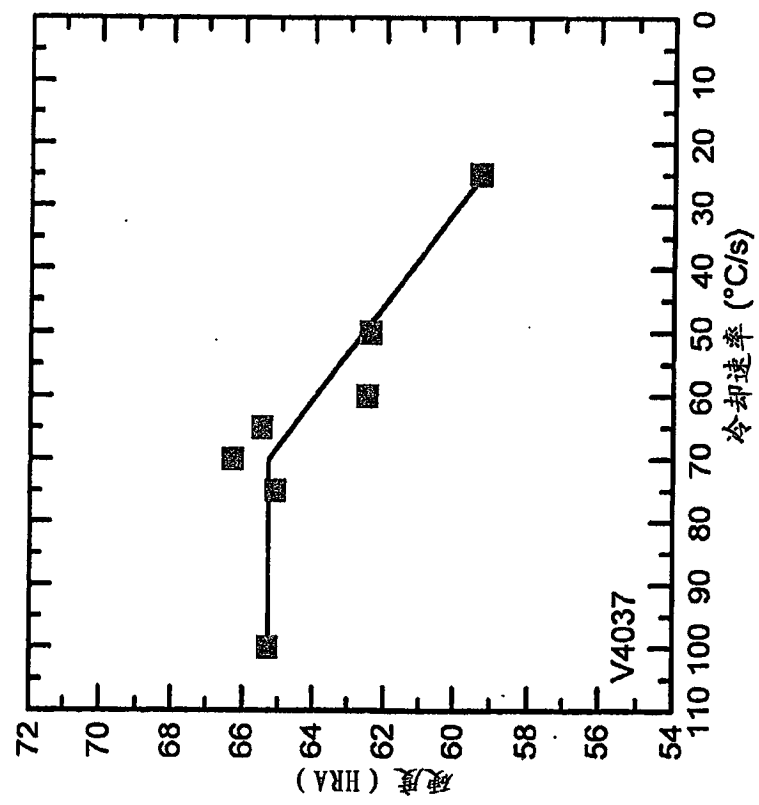


图 3

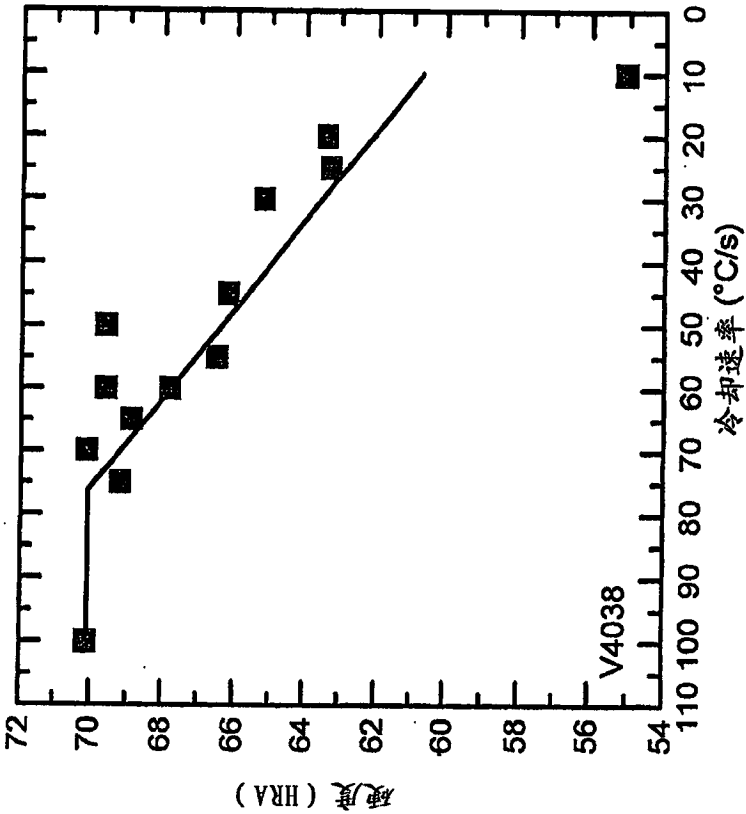


图 4

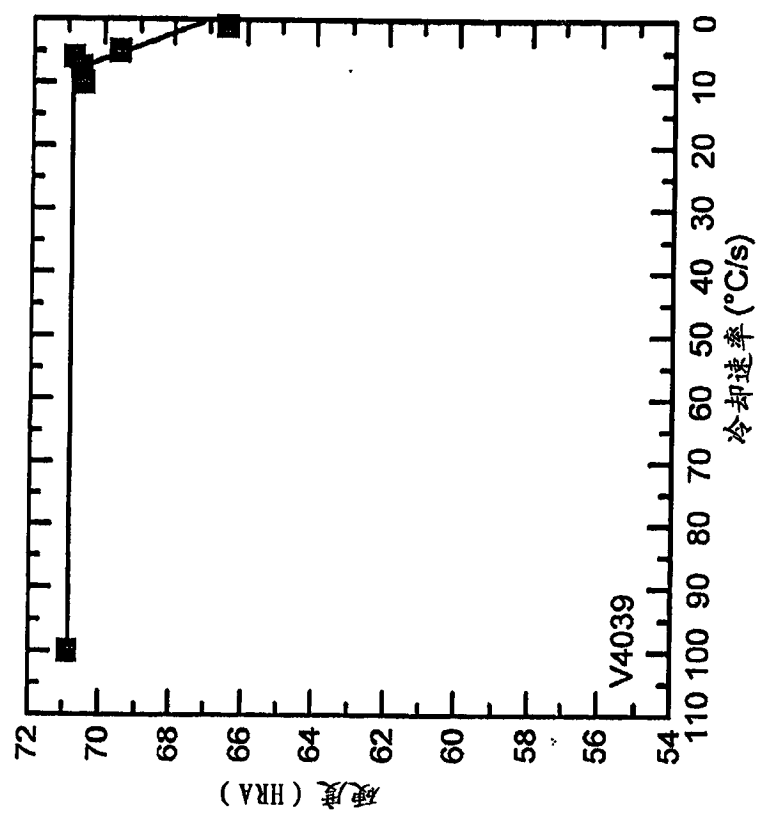


图 5

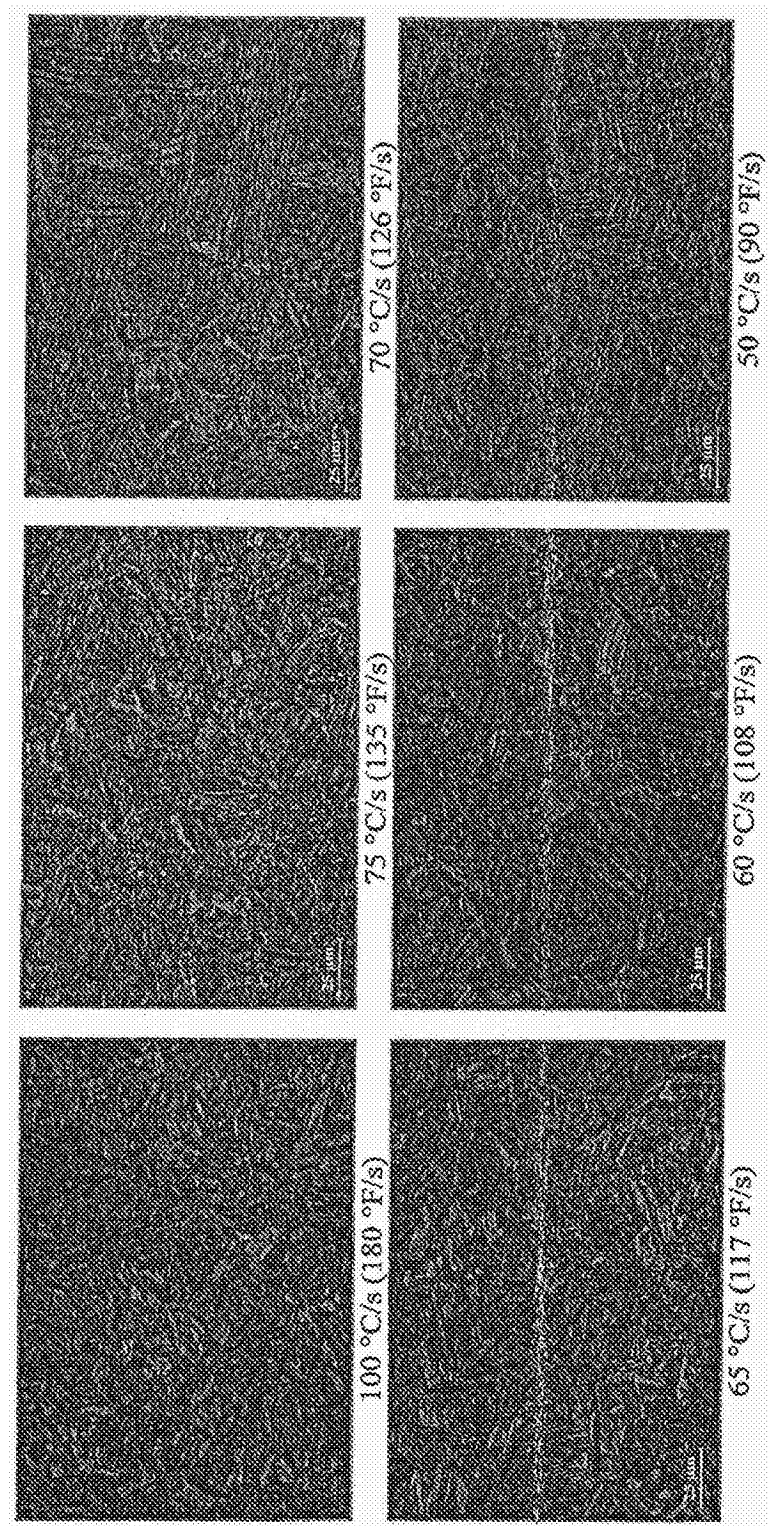


图 6

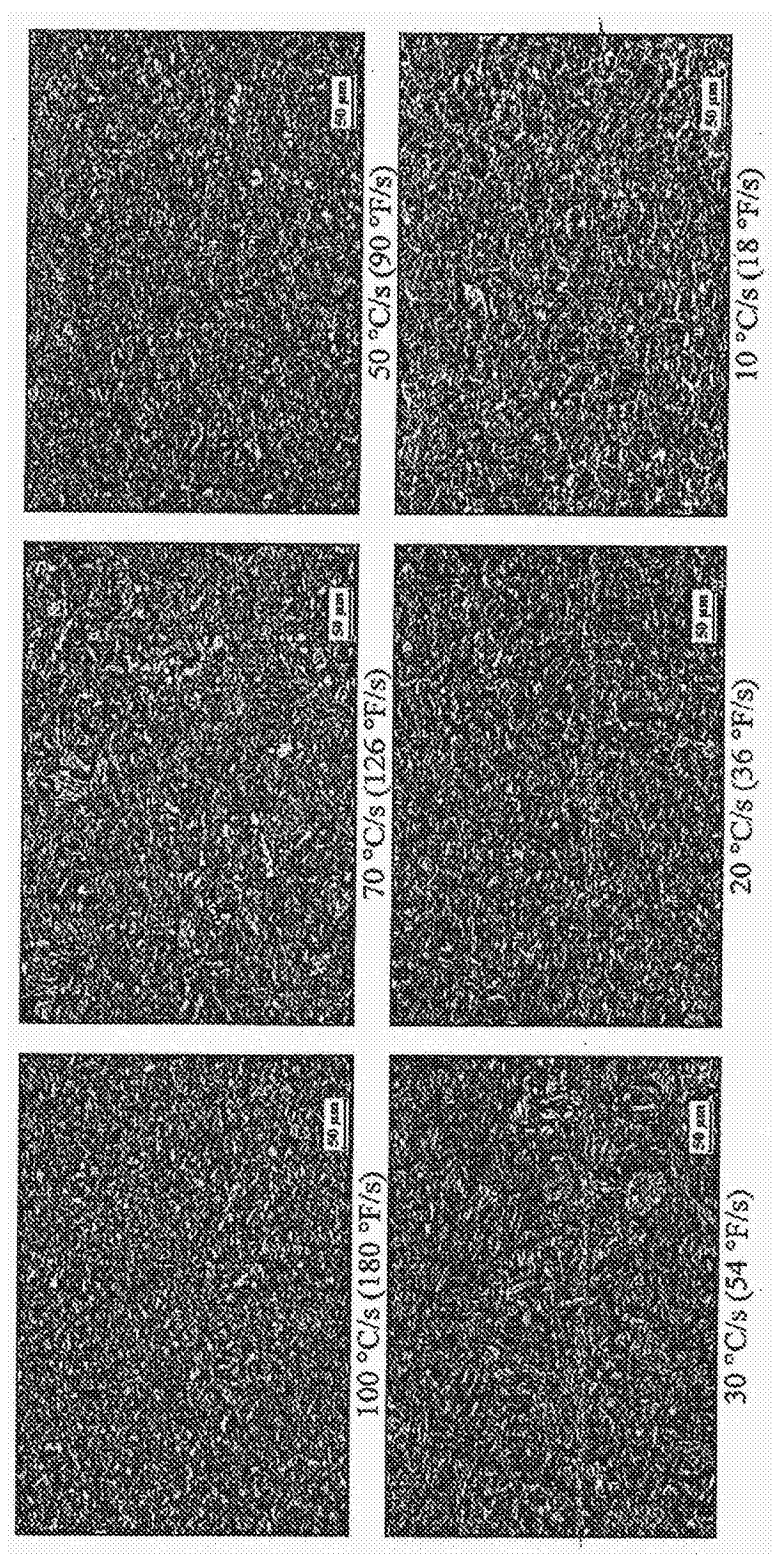


图 7

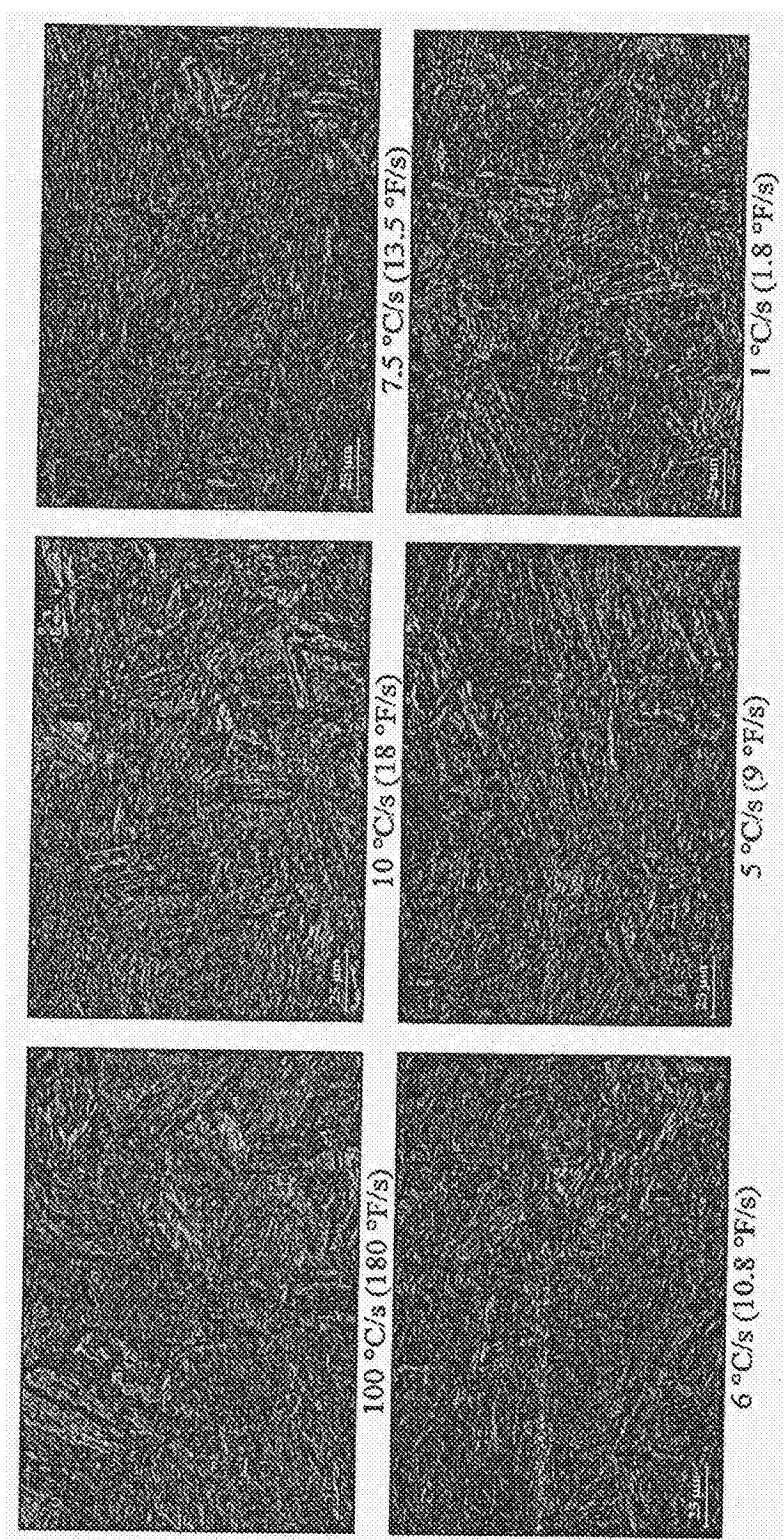
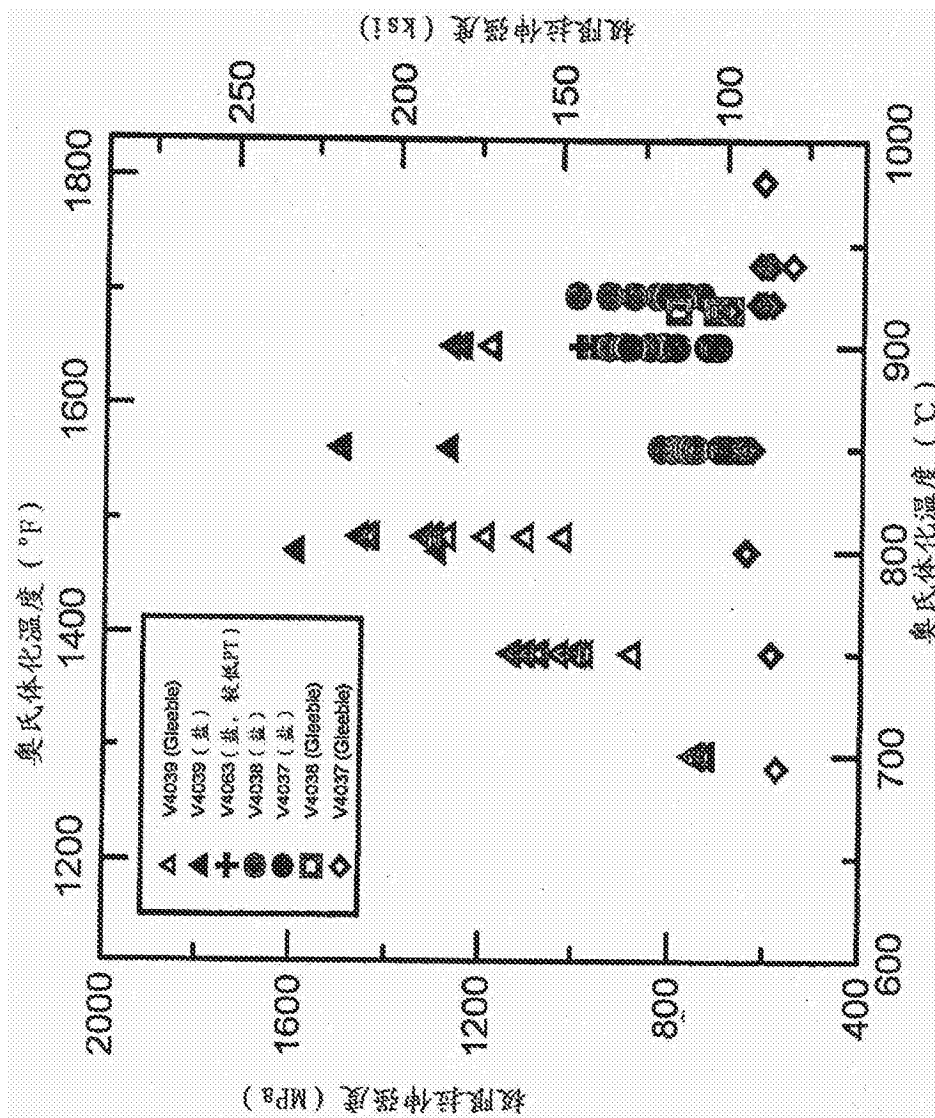


图 8



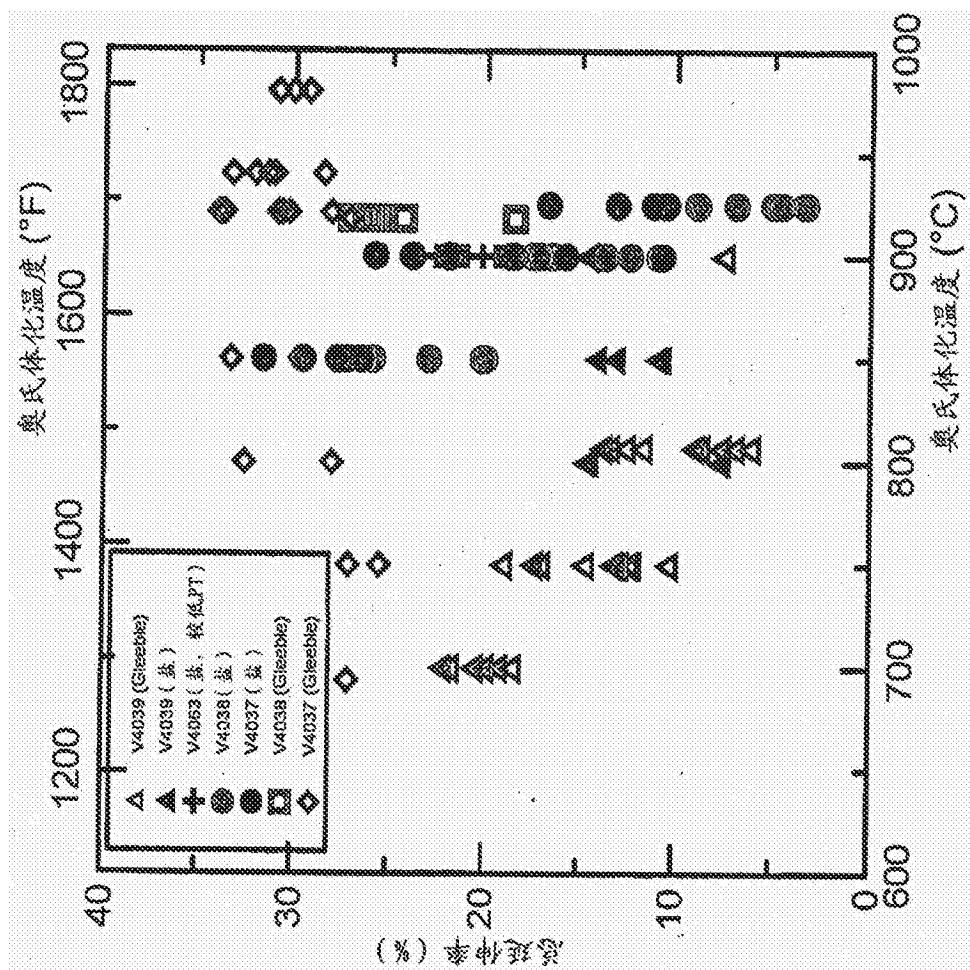


图 10

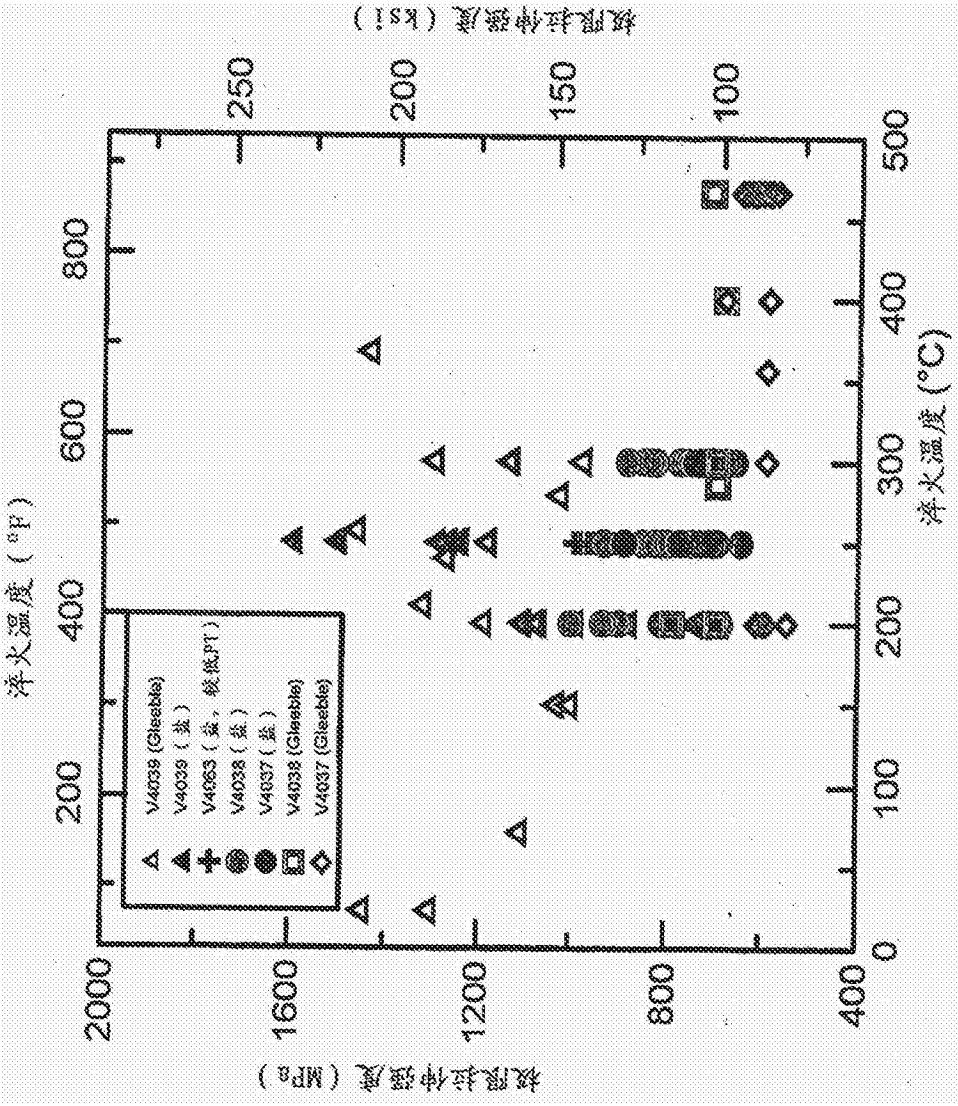


图 11

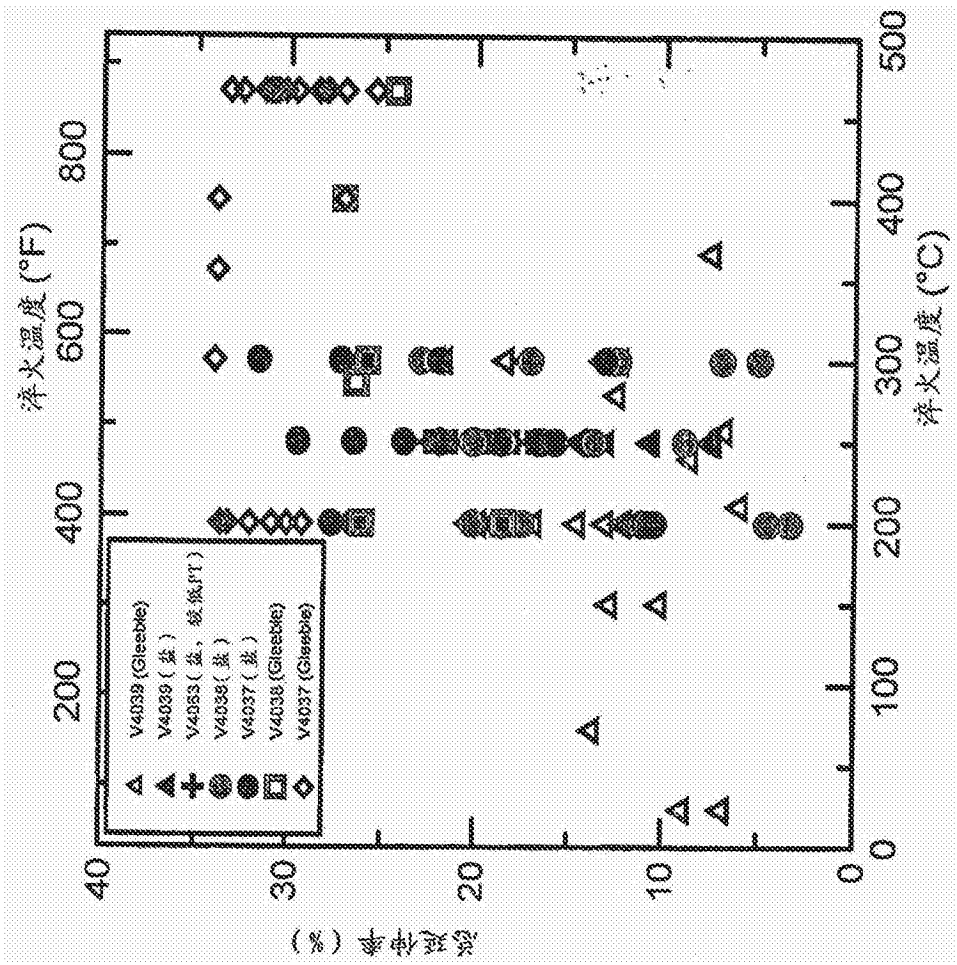


图 12