

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
B21B 1/02 (2006.01)



## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480008619.1

[43] 公开日 2006年5月3日

[11] 公开号 CN 1767910A

[22] 申请日 2004.2.13

[21] 申请号 200480008619.1

[30] 优先权

[32] 2003.2.24 [33] EP [31] 03075546.6

[86] 国际申请 PCT/EP2004/001502 2004.2.13

[87] 国际公布 WO2004/073900 英 2004.9.2

[85] 进入国家阶段日期 2005.9.28

[71] 申请人 科鲁斯技术有限公司

地址 荷兰艾默伊登

[72] 发明人 M·R·范德温登

[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  
代理人 蒋旭荣

权利要求书 4 页 说明书 12 页

### [54] 发明名称

处理钢制品的方法以及用所述方法生产的产品

### [57] 摘要

本发明涉及一种处理钢制品的方法，其中，为了轧制钢制品，让钢制品从轧机机架的一套旋转轧辊之间通过。根据本发明，轧机机架的各个轧辊具有不同的圆周速度，其中一个轧辊是快速转动辊，而另一个轧辊是慢速转动辊；快速转动辊的圆周速度比慢速转动辊的圆周速度高至少 5%、至多 100%；每个道次钢制品的厚度减小至多 15%；且轧制在最高温度为 1350℃ 时进行。本发明还涉及用该方法生产的钢制品以及这种钢制品的用途。

1. 一种处理钢制品的方法，其中，为了轧制钢制品，使钢制品通过轧钢机架的一组旋转轧辊之间，其特征在于：轧钢机架的轧辊具有不同的圆周速度，使得一个轧辊是快速转动辊，另一个轧辊是慢速转动辊；快速转动辊的圆周速度比慢速转动辊的圆周速度高至少 5%、至多 100%；每个道次钢制品的厚度减小至多 15%；且轧制在最高温度为 1350℃ 时进行。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，每个道次钢制品的厚度减小至多 8%，优选至多 5%。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，快速转动辊的圆周速度比慢速转动辊的圆周速度高至多 50%，优选高至多 20%。

4. 如前述的权利要求之一所述的方法，其特征在于，将轧钢机设计为轧辊具有不同的直径。

5. 如前述的权利要求之一所述的方法，其特征在于，轧辊有不同的旋转速度。

6. 如前述的权利要求之一所述的方法，其特征在于，以相对通过轧辊中心轴线的平面的垂线成 5-45° 之间的角度将钢制品引入轧辊之间，优选以 10-25° 之间的角度，更优选以 15-25° 之间的角度。

7. 如前述的权利要求之一所述的方法，其特征在于，在进行第一次轧制后，重复一次或多次轧制操作。

8. 如权利要求 7 所述的方法，其特征在于，每个道次钢制品都以相反的方向通过轧钢机架。

9. 如权利要求 7 所述的方法，其特征在于，钢制品依次通过两个或多个轧钢机架。

10. 如前述的权利要求之一所述的方法，其特征在于，权利要求 1-9 之一所述的轧制操作可在用轧钢机进行的轧制操作之前或之后进行，在轧钢机中各轧辊具有基本相同的圆周速度。

11. 如权利要求 1-10 中任一项所述的方法，其特征在于，对至少

表层具有基本上为奥氏体结构的钢制品进行轧制，优选地，对具有基本上完全是奥氏体结构的钢制品进行轧制。

12. 如权利要求 1-10 中任一项所述的方法，其特征在于，对至少表层具有基本上为奥氏体 - 铁素体两相结构的钢制品进行轧制，优选地，对具有基本上完全是奥氏体 - 铁素体两相结构的钢制品进行轧制。

13. 如权利要求 1-10 中任一项所述的方法，其特征在于，对至少表层具有基本上为铁素体结构的钢制品进行轧制，优选地，对具有基本上完全是铁素体结构的钢制品进行轧制。

14. 如权利要求 1-10 中任一项所述的方法，其特征在于，当钢制品的温度高于 0°C、低于 720°C 时进行轧制。

15. 如权利要求 14 所述的方法，其特征在于，对具有基本上为马氏体结构的钢制品进行轧制。

16. 一种生产钢制品的方法，其包括以下步骤：

- 连续铸造连铸钢坯；
- 可选择地加热铸机和轧制设备之间的连铸钢坯，和/或使其温度均匀；
- 在轧制设备的一个或多个轧机机架上可选择地轧制钢制品，该轧制设备的轧辊具有基本相同的圆周速度；
- 在上一次轧制步骤后，可选择地加速冷却；
- 在轧制之前或之后，有选择地将钢制品切割成钢板或卷材；
- 有选择地盘卷钢制品；
- 冷却钢制品；

其特征在于，在铸造连铸钢坯和加速冷却或盘卷或冷却之间，或在冷却后，用权利要求 1-10 的任一方法处理钢制品。

17. 如权利要求 16 所述的生产钢制品的方法，其特征在于，连铸钢坯的厚度低于 150mm，优选低于 100mm，更优选低于 80mm。

18. 如权利要求 16 所述的生产钢制品的方法，其特征在于，连铸钢坯的厚度低于 20mm，优选低于 10mm，更优选低于 5mm。

19. 如权利要求 16-18 所述的方法，其特征在于，生产的钢制品

是不锈钢产品。

20. 如权利要求 16-19 所述的生产钢制品的方法, 其特征在于, 对具有基本上为奥氏体结构的钢制品进行轧制, 然后对钢进行加速冷却; 钢制品主要包括铁素体、贝氏体和/或马氏体, 冷却后铁素体的含量优选至少为 60%, 更优选多于 70%, 甚至更优选多于 80%。

21. 如权利要求 16-20 所述的生产钢制品的方法, 其特征在于, 钢制品的平均晶粒尺寸小于  $5\mu\text{m}$ , 优选小于  $2\mu\text{m}$ , 更优选小于  $1\mu\text{m}$ 。

22. 如权利要求 1-21 中任一项所述的方法, 其特征在于, 钢制品在轧制步骤之前或之后受到热处理, 例如正火处理、完全退火、应力消除退火或球化退火处理。

23. 如权利要求 1-21 中任一项所述的方法, 其特征在于, 要进行轧制的钢制品的表面在轧制前覆盖上一层或多层。

24. 如权利要求 23 所述的方法, 其特征在于覆盖层是金属, 优选为另一种钢, 如具有不同成分的钢或不锈钢, 其中含有钛、镍、铜、铝或合金。

25. 如前述权利要求中任一项所述的方法生产的钢制品, 其厚度优选在 10-300mm 之间, 更优选在 20-160mm 之间, 例如为 60mm, 例如可用在建筑、桥梁、推土设备、管道、造船业和海上建筑上。

26. 如权利要求 1-24 中任一项所述的方法生产的钢制品, 其特征在于, 钢制品是小钢坯。

27. 一种型钢, 例如工字钢, 其特征在于, 型钢是用权利要求 26 所述的小钢坯生产的。

28. 如权利要求 1-24 中任一项所述的方法生产的钢制品, 其特征在于, 起点是钢锭, 在钢制品中, 其中心处孔的最大尺寸优选小于  $200\mu\text{m}$ , 更优选小于  $100\mu\text{m}$ , 进一步优选小于  $20\mu\text{m}$ , 甚至更优选小于  $10\mu\text{m}$ 。

29. 用权利要求 1-10 之一所述的方法通过连铸生产的钢板、带材或小钢坯, 其特征在于, 板材、带材或小钢坯的中心处孔的最大尺寸优选小于  $200\mu\text{m}$ , 更优选小于  $100\mu\text{m}$ , 进一步优选小于  $20\mu\text{m}$ , 甚至

更优选小于 10 $\mu\text{m}$ 。

30. 如权利要求 16-21 之一所述方法生产的钢带，例如用在汽车、运输设备、桩材、建筑物、构架的零件上。

31. 如权利要求 23 或 24 所述的方法生产的复合钢制品，例如用在管道、化学工厂、发电厂、容器、压力容器上。

32. 如权利要求 16、17、18 或 21 所述的的方法产生的钢带，其特征在于，所述钢是 HSLA 钢，它包括铌、钛、钒或硼元素中的至少一种，或者所述钢是超低碳钢，优选为至少部分稳定的超低碳钢，更优选具有钛、铌或硼元素中的至少一种。

## 处理钢制品的方法以及用所述方法生产的产品

### 技术领域

本发明涉及一种处理钢制品的方法，在此方法中，钢制品通过轧机机架的一组旋转轧辊之间。这个轧机机架可以是轧制设备的一部分，轧制设备由一个或多个轧机机架组成。

### 背景技术

轧制是一种非常标准的操作，它可赋予一般的金属（尤其是钢）所希望的尺寸和性能。除了使钢制品获得所希望的最终几何形状以外，由于轧制时和轧制后发生冶金过程，因此轧制也可使结构有所改善。

不过，对于宽的产品，通常认为传统的轧制是一个平面应变压缩过程，可引起相当大的厚度变化，在一些情况下，这点是不希望的或是不可能的。例如，在重型建筑中，尤其是生产海上作业平台或桥时，必须使用 60 - 150mm 厚的钢板。目前，由于铸钢板的最大厚度小于 400mm，而轧制到 150mm 引起的厚度变化只相当于大约 60%。通常通过传统的轧钢机架的每个道次可引起 10-30% 的厚度变化。

钢板铸造有时导致形成多孔结构，这个特性是铸造过程固有的。由于钢板轧制的次数足够多，这一多孔结构就会被施加的压力关闭。不过，如果必须形成非常厚的板，则轧制仅能关闭钢板最外层的孔，而不能关闭材料心部的那些孔。不过，这些材料心部的孔对材料的机械性能、尤其是板的韧性非常不利。晶粒细化也仅发生在板的最外层。为了施加压力关闭孔，并且为了实现晶粒细化（甚至是在板的中心），所以厚钢板的轧制程度必须高一些，然而将钢板的起始厚度和钢制品的最终厚度结合起来，通常不允许厚度大幅减小。

在使用小样本实验室条件下，用等通道转角挤压（ECAE）方法可以将一个大的等效应变引入到产品中而不会使厚度大幅减小，等通道转角挤压方法可以不改变样品的尺寸而使其产生极大的剪切应变。

在等通道转角挤压方法中，使小钢坯（billet）受挤压地通过钢模，钢模具有两个横截面相等且以某一角度相交的通道。在理想条件下，在穿过两个通道的交会平面时，小钢坯受到剪切，剪切量由两通道之间的角度决定。在这一过程中，由于横截面没有变化，因此可以重复该过程，这样会积聚应变。不过，由于需要很高的加工力，并且不可能将这一工艺提升到适应常规尺寸的扁平产品，因此这种实验室技术不能应用在钢制品的工业生产中。

### 发明内容

因此，本发明的一个目的在于提供一种方法，它可将大的等效应变引入到钢制品中而不会使产品厚度产生相同的减小。

本发明的目的之一也在于提供一种处理钢制品的方法，它可使生产的产品性能有所改善。

本发明的另一个目的还在于提供一种处理钢制品的方法，它可使其生产的产品晶粒细化。

本发明的另一目的还在于提供一种处理连续铸钢的方法，该方法可改善钢板或带材的性能。

本发明的另一目的在于提供一种处理连铸钢坯或线材的方法，该方法可以关闭铸造材料的孔。

本发明的另一目的也在于提供一种机械性能改善了的钢制品，该钢制品是利用这种方法生产的。

### 具体实施方式

在本发明中，应该认为钢包括所有的铁合金，例如超低碳钢、低碳钢、中到高碳钢、铁心硅钢和不锈钢。本发明中的钢制品包括钢锭、钢板、大钢坯、小钢坯、棒材、钢条、线材和型材。

处理连续铸钢产品的方法可达到这些目的中的一个或多个，在此方法中，为了轧制钢制品，钢从轧钢机架的一套旋转轧辊之间通过，其中，轧钢机架的轧辊有不同的圆周速度，使得一个轧辊是快速转动辊，另一个轧辊是慢速转动辊，其中，快速转动辊的圆周速度比慢速转动辊的圆周速度高至少 5%，至多 100%，对于每个道次，钢制品的

厚度减小至多 15%，并且轧制发生的最高温度为 1350℃。

由于轧辊具有不同的圆周速度，因此剪切会发生在钢制品中，而且已经发现在产品的整个厚度上都会发生。已经发现，这需要至少 5% 的速度差。剪切可引起连续铸材的孔关闭到一个很大的程度。这并不需要有很大厚度变化，至多 15% 的厚度变化就能使孔关闭。厚度的减小量优选为至多 8%，更优选为至多 5%。这在处理那些钢制品的过程中非常有利，由于要基本保持厚度，因此在处理开始时，钢制品的尺寸在厚度方向上不允许大幅减小。

除此以外，重要的是本发明所述的轧制可引起晶粒细化，晶粒细化发生在轧制材料的整个厚度上，这对钢板或线材的机械性能是有利的。除此以外，材料的强度有所提高。较小的晶粒尺寸的有益影响已被熟知。

轧制优选在高温下进行。不过，由于要避免在即将生产的钢制品的表面上形成低熔氧化物，因此最高温度限制在 1350℃。高温可使轧制运行得更平稳。

也希望本发明所述的处理可生产宽展较小的辊轧板。

优选地，快速转动辊的圆周速度比慢速转动辊的圆周速度高至多 50%，更优选高至多 20%。如果轧辊之间的速度差很大，那么在轧辊和钢制品之间就会有很大滑动危险，这可导致剪切不均匀。

根据有益的实施例，轧钢机如此设计，即轧辊有不同的直径。这样可以获得所希望的圆周速度差。

根据另一个有益的实施例，轧辊有不同的旋转速度，这也可以获得所希望的旋转速度差。

为了获得轧辊的所希望的圆周速度差，可以将后两种方法——即不同直径的轧辊和不同旋转速度的轧辊结合起来。

根据这种方法的一个优选实施例，以相对通过轧辊中心轴线的平面的垂线成 5-45° 之间的角将钢制品引入轧辊之间。将钢制品以一定的角度引入轧辊之间可使轧辊更容易地夹紧钢制品，所以可以使厚度的变化可保持尽可能的低。试验也表明，如果以一定的角度将钢制品引

入轧辊之间，那么轧制后钢制品的平直度有所提高。钢制品优选以 $10-25^{\circ}$ 之间的角度引入，更优选 $15-25^{\circ}$ 之间的角度。因为以这样的角度，钢制品可以以很高水平的平直度从轧机出来。应该指出后者的影响也取决于钢制品尺寸的减小量、钢制品和合金类型、以及温度。

为了这个目的，在轧制完第一次后，处理操作优选再重复1次或多次。例如，足够好的晶粒细化可通过进行本发明所述的处理操作3次获得。不过，处理操作执行的次数取决于钢制品的厚度、轧辊的圆周速度差和所希望的晶粒细化。在每一次处理操作中，希望以 $5-45^{\circ}$ 之间的角度将钢制品引入轧辊之间，优选在 $10-25^{\circ}$ 之间，更优选 $15-25^{\circ}$ 之间。

如果本发明所述的处理过程可以重复多次，在一个优选实施例中，对于每个道次，钢制品能以相反的方向通过轧钢机架。然后每次轧制操作后，钢制品可改变方向，总是通过同一台轧钢机架。这种情况下，对于每个道次，轧辊必须以相反方向旋转。也是在这种情况下，希望每种情况下的钢制品都以一定的角度引入到轧辊之间。

在另一个优选实施例中，钢制品依次通过2个或多个轧钢机架。这种方法主要适合带材，带材可以这种方式迅速地进行所希望的处理操作。

在本发明的一个优选实施例中，对钢制品进行轧制，该钢制品至少表层有基本上为奥氏体的结构，优选整个钢制品上有基本上为奥氏体的结构。典型的最小温度范围从超低碳钢的 $900^{\circ}\text{C}$ 到低碳钢的 $800-870^{\circ}\text{C}$ （当然取决于化学组成）到含 $0.8\%$ 碳的钢的大约 $723^{\circ}\text{C}$ 。在所有情况下，最高温度为 $1350^{\circ}\text{C}$ 。在轧制奥氏体不锈钢时，轧制总是发生在奥氏体结构上。

在第二个优选实施例中，对钢制品进行轧制，该钢制品至少表层有基本上为奥氏体-铁素体的两相结构，优选整个钢制品上有基本上为奥氏体-铁素体的两相结构。对于低碳钢，典型的温度范围是从 $723^{\circ}\text{C}$ 开始以 $800-870^{\circ}\text{C}$ 结束。随着碳含量增加，温度范围逐渐降低以降到大约 $723^{\circ}\text{C}$ （含 $0.8\%$ 碳的钢）的共析点。

在第三个优选实施例中，对钢制品进行轧制，该钢制品至少表层有基本上为铁素体的结构，优选整个钢制品上有基本上为铁素体的结构。对于碳含量高于 0.02% 的低碳钢，最高温度大约为 723℃，而对于低碳含量的钢（如超低碳钢），最高温度大约为 850℃。在这里应该指出，铁素体、铁素体 - 奥氏体和奥氏体区的这些温度界限取决于钢的组成和钢的热机械历史。一旦超过临界温度，相变就不是瞬间发生的，所以与钢制品的中间层相比，相变钢可有一不同相的表层。

在本发明的另一个优选实施例中，轧制在 0-720℃ 之间进行。这不仅包括铁素体钢制品的冷轧，而且还包括马氏体结构或奥氏体不锈钢结构的优选轧制。

利用轧钢机进行的轧制操作前后使用这种方法是可能的，轧钢机的轧辊有基本相同的圆周速度。这样，以这个实施例，可精确地赋予产品所希望的厚度或光滑度。

在另一个优选实施例中，生产钢制品的方法包括如下步骤：

- 连续铸造连铸钢坯；
- 可选择地加热铸机和轧钢设备之间的连铸钢坯和/或使其温度均匀；
- 可选择地在轧制设备的一个或多个轧钢机架中轧制钢制品，轧制设备具有圆周速度基本相同的轧辊；
- 在上一次轧制步骤后，可选择地加速冷却；
- 在轧制前后，可选择地将钢制品切割成钢板或卷材；
- 可选择地盘卷钢制品；
- 冷却钢制品。

生产钢板的最普遍的方法是连续铸造连铸钢坯，将其切割成厚度在 200-400mm 之间的钢板。铸造后，在将这些钢板引入到带钢热轧机加热炉之前，需将其冷却至周围温度。在一些情况下，当铸造的钢板仍暖或热时，可以将它引入到加热炉中（分别称为“热装”或“直接装料”）。

连铸钢坯的厚度优选低于 150mm，在薄钢板铸造时，更优选低于

100mm，甚至更优选低于 80mm。

铸造后可以用切割设备切割连铸钢坯。如此获得的钢板可以保存以备后面的处理，使其冷却，或者立即进行处理。在前一种情况下，钢板在轧制前需要再次加热，在后一种情况下，钢板需要温度均匀。在完成轧制后，轧制的产品可用加速冷却使其冷却，可选择地盘卷。在最后的工艺步骤之后，钢制品冷却或被冷却至周围温度。如果连铸钢坯没有被切割成钢板，但立即进行连续的、无头或半无头轧制处理，轧制的产品将要在轧制过程的后面阶段切割，例如可选的卷取机之前。很明显，本发明所述的轧制可发生在铸造步骤和最后冷却步骤之间、或甚至之后的任何地方。

在盘卷之前，钢制品可能受加速冷却。在最后的工艺步骤之后，钢制品冷却或被冷却至周围温度。

在本发明的另一实施例中，连铸钢坯的厚度优选低于 20mm，更优选低于 10mm 和甚至更优选低于 5mm。

在铸造后，可以用切割设备切割具有铸态显微结构的连铸钢坯。如此获得的钢板可以保存以备以后处理，使其冷却，或者可以立即处理这些钢板。在前一种情况下，在轧制前，钢板可能需要再次加热，或者它们可以作为成品。在后一种情况下，钢板可能需要温度均匀。带材铸钢制品的一个缺点是最终产品在很大程度上仍具有铸态显微结构，这是因为带材几乎没有被轧制。因而，最终产物的机械性能相对较差，所以最终产物的用途受到限制，不能满足用传统的厚钢板或者甚至最近的薄钢板方法获得的产品的标准。在本发明所述的轧制过程中，显微结构从铸造结构转变到锻造显微结构而基本上没有减少厚度，以此来大大地改善钢制品的最终性能。在完成轧制后，轧制的产品可以用加速冷却来冷却，可选择地盘卷。在最后的工艺步骤之后，钢制品冷却或被冷却至周围温度。如果连铸钢坯没有被切割成钢板，但是已立即被连续的、无头的或者半无头的轧制处理，轧制的产品将要在轧制过程的后面阶段切割，例如在可选的卷取机之前。在完成轧制后，轧制的产品可以用加速冷却来冷却。在最后的工艺步骤之后，钢制品

冷却或被冷却至周围温度。此外，很明显，本发明所述的轧制可以发生在铸造步骤和最后冷却步骤之间，或者甚至之后的任何地方。

如果根据前两个实施例进行处理的钢制品是不锈钢，可以获得另外的好处。

在本发明中，不锈钢包括铁素体、奥氏体-铁素体双炼钢和奥氏体不锈钢。这些钢通常用在非合金或低合金钢的耐腐蚀性不足的场合。耐腐蚀、高强度和良好的延展性通常与二相合金不锈钢相关，三者相结合可用在铁素体和奥氏体不锈钢的成形性不足的场合。根据 EN10088(1995)的铁素体不锈钢的典型例子是 X2CrNi12-1.4003(410) X6Cr14-1.4016(430)，奥氏体不锈钢的典型例子是 X5CrNiMo17-12-2 1.4401(316) X5CrNi18-10-1.4301(304)。一般情况下，这些钢作为通用的不锈钢用在板材、带材、semi-、钢条、棒材上，并用作建筑用钢、管道、厨房用具、泵和阀的零件等。

每个道次钢板或带材的厚度优选减小至多 15%，和更优选每个道次减小至多 8%和更优选每个道次至多 5%。由于剪切，所以轧辊之间的圆周速度差可引起晶粒细化，获得晶粒细化可不需要减小材料的厚度。减少厚度主要是为了使轧辊夹紧材料。这仅需要很小的厚度变化，这对薄的连铸钢板、带材铸造材料和带材是有利的。每个道次后，减小量越小，钢板或带材保持越厚。所以，连铸钢板和带材的可能应用增加。利用本发明所述的方法，可以赋予钢制品更好的机械性能，而基本上不需要减小厚度。由于本发明所述的方法可用于赋予已经相对较薄的钢制品更好的性能，所以希望具有较好的机械性能的较厚的连铸板和带材也得到工业应用。

在生产含有一种或多种元素 Nb、V、Ti、或 B 的高强度微合金钢带（这些钢种通常称为 HSLA 钢，即高强度低合金钢）时，在带钢热轧机中，根据众所周知的形变轧制的原理，生产较大厚度的钢是有困难的。用于开始轧制过程的连铸钢板的固定厚度通常在 200-350mm 之间，例如 225mm。通常轧钢机也分成粗轧部分，在此处钢板轧制许多道次（例如 5 道次）来达到所选的厚度，例如 36mm。通常这个所谓

的传动杆 (transfer bar) 的厚度在特定的带钢热轧机内是固定的, 与这个固定值的偏差极小。增加该值可产生与该固定值的偏差, 这通常会在精轧机上产生超过运行限制的轧制力或扭矩, 从而危及轧钢机或导致产品的形状和轮廓变得不能接受。降低传动杆的厚度通常会导致超过运行限制的粗轧机的轧制力或扭矩。不过, 传动杆的固定值也产生一个问题, 因为它可以引起厚钢带 (如 18mm) 和薄钢带 (例如 4mm) 的减小值不同。在第一种情况下, 精轧机的总减小量为 50%, 第二种情况是 89%。在热轧期间和热轧后, 这对钢的显微结构的发展有很大的影响, 这是因为热力学条件大不相同, 这可导致变形奥氏体的再结晶不同和微合金元素的沉淀动力学不同。因而, 在轧制后的冷却过程中, 相变也受到影响。在本发明的一个优选实施例中, 不需要增加传动杆厚度即可提高钢制品的变形程度, 或者当钢制品的最终厚度增加时, 可以保持变形程度不变。

就型材而言, 变形程度对最终产品的性能也是重要的。例如, 已经知道, 被轧制成型材 (例如工字钢) 的小钢坯通常有一部分几乎没有经过任何轧制, 所以这部分很少或没有发生晶粒细化。小钢坯的截面规格通常在 200 - 400mm 之间, 例如 230mm 或 310mm。在钢板/大钢坯/小钢坯阶段, 在再加热到最高 1350°C 后, 对它们进行轧制。精轧通常在钢为奥氏体且边缘厚度在 10 - 150mm 之间的温度下发生。用作这些型材的典型钢种的非限制性的例子包括 CMn 钢和 HSLA 钢。由于小钢坯的变形程度较大, 因此本发明所述的处理允许小钢坯有较细的晶粒尺寸, 也可减小小钢坯的孔的尺寸, 因而可产生更好的断裂韧性。

最近基础研究结果已经表明, 可通过减小晶粒尺寸来提高诸如强度、韧性和耐腐蚀性之类的性能。通过控制晶粒的结构, 已经开发出晶粒尺寸非常细小的钢。与传统钢相比, 这些钢不仅提供更高的抗拉强度, 也可提高韧性、耐久性和抗腐蚀性。通过在低轧制温度下产生很大的厚度减小, 而将这项技术应用在带钢热轧机中, 所以轧制力和扭矩可提高到极高水平。不过, 提出的获得超细铁素体晶粒的方案依

赖于在低热轧温度下通过一般轧制（即平面应变压缩）进行的晶粒细化，并且需要一台有力的轧钢机。而且，对材料施加强度的厚度减小可获得所希望的变形水平。在本发明的处理中，由于在钢中应变的积聚，因此晶粒可以大量减少，并且厚度基本上不减小。获得的钢制品的平均晶粒尺寸优选小于  $5\mu\text{m}$ ，更优选小于  $2\mu\text{m}$ ，甚至更优选小于  $1\mu\text{m}$ 。

根据本发明的另一实施例，由于在钢中应变的积聚，因此复相钢的性能会意外地改善，并且厚度基本上不减小。当钢制品在奥氏体状态下进行轧制并且随后进行加速冷却时，很大的积聚变形程度使钢转变成非常细小的铁素体晶粒和由贝氏体或马氏体组成的均匀分布的细粒次生相。也存在少量碳化物。这种钢制品的铁素体含量优选至少 60%，更优选至少 70%，甚至更优选至少 80%。获得的钢制品的平均晶粒尺寸优选小于  $5\mu\text{m}$ ，更优选小于  $2\mu\text{m}$ ，甚至更优选小于  $1\mu\text{m}$ 。

在钢板（例如碳锰型钢板或 HSLA 型钢板）的传统生产中，起点是具有通常厚度（200-350mm 之间）的连铸钢板。这些钢板在再加热炉中可再加热至 1000-1350℃ 之间。再加热后，这些钢板被轧制成 30-200mm 之间的厚度，优选 40-150mm 之间的厚度，并且保持在某一温度，例如通过屏蔽以防冷却来保持。在高温保持期，由于发生晶粒生长，最后钢板的最终机械性能也可能变差。众所周知较大的晶粒尺寸降低钢制品的延展性和韧性。屈服强度随着晶粒尺寸的增加而降低也是众所周知的。因而，在保持期应避免晶粒生长。通常来说可通过加速冷却来避免。不过，使用加速冷却的不利影响在于会使钢板的中心部分和表面部分之间的温度差增大。这个温度差对钢板的最终显微结构的均匀性产生不利影响。

在许多情况下，在生产工艺中钢板接受热处理。例如正火处理，其中钢板被再加热成奥氏体区，并且允许它在静止空气中或在回火退火中或在应力消除退火中冷却，它们的目的在于降低内部应力的水平。热处理的另一例子是球化（spheroidisation）处理，在此处理中，细长的碳化物被转变成或多或少的球形颗粒。这些碳化物可以是铁的碳化物（例如碳化铁）或其它金属的碳化物（如碳化铬）。这种类型的

退火处理通常用在碳含量高于0.8%的钢上。不幸的是，大多数的这些热处理、尤其是球化处理需要很长时间，经常导致带材表面部分脱碳，由此反过来会影响其性能。

本发明的轧制也能在0-720℃之间的低温下进行。当在低温下运行（即冷轧）时，由于破坏了不需要的颗粒，因此可望获得轧制的特殊好处。由于颗粒的破坏，钢制品的最终性能有所提高。轧制过程产生的剪切破坏了钢制品中的颗粒，例如金属碳化物（如碳化铁或碳化铬），这可提高韧性。颗粒的破坏也影响钢制品的热处理响应。可以采用不同的加热和冷却方式，这可提高热处理阶段、例如球化退火处理阶段的生产量，或者得到改进的产品。

本发明的方法也可在钢制品的热处理之前或之后进行。这些热处理的例子是众所周知的正火处理、应力消除退火处理、回火退火处理或球化退火处理。

在本发明中，钢制品也包括这样一种钢，即在本发明所述的轧制之前，在一个或两个即将轧制的钢表面上覆盖一层或多层。一个或两个表面上覆盖有一层或多层金属的钢制品的结合体通常被称为复合板或带材。在生产复合板时有三种方法可将金属覆盖物结合到钢基材上，即爆炸焊接、辊压结合和堆焊（weld overlay）。影响复合板质量的一个重要因素是基材和复合层之间的粘接质量。这是辊压结合生产的复合板的特殊难题，这是因为在传统轧制中基材和复合层之间或复合层之间的界面的应力状态是只有压力的。在优选实施例中，在轧制前，即将轧制的钢制品的表面覆盖上一层或多层。覆盖层可以是一种金属，优选另外的钢，例如不同成分的钢或不锈钢，其中含有钛、镍、铜、铝或合金。这样，例如生产层状材料是可能的，层状材料例如用在如管和管道系统、化学工厂、发电厂、容器、压力容器中的复合层材料。

本发明也涉及一种由连续铸造生产的改善的金属板或带材，优选使用本发明第一方面的方法，在此方法中金属板或带材中心处孔最大尺寸小于200 $\mu\text{m}$ ，优选小于100 $\mu\text{m}$ ，更优选小于20 $\mu\text{m}$ ，甚至更优选小于10 $\mu\text{m}$ 。由于连续铸造，连铸板和带材总是有显著大于200 $\mu\text{m}$ 的

孔。标准轧制操作仅能在很小程度上关闭这些中心处的孔或根本不能关闭。本发明所述的轧制操作可以提供孔非常小的连铸板和带材。

本发明也涉及一种连续铸造生产的改善的金属板或带材，优选使用本发明第一方面的方法，在此方法中，金属板或带材的整个厚度在再结晶后有基本均匀的再结晶程度。由于本发明所述的轧制操作，所有晶粒（包括中心的那些）都受剪切的事实，意味着在整个厚度上连铸板和带材将要再结晶。

本发明也涉及根据本发明生产的钢制品，优选其厚度在 10-300mm 之间，更优选在 20-160mm 之间，例如 60mm，例如用在建筑、桥、推土设备、管道、造船业和海上建筑中。

本发明也涉及根据本发明生产的小钢坯，例如用作生产型钢的原材料，例如工字钢。

本发明也涉及根据本发明生产的钢制品，其中，起点是钢锭，在此钢制品中产品的中心处的孔优选最大尺寸小于 200 $\mu\text{m}$ ，更优选小于 100 $\mu\text{m}$ ，进一步优选小于 20 $\mu\text{m}$ ，甚至更优选小于 10 $\mu\text{m}$ ，根据本发明的连续铸造和处理生产的钢制品也是如此，金属板或带材的中心处的孔最大尺寸小于 200 $\mu\text{m}$ ，更优选小于 100 $\mu\text{m}$ ，进一步优选小于 20 $\mu\text{m}$ ，甚至更优选小于 10 $\mu\text{m}$ 。

本发明也涉及根据本发明生产的钢带，例如，用在汽车、运输设备、桩材、建筑物、构架的零件和例如用在管、化学工厂、发电厂、容器、压力容器的复合钢制品以及钢带，其中，钢是 HSLA 钢，包括铌、钛、钒或硼元素中的至少一种，或者是一种超低碳钢，优选至少部分稳定的钢，优选具有钛、铌或硼元素中的至少一种。

下面将参考示例性的实施例来解释本发明。

用一种含钛的稳定的超低碳钢、碳锰钢和铌微合金 HSLA 钢的钢板进行试验。

钢板以不同的角度（在 5-45°之间变化）引入。当把它们引入到轧钢设备时，钢板的温度大约为 1000 $^{\circ}\text{C}$ 。两个轧辊以每分钟 5 转的速度被驱动。

轧制后钢板有一定的曲率，这主要取决于引入的角度。轧制后钢板的平直度很大程度上由引入的角度决定，在这种情况下，最优引入角度取决于钢板的减小程度、材料和合金的类型以及温度。对于上述的试验中轧制的钢板，最优引入角度大约是 20°。

根据上述试验中轧制的钢板的剪切角为 20°。用这个度量和钢板的减小量，可以用下面的公式计算等效应变。

$$\varepsilon_{\text{等效}} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{(\varepsilon_{xx}^2 + \varepsilon_{yy}^2)}$$

这个公式可以用来表示一维上的应变，来源于“Fundamental of metal forming”（金属成形基本原理）一书（R.H.Wagoner 和 J.L.Chenot, John Wiley and Sons 于 1997 年出版）。

所以，在根据该试验轧制的钢板中，等效应变为

$$\varepsilon_{\text{等效}} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{\left\{ \left[ \ln\left(\frac{32.5}{30.5}\right) \right]^2 + \left[ \frac{1}{2} (\tan 20^\circ) \right]^2 \right\}} \approx 0.25$$

在普通轧钢机的轧制中，在钢板的厚度上不发生剪切，所以，等效应变只是

$$\varepsilon_{\text{等效}} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{\ln\left(\frac{32.5}{30.5}\right)^2} \approx 0.07$$

（以均匀的应变为基础对钢制品的整个厚度进行计算）

所以，用本发明的方法轧制产生等效应变，其比用传统轧制的等效应变高 3-4 倍，而没有任何圆周速度差。在钢板中，高的等效应变意味着较少的多孔率、更多的再结晶，从而有很好的晶粒细化和更广泛破坏的次生相颗粒（组成颗粒）。如果等效应变提高，一般来说，工程领域的技术人员都知道这些影响。所以，由于使用根据本发明的方法，根据本发明的轧制意味着材料的性能有很大的改善。