

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2017 年 2 月 23 日 (23.02.2017)



(10) 国际公布号
WO 2017/028552 A1

- (51) 国际专利分类号:
B21B 1/18 (2006.01) *B21B 9/00* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/080088
- (22) 国际申请日: 2016 年 4 月 23 日 (23.04.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201510503150.9 2015 年 8 月 17 日 (17.08.2015) CN
- (71) 申请人: 江苏大学 (JIANGSU UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。
- (72) 发明人: 王宏明 (WANG, Hongming); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。 李桂荣 (LI, Guirong); 中国江苏省镇江市学府路 301 号, Jiangsu 212013 (CN)。
- (74) 代理人: 北京德崇智捷知识产权代理有限公司 (JW IP LAW FIRM); 中国北京市朝阳区酒仙桥路 14 号 A5 楼 7 层 701, Beijing 100015 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。
- 本国际公布:
— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

(54) Title: METHOD FOR ROLLING METAL WIRE OR ROD WITH ASSISTANCE OF COMBINED STATIC MAGNETIC FIELD

(54) 发明名称: 组合静磁场辅助作用下轧制金属线棒材的方法

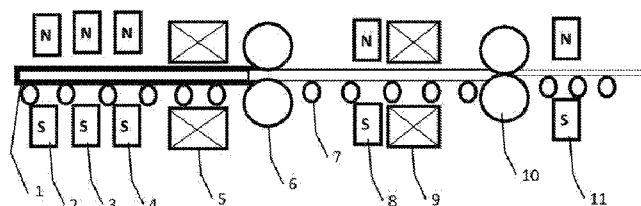


图 1

(57) Abstract: A method for rolling a metal wire or rod with the assistance of a combined static magnetic field. A combined static magnetic field is applied before and during extrusion and pulling of a metal wire or rod. A specific method is: providing, in a moving direction of a metal wire or rod, a gradient static magnetic field generated by a combination of a permanent magnet (2, 3, 4, 8, 11) and a steady electromagnet (5, 9); and after a raw material (1) for rolling the metal wire or rod is processed by the gradient static magnetic field, performing rolling extrusion and pulling on the material. For multiple passes of rolling extrusion and pulling, the static magnetic field processing is performed before each pass of rolling. By means of the method, the deformation resistance of the material is significantly reduced, defects of rolling are decreased, the size accuracy and uniformity of finished products is high, and the mechanical properties, especially strength and toughness, of the material are enhanced, thereby realizing the reinforcement of both the strength and toughness of the material.

(57) 摘要: 一种组合静磁场辅助作用下轧制金属线棒材的方法, 在金属线棒材挤压拉拔前和挤压拉拔的过程中施加组合静磁场, 具体方法是在金属线棒材行进方向上设置永恒磁体(2,3,4,8,11)和稳恒电磁体(5,9)组成的梯度静磁场, 轧制金属线棒材的坯料(1)经梯度静磁场处理后进行轧制挤压和拉拔, 对于多道次的轧制挤压和拉拔, 在每道次轧制前都经静磁场处理, 采用上述方法使得材料的变形抗力显著降低, 轧制缺陷减少, 成品的尺寸精整度高, 材料的机械性能特别是强度和韧性提高, 实现材料强韧性的同时强化。

WO 2017/028552 A1

组合静磁场辅助作用下轧制金属线棒材的方法

技术领域

本发明主要涉及金属线棒材挤压轧制和拉拔技术领域，特别涉及到组合静磁场辅助作用下轧制金属线棒材的方法。

背景技术

金属线棒材是一种重要的工程机械用材料，其最主要的生产方法是通过轧制挤压和拉拔成型；由于许多金属的变形抗力比较大，金属线棒材的轧制挤压或拉拔需要消耗较高的能量，特别是利用高强度金属生产线棒材时加工难度大、尺寸精准度和成材率低；再者，在金属轧制挤压和拉拔过程中，为使金属容易变形加工，往往需要将金属线棒材坯料加热到较高的温度，这对一些活泼性金属特别是铝、镁、钛等来说，高温加工过程的氧化及脆化会严重降低成品的质量。

现有技术中，CN103628010A 公开了一种提高铝基复合材料塑性变形能力的光磁耦合方法，该方法需要光子与磁场耦合作用 20s-200s 的时间，可以提高铝基复合材料的塑性变形能力，该方法的不足是光磁耦合方法比较复杂，参数间的匹配达到最优效果具有一定难度，特别是该方法需要光磁耦合的时间长，不太适合高速线棒材连续挤压轧制和拉拔过程；CN103643190A 公开了一种提高铝基复合材料变形能力的方法，提出对铝基复合材料施加 30s-200s 的 1T-50T 的直流静磁场可以提高铝基复合材料的塑性变形能力，由于该方法采用的直流磁场比较强，特别是需要将复合材料在磁场中处理的时间长，因此，也不适合用于高速线棒材轧制使用。

因此，为降低金属线棒材加工过程中的变形抗力，降低能源消耗，同时提高金属线棒材轧制挤压和拉拔的效率、产品的尺寸精准度和成材率，提出了组合静磁场辅助作用下轧制金属线棒材的方法。

发明内容

本发明的目的是在金属线棒材高速轧制挤压和拉拔的过程中，辅以静磁场作用，利用磁场降低材料加工过程的变形抗力及加工硬化对材料进一步加工的不利影响，实现金属线棒材的高速、高精度和高成材率的加工，解决目前高速线棒材加工因材料变形抗力大、加工过程硬化导致的问题，并克服现有技术改善材料塑性存在的效率低、难度大、工艺复杂的问题。

本发明的目的是通过如下方案实现的：组合静磁场辅助作用下轧制金属线棒材的方

法，其特征在于：在金属线棒材坯料行进方向上安置静磁场，在金属线棒材轧制挤压拉拔前，使金属线棒材坯料在穿过静磁场区域的过程中受到磁场作用，金属线棒材坯料的纵向中心线与其行进方向一致，坯料在静磁场辅助作用处理后再经过轧辊进行轧制挤压和拉拔；第一道次轧制即初轧所安置的静磁场为沿金属线棒材坯料行进方向并列安置的三组永恒磁体和一组稳恒电磁体组成的梯度磁场；所述的三组永恒磁体中：第一组永恒磁体的磁感应强度为 0.01—0.30T，沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.1—1.0 米，第二组永恒磁体的磁感应强度为 0.31—0.60T，沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.1—1.0 米，第三组永恒磁体的磁感应强度为 0.61—0.99T，沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.1—1.0 米；所述的稳恒电磁体为环形的直流超导磁体，磁感应强度为 1.01—3.00T，稳恒电磁体的中心轴线与金属线棒材坯料的中心轴线在一条直线上，稳恒电磁体沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.1—1.0 米。

进一步地，对于多道次的轧制挤压和拉拔，在每道次轧制挤压和拉拔前都经静磁场处理。

所述的在金属线棒材坯料行进方向上安置静磁场，第二道次轧制所安置的静磁场为沿金属线棒材坯料行进方向并列安置的一组永恒磁体和稳恒电磁体组成的梯度磁场；所述的永恒磁体的磁感应强度为 0.51—0.99T，沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.5—1.0 米；所述的稳恒电磁体为环形的直流超导磁体，磁感应强度为 1.01—3.00T，稳恒电磁体的中心轴线与金属线棒材坯料的中心轴线在一条直线上，稳恒电磁体沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.1—1.0 米。

所述的在金属线棒材坯料行进方向上安置静磁场，第二道次轧制后的多道次轧制所安置的静磁场为一组永恒磁体形成的磁场；所述的永恒磁体的磁感应强度为 0.31—0.75T，沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.5—1.0 米。

所述的静磁场为永恒磁体产生的磁场时，所用的永恒磁体可以是 U 型磁体，也可以是圆环形磁体；采用 U 型磁体时，金属线棒材坯料纵向中心线与 U 型磁体的槽口中心线在一条直线上；采用圆环形磁体时，金属线棒材坯料纵向中心线与圆环形磁体的中心线在一条直线上。

本发明的方法特别适合于非磁性的金属材料线棒材的挤压轧制和拉拔，对目前的金属线棒材生产方法而言，不需要改变现有的加热、均热及控轧控冷方法，也不额外增加材料的处理环节，仅需要在金属线棒材坯料及中间产品的传送轨道上安置所需要的静磁

场装置，使金属线棒材坯料或中间产品在正常的输送过程中穿过磁场区域，即可发挥磁场对降低材料变形抗力、提高材料塑性变形能力的作用，从而实现提高加工产品的尺寸精准度、产品成材率以及降低加工缺陷的目的。

本发明的优点包括：

1) 与不施加磁场作用相比，采用本发明后，材料的变形抗力降低，塑性变形能力提高，加工产品的尺寸精准度、产品成材率提高，同时，加工过程的能耗降低，产品因加工过程硬化导致的缺陷降低。就已有数据而言，对铜、镁、钛及其合金，采用本发明，材料的变形抗力降低 40-100MPa，这对材料的塑性加工而言，可以使得加工过程的脆断基本消失，成材率提高、缺陷显著减少。

2) 与现有技术采用电致塑性而言，具有方法简单，安全且效率高的优势，电致塑性需要在坯料中通入脉冲电流，对金属加工过程存在一定安全隐患，而本发明，采用永恒磁体构成的磁场，不需要消耗任何能量，具有环保、安全、节能的优势；所采用的直流超导电磁场，也具有非接触、安全和节能优势。

3) 本发明的方法简单，不需要增加额外的金属材料处理环节，不影响目前生产工艺及方法的连续性，并具有投资少，运行成本低的优势。

附图说明：

图 1 本发明的轧制原理示意图。

图注：

1、待轧坯料；2、第一组永恒磁体；3、第二组永恒磁体；4、第三组永恒磁体；5、初轧稳恒电磁体；6、第一道次轧辊；7、传送辊；8、第四组永恒磁体；9、第二道次轧制用稳恒电磁体；10、第二道次轧辊；11、第二道次轧制后永恒磁体。

具体实施方式

实施例 1：铜的挤压拉拔

通过工频感应熔炼炉与半连铸获得无氧铜坯，坯直径 18cm 作为本实施例铜挤压拉拔的坯料。

采用连续挤压工艺生产铜线，主要方法步骤如下：首先将无氧铜坯加热至 650℃，后进入传送辊道，准备送入挤压机进行第一道次轧制，在进入挤压机前的传送辊道上安置三组 U 型永恒磁体和一组稳恒电磁体组成的梯度磁场；本实施例中第一组永恒磁体的磁感应强度为 0.25T，沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.5 米，第二组永恒磁体的磁感应强度为 0.50T，沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为

1.0 米，第三组永恒磁体的磁感应强度为 0.85T，沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.1 米；稳恒电磁体为环形的直流超导磁体，磁感应强度为 2.0T；永恒磁体的安装位置保证铜坯料纵向中心线与 U 型磁体的槽口中心线在一条直线上，稳恒电磁体的安装位置保证该稳恒电磁体的中心轴线与金属线棒材坯料的中心轴线在一条直线上，稳恒电磁体沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.2 米。

无氧铜坯经过上述的磁场处理后，送入连续挤压机，挤压成铜线，连续挤压机的转速为 15r/min，铜线的挤出速度为 20m/min，挤压过程中铜线的温度为 600℃，挤压腔内的压力为 1100MPa；且铜线挤出模具后采用真空水冷装置冷却，使铜线在高温挤出后进入真空管冷却，在整个变形过程中隔断了与氧的接触，避免吸氧，保证铜线低氧含量；铜线挤出模具后经过真空防氧化管及水槽冷却、吹干至 25℃，得到的铜线直径为 $\Phi 10\text{mm}$ 。

所得的直径为 10mm 无氧铜线采用多道次拉拔为铜细丝，拉拔分两次，第一次拉拔由直径 10mm 拉拔到 2mm，在这个过程中，铜丝拉拔前，经过本发明的磁场处理，第一拉拔所用的磁场即本发明中的第二道次轧制所安置的静磁场，为并列安置的一组永恒磁体和稳恒电磁体组成的梯度磁场；所述的永恒磁体为圆环形磁体，磁感应强度为 0.75T，沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.75 米；所述的稳恒电磁体为环形的直流超导磁体，磁感应强度为 3.00T，永恒磁体和稳恒电磁体的中心轴线与金属线棒材坯料的中心轴线在一条直线上，稳恒电磁体沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.1 米；第二次拉拔将直径 2mm 的铜丝拉成直径 0.2mm 的细铜丝，第二次拉拔前铜线经圆环形永恒磁体进行磁场处理，永恒磁体的磁感应强度为 0.55T，沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.5 米，铜丝的纵向中心线与圆环形磁体的中心线在一条直线上。

由直径 18cm 的铜棒经挤压成 10mm 的铜线，在经两次拉拔加工成 0.2mm 的铜丝过程中，在其它工艺完全相同的情况下，对比施加磁场与不采用本发明磁场可知：采用本发明，挤压与拉拔的效率得到提高，特别是拉拔过程的断丝现象完全消失，由圆坯挤压成线的过程中，线材的表面光滑度提高，毛刺倒角和微裂纹完全消失，尺寸精准度提高，另外，采用本发明，只需在传送辊道和拉丝过程中施加无接触式外场，不改变原有生产方法的连续性，具有安全、方法简单的优势。

实施例 2：铜的挤压拉拔

通过工频感应熔炼炉与半连铸获得无氧铜坯，坯直径 20cm，作为本实施例铜挤压拉拔的坯料；

采用连续挤压与拉拔工艺生产超微细铜线，主要方法步骤如下：首先将无氧铜坯加热至 650℃，后进入传送辊道，准备送入挤压机进行第一道次轧制，在进入挤压机前的传送辊道上安置三组 U 型永恒磁体和一组稳恒电磁体组成的梯度磁场；本实施例中第一组永恒磁体的磁感应强度为 0.30T，沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.5 米，第二组永恒磁体的磁感应强度为 0.60T，沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.5 米，第三组永恒磁体的磁感应强度为 0.99T，沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.5 米；稳恒电磁体为环形的直流超导磁体，磁感应强度为 3.0T；永恒磁体的安装位置保证铜坯料纵向中心线与 U 型磁体的槽口中心线在一条直线上，稳恒电磁体的安装位置保证该稳恒电磁体的中心轴线与金属线棒材坯料的中心轴线在一条直线上，稳恒电磁体沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.1 米。

无氧铜坯经过上述的磁场处理后，送入连续挤压机，挤压成铜线，连续挤压机的转速为 15r/min，铜线的挤出速度为 20m/min，挤压过程中铜线的温度为 620℃，挤压腔内的压力为 1200MPa；且铜线挤出模具后采用真空水冷装置冷却，使铜线在高温挤出后进入真空管冷却，在整个变形过程中隔断了与氧的接触，避免吸氧，保证铜线低氧含量；铜线挤出模具后经过真空防氧化管及水槽冷却、吹干至 25℃，得到的铜线直径为 $\Phi 10\text{mm}$ 。

所得的直径为 10mm 无氧铜线采用多道次拉拔为超微细铜细丝，拉拔分三次，第一次拉拔由直径 10mm 拉拔到 1.2mm，在这个过程中，铜丝拉拔前，经过本发明的磁场处理，第一拉拔所用的磁场即本发明中的第二道次轧制所安置的静磁场，为并列安置的一组永恒磁体和稳恒电磁体组成的梯度磁场；所述的永恒磁体为圆环形磁体，磁感应强度为 0.99T，沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.50 米；所述的稳恒电磁体为环形的直流超导磁体，磁感应强度为 1.01T，永恒磁体和稳恒电磁体的中心轴线与金属线棒材坯料的中心轴线在一条直线上，稳恒电磁体沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.1 米；第二次拉拔将直径 1.2mm 的铜丝拉成直径 0.1mm 的细铜丝，第二次拉拔前铜线经圆环形永恒磁体进行磁场处理，永恒磁体的磁感应强度为 0.50T，沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.5 米，铜丝的纵向中心线与圆环形磁体的中心线在一条直线上；第三次拉拔将直径 0.1mm 的细铜丝拉拔成 0.02mm 的超微细铜丝，第三次拉拔前铜线经圆环形永恒磁体进行磁场处理，永恒磁体的磁感应强度为 0.31T，沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.51 米，铜丝的纵向中心线与圆环形磁体的中心线在一条直线上。

在其它工艺完全相同的情况下，对比施加磁场与不采用本发明磁场可知：采用本发

明，挤压与拉拔的效率得到提高，特别是拉拔过程的断丝现象完全消失，由圆坯挤压成线的过程中，线材的表面光滑度提高，毛刺倒角和微裂纹完全消失，尺寸精准度提高，另外，采用本发明，只需在传送辊道和拉丝过程中施加无接触式外场，不改变原有生产方法的连续性，具有安全、方法简单的优势。

实施例 3 镁合金棒材的挤压

将直径 200mm 形变镁合金铸锭预热至 350℃后放入安装有静磁场的传送辊道，将挤压模具预热至 350℃，利用金属挤压机将镁合金铸锭挤压成 10mm 的棒材，相应的挤压温度为 380℃，挤压速率为 0.5m/min，两道次的挤压比分别为 10:1 和 2:1；第一道次挤压所安置的静磁场为并列安置的三组圆环形永恒磁体和一组稳恒电磁体组成的梯度磁场：其中第一组永恒磁体的磁感应强度为 0.20T，沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.20 米，第二组永恒磁体的磁感应强度为 0.40T，沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.20 米，第三组永恒磁体的磁感应强度为 0.65T，沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.20 米，三组圆环形磁体的中心线与镁合金铸锭的纵向中心线在一条直线上；所述的稳恒电磁体为环形的直流超导磁体，磁感应强度为 1.20T，稳恒电磁体的中心轴线与金属线棒材坯料的中心轴线在一条直线上，稳恒电磁体沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.20 米；第二道次挤压所安置的静磁场为并列安置的一组圆环形永恒磁体和稳恒电磁体组成的梯度磁场，该永恒磁体的磁感应强度为 0.80T，沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.5 米；第二次挤压前的稳恒电磁体为环形的直流超导磁体，磁感应强度为 1.60T，稳恒电磁体的中心轴线与金属线棒材坯料的中心轴线在一条直线上，稳恒电磁体沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.20 米。

将上述挤压得到的棒材与完全相同原料和挤压参数，但不施加磁场得到的棒材进行常温拉伸性能比较，结果发现：采用本发明时，材料的拉伸性能好，断裂伸长率 $\delta=25.6\%$ ，抗拉强度 $\sigma_b=284.3\text{MPa}$ ，屈服强度 $\sigma_{0.2}=187.5\text{MPa}$ ，而不采用本发明时，材料的拉伸性能为：断裂伸长率 $\delta=22.6\%$ ，抗拉强度 $\sigma_b=264.9\text{MPa}$ ，屈服强度 $\sigma_{0.2}=177.1\text{MPa}$ 。

另外，从材料的外观来看，采用本发明，获得的镁合金棒材的表面光洁度提高，无毛刺和微裂纹，说明本发明可以提高挤压棒材的表观质量和性能。

权 利 要 求 书

1. 组合静磁场辅助作用下轧制金属线棒材的方法，其特征在于：在金属线棒材坯料行进方向上安置静磁场，在金属线棒材轧制挤压拉拔前，使金属线棒材坯料在穿过静磁场区域的过程中受到磁场作用，金属线棒材坯料的纵向中心线与其行进方向一致，坯料在静磁场辅助作用处理后再经过轧辊进行轧制挤压和拉拔；第一道次轧制即初轧所安置的静磁场为沿金属线棒材坯料行进方向并列安置的三组永恒磁体和一组稳恒电磁体组成的梯度磁场；所述的三组永恒磁体中：第一组永恒磁体的磁感应强度为 0.01—0.30T，沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.1—1.0 米，第二组永恒磁体的磁感应强度为 0.31—0.60T，沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.1—1.0 米，第三组永恒磁体的磁感应强度为 0.61—0.99T，沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.1—1.0 米；所述的稳恒电磁体为环形的直流超导磁体，磁感应强度为 1.01—3.00T，稳恒电磁体的中心轴线与金属线棒材坯料的中心轴线在一条直线上，稳恒电磁体沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.1—1.0 米。

2. 如权利要求 1 所述的组合静磁场辅助作用下轧制金属线棒材的方法，其特征在于：对于多道次的轧制挤压和拉拔，在每道次轧制挤压和拉拔前都经静磁场处理。

3. 如权利要求 1 所述的组合静磁场辅助作用下轧制金属线棒材的方法，其特征在于：所述的在金属线棒材坯料行进方向上安置静磁场，第二道次轧制所安置的静磁场为沿金属线棒材坯料行进方向并列安置的一组永恒磁体和稳恒电磁体组成的梯度磁场；所述的永恒磁体的磁感应强度为 0.51—0.99T，沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.5—1.0 米；所述的稳恒电磁体为环形的直流超导磁体，磁感应强度为 1.01—3.00T，稳恒电磁体的中心轴线与金属线棒材坯料的中心轴线在一条直线上，稳恒电磁体沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.1—1.0 米。

4. 如权利要求 1 所述的组合静磁场辅助作用下轧制金属线棒材的方法，其特征在于：所述的在金属线棒材坯料行进方向上安置静磁场，第二道次轧制后的多道次轧制所安置的静磁场为一组永恒磁体形成的磁场；所述的永恒磁体的磁感应强度为 0.31—0.75T，沿金属线棒材坯料行进方向的宽度即作用区域宽度为 0.5—1.0 米。

5. 如权利要求 1 所述的组合静磁场辅助作用下轧制金属线棒材的方法，其特征在于：所述的静磁场为永恒磁体产生的磁场时，所用的永恒磁体可以是 U 型磁体，也可以是圆环形磁体；采用 U 型磁体时，金属线棒材坯料纵向中心线与 U 型磁体的槽口中心线

在一条直线上；采用圆环形磁体时，金属线棒材坯料纵向中心线与圆环形磁体的中心线在一条直线上。

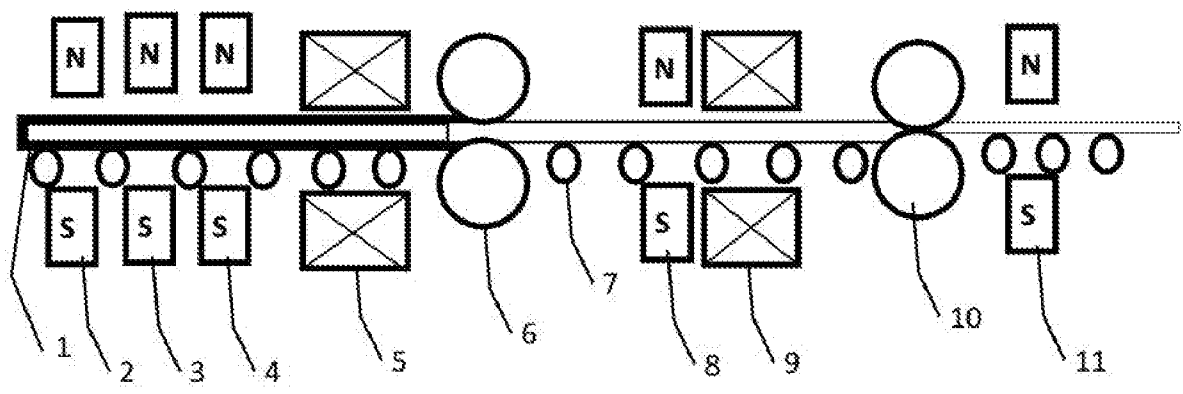


图 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2016/080088

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B21B 1/18 (2006.01) i; B21B 9/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B21B 1/-, B21B 9/-

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPI; EPODOC; CNPAT; CNKI: static magnetic field, extrusion, magnet+, roll+, permanent magnet+, bar+, permanent?magnet, permanent+, pole+, rod+, draw+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 105032926 A (JIANGSU UNIVERSITY), 11 November 2015 (11.11.2015), claims 1-6, and description, paragraphs 0005-0028	1-5
A	JP S61130475 A (INOUE JAPAX RES INC.), 18 June 1986 (18.06.1986), description, page 3, upper right-hand column, last paragraph to lower right-hand column, last paragraph, and figure 2	1-5
A	CN 1135383 A (PANG, Ting), 13 November 1996 (13.11.1996), the whole document	1-5
A	CN 102179404 A (NORTHEASTERN UNIVERSITY), 14 September 2011 (14.09.2011), the whole document	1-5
A	CN 103643190 A (JIANGSU UNIVERSITY), 19 March 2014 (19.03.2014), the whole document	1-5
A	CN 102211153 A (CENTRAL SOUTH UNIVERSITY), 12 October 2011 (12.10.2011), the whole document	1-5
A	US 4044584 A (KORSHUNOV, E.A.), 30 August 1977 (30.08.1977), the whole document	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 15 June 2016 (15.06.2016)	Date of mailing of the international search report 24 June 2016 (24.06.2016)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer FAN, Huaizhi Telephone No.: (86-10) 62413408

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2016/080088

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 105032926 A	11 November 2015	None	
JP S61130475 A	18 June 1986	None	
CN 1135383 A	13 November 1996	None	
CN 102179404 A	14 September 2011	None	
CN 103643190 A	19 March 2014	None	
CN 102211153 A	12 October 2011	None	
US 4044584 A	30 August 1977	CA 1040899 A	24 October 1978
		GB 1524085 A	06 September 1978
		FR 2327826 A1	13 May 1977
		DE 2642162 A1	05 May 1977
		JP S5256057 A	09 May 1977
		IT 1074018 B	17 April 1985

A. 主题的分类		
B21B 1/18(2006.01)i; B21B 9/00(2006.01)i		
按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
B. 检索领域		
检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)		
B21B 1/-, B21B 9/-		
包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献		
在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))		
WPI;EPDOC;CNPAT;CNKI:磁, 轧制, 棒, 静磁场, 挤压, 拉拔, magnet+, roll+, permanent magnet+, bar+, permanent?magnet, permanent+, pole+, rod+, draw+		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 105032926 A (江苏大学) 2015年 11月 11日 (2015 - 11 - 11) 权利要求1-6, 说明书0005-0028段	1-5
A	JP S61130475 A (INOUE JAPAX RES INC.) 1986年 6月 18日 (1986 - 06 - 18) 说明书第3页右上栏最后1段-右下栏最后1段, 附图图2	1-5
A	CN 1135383 A (庞廷) 1996年 11月 13日 (1996 - 11 - 13) 全文	1-5
A	CN 102179404 A (东北大学) 2011年 9月 14日 (2011 - 09 - 14) 全文	1-5
A	CN 103643190 A (江苏大学) 2014年 3月 19日 (2014 - 03 - 19) 全文	1-5
A	CN 102211153 A (中南大学) 2011年 10月 12日 (2011 - 10 - 12) 全文	1-5
A	US 4044584 A (KORSHUNOV, EVGENY ALEXEEVICH) 1977年 8月 30日 (1977 - 08 - 30) 全文	1-5
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期		国际检索报告邮寄日期
2016年 6月 15日		2016年 6月 24日
ISA/CN的名称和邮寄地址		授权官员
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088		范怀志
传真号 (86-10)62019451		电话号码 (86-10)62413408

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/080088

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	105032926	A	2015年 11月 11日	无	
JP	S61130475	A	1986年 6月 18日	无	
CN	1135383	A	1996年 11月 13日	无	
CN	102179404	A	2011年 9月 14日	无	
CN	103643190	A	2014年 3月 19日	无	
CN	102211153	A	2011年 10月 12日	无	
US	4044584	A	1977年 8月 30日	CA	1040899 A 1978年 10月 24日
				GB	1524085 A 1978年 9月 6日
				FR	2327826 A1 1977年 5月 13日
				DE	2642162 A1 1977年 5月 5日
				JP	S5256057 A 1977年 5月 9日
				IT	1074018 B 1985年 4月 17日