维普资讯 http://www.cqvip.com

棒材，轧制，轧机，作业率 (7)

TG335.62
TG333

提高轧机作业率和改善产品质量的棒材轧制新技术

李逸

[摘要]减径/定径轧机的棒材轧制新技术使月生产能力增加16%，换辊时间减少83%。而且，成品公差减小，晶粒组织细化且均匀，机械性能更适合于直接拉拔。

1 用户要求

改善产品质量、提高生产作业率和减少停工时间，是当今激烈竞争的棒材市场的一贯要求。这些要求就需要棒材轧制设备和工艺能提供精密的成品公差和改善冶金性能，同时保持低的操作成本。随着减径/定径轧机（RSM）的出现，棒材轧制技术已能满足这一要求。RSM能够改善产品公差和冶金特性，而且减少停工时间和提高轧机作业率。

用户要求可以归纳为下列方面的内容：

—生产能力
—轧机作业率
—操作的灵活性和简易程度
—改进产品尺寸和
—提高冶金质量。

这些内容分别阐述如下：

生产能力：对大多数轧机而言，提高生产率的瓶颈是小规格棒材的生产，小规格棒材通常占总生产量的50%左右。小规格材的生产能力，即使是以100m/s（19685英尺/分）的速度，按100%效率计算也只有67t/h。因此，最大速度为70m/s（13800英尺/分）的轧机在经济上是有缺点的。故为提高现有相当慢速轧机的生产能力，棒材生产者面临的选择是，或者是改造整个轧机的速度锥（这是相当昂贵的），或者在精轧机组中增加附加机架。

轧机作业率：包括生产周期中可减少轧机停工时间的各有关参数。具体范围包括：

—不同类钢种之间的规格变化
—同类钢种内的规格变化
—规格变化后试车料的轧制
—规格变化的生产组织工作
—轧制道次的合理化
—减少轧辊和导卫设备的库存量
—减少坯料的库存量

操作的灵活性和简易性：通过简单地调整精轧机架的辊缝锁口，可以在有限尺寸范围内生产规格以间断增量变化的成品。这就允许用户可购买特定规格的棒材，而不必订购另一种较大的规格，然后再采用辅助的二次加工。对棒材生产厂而言，许多单独规格的生产通常是非常昂贵的，因为调整机架和导卫以及校车需要时间。

棒材供应者通过增加产品规格范围，可以覆盖更宽范围的市场领域。与缩短轧制周期相配合，这将确保用户要求的及时交货。在组合轧制情况下，在棒材生产线上轧制较大的规格，提高了轧机的生产能力。

改善公差：最终用户经常要求产品具有较小的公差及较好的公差一致性。“轧制态”棒材的使用可以取消昂贵的二次机加工（如剥皮）。要求用这种高精度公差产品来制造轴承罩、汽车阀门弹簧和其它关键部件。

维普资讯 http://www.cqvip.com

改善冶金性能：低温轧制时可以利用控制轧制的原理，以及与低温轧制相关的晶粒细化提高棒材的屈服强度和塑性，缩短了随后的诸如球化退火等的热处理时间。

2 棒材轧制新技术

RSM是两种已被证实的、但也是相互独立的轧机技术的组合：

—摩根小型精轧机组(MFB)或减径轧机和

—摩根/大同紧凑式定径轧机(CSM)

图1(略)示出了RSM的在线位置。RSM由4台悬臂轧机机架、2台减径和2台定径轧机组成，如图2(略)所示呈"V"型布置。为了便于快速换辊，减径和定径轧机装置，都可以在横向滑板上移进和移出轧制线。当轧机横向进入轧制线时，所有的维修设施，如油润滑、水和液压流体均自动地与RSM匹配。

减径轧机具有与摩根"V"型无扭轧机(NTM)相同的可互换轧辊机架，因此这两种类型的轧机，可使用通用备件和维修工具。在紧凑式定径轧机中，使用两台精密对中心机架，以使轧件的扭转减至最小。每台机架均有粗的和微小的轴向调节装置，以解决轧辊安装后孔型对不准的问题。紧凑式定径轧机机架具有轴向预加载机构，以消除辊轴中的所有间隙，使之在轧制时保持轴向一致性。所有RSM机架的轧辊分离调节装置，均位于工作侧，使操作人员可以在轧制时快速而方便地进行辊缝锁口调节，这对"自由定径"尤为有利。

RSM在1H和2V机架之间，使用带抗振动板的四辊入口导卫装置，而其余轧机是采用静态导卫装置。在紧凑式定径轧机机架上不用辊式导卫装置，便于"自由尺寸"轧制时辊缝锁口的调节快而容易。

RSM采用椭圆－圆、圆－圆形孔型设计(图3)，在大多数情况下，能够单独由无扭轧机(NTM)机组，生产Ø5.0mm—25.0mm(0.197"—1.0")公称尺寸范围的棒材。这是通过改变RSM中连续机架之间中间机架的压下比、通过减径轧机和CSM(紧凑式定径轧机)之间的外部齿轮箱，以及通过调节RSM来料的截面来实现的。可以轧制Ø5.0mm(0.197")以下的规格，但是将不再有单机组道次原理的优点。

由于RSM是由两台单独的但相互连接的后道精轧机组成，因此，为了在无扭转轧机产品的公差能满足成品要求的情况下，充分提高轧机作业率和生产能力，最初只安装减径机及有关的齿轮传动装置。然而，只有通过增加紧凑式定径轧机，才能改善成品公差、实现"自由定径"及放宽成品尺寸范围。

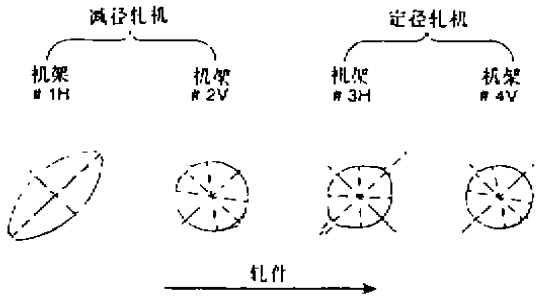


图3 减径/定径轧机的孔型设计

维普资讯 http://www.cqvip.com

RSM 的设计还包括几个很有用的任选装置，例如辊缝锁口编码器、Clevite 轴承热电偶及振动监视。

3 生产能力

RSM 置于精轧机组之后，不但对获得一致的精密公差及改善冶金性能有利，而且对提高生产能力有利。通过将 RSM 置于无扭轧机和成圈器之间，从根本上提高了所有规格的精轧速度，尤其对从无扭轧机出来的 Ø5.5mm 棒材，其精轧速度可达 120m/s(最大设计精轧速度)。表 1 示出了提高生产率的实例，列出了特定轧机产量的增加。这些增加在其它轧钢装备上也可感受到。

表 1 轧机生产能力的提高

	1990 年产量 (不带 RSM)	1994 产量 (带 RSM)	生产能力增加 %
月产量，t	15200	18000	15.6
100%效率下轧制产量，t/h	35.2	37.7	7.0
实际生产量，t/h	27 0	32.1	19.0

4 轧机利用率

已经开发的用于 RSM 的新轧制程序概念显著地减少了停工时间，并且提高了轧机利用率。轧机的正常轧制程序(图 4)包括在无扭轧机中各种尺寸的变化，它在轧制试车料之前需要有足够时间来拆卸和安装轧辊、及设定导卫装置和辊缝锁口。当在无扭轧机机组之间进行变换时，这些机械和操作要求引起的停工时间可能达 60 分钟。在使用 RSM 轧制时，无扭轧机仅使用一组孔型向 RSM 供料。对于大直径棒，供坯截面取自于无扭轧机以前的机架。图 5 示出了无扭轧机和 RSM 的新轧制程序的基本概念。

由于在大多数情况下，对所有的成品规格而言，RSM 均由单无扭轧机机组供料，所以由于规格变化而引起的停工时间大大减少。所设计的 RSM 道次概念，是使特殊尺寸变化所需的大部分换辊工作，可在 RSM 轧辊装置中完成，这种换辊工作在不到 5 分钟的时间内就可完成。所要求的无扭轧机的更换，仅限于安装机架和试运转及导卫和道次的设定，一般只需 10—20 分钟。表 2 列出了一台特定轧机安装 RSM 后停工时间的减少。当改变尺寸和更换机组时，可以使停工时间分别减少 50%和 83%。

表 2 换辊引起停工时间减少的情况 min

类别	无扭轧机	无扭轧机 + RSM
规格变化	20	10
更换机组尺寸	60	10

除了缩短规格变化的停工时间以外，在整套轧机上的一系列单道次设计，从逻辑上讲减少了轧钢车间的操作人员，并且减少了起动问题、切头切尾、校车以及设定了标准操作方法，从而使轧制工艺更具重现性。

整套轧机的孔型组数减至最少，显著减少和简化了轧辊的库存，提高了每只轧辊上孔型的利用率，从而显著降低了轧辊车间的库存量。独立孔型数的减少也连带地减少了导卫的用量。

维普资讯 http://www.cqvip.com

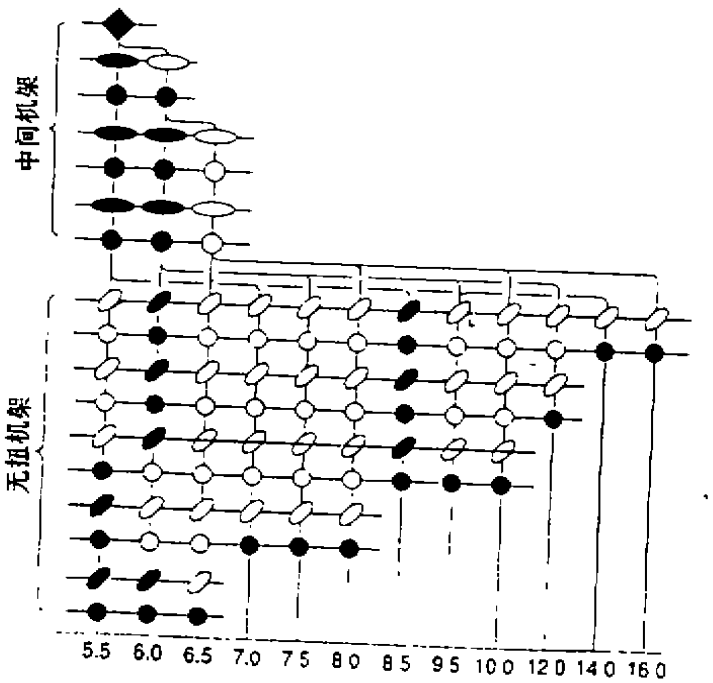


图 4　传统的无扭轧机的轧制程序

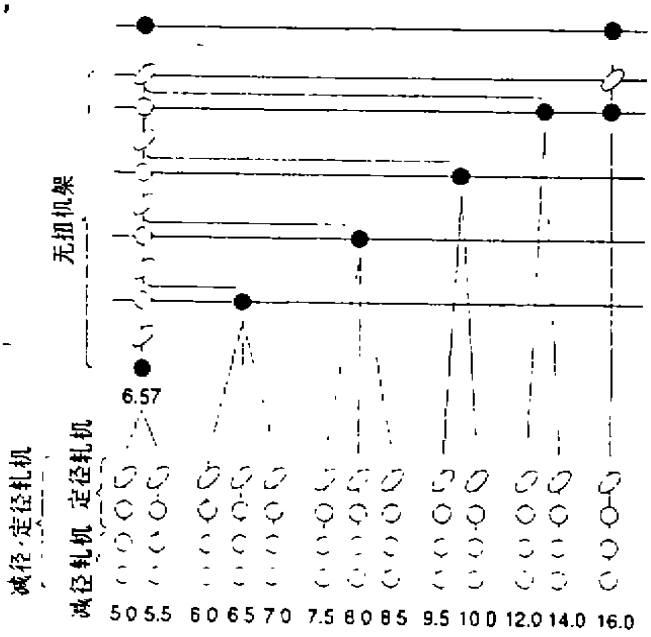


图 5　无扭轧机和 RSM 组合的新轧制程序

维普资讯 http://www.cqvip.com

由于采用 RSM，易于操作并减少了规格变化所需的时间，从而增加了轧制周期频率，故不需要对较大的、不常轧制的产品保持一定的库存量。并且可以缩短给棒材用户的交货时间。

5 公差

减径和定径轧机机架的组合使用，不仅提高了轧制宽范围成品规格的灵活性和轧机利用率，而且能按照标准孔型尺寸的超精度公差（±0.1mm(0.004″)）来生产所有的规格。其椭圆度大大低于目前使用传统的无扭轧机所达到的椭圆度。更重要的是，轧材公差的一致性在整个棒材盘卷上得到比较均匀的体现。

为了显示 RSM 的尺寸控制能力，将定径轧机入口截面测得的公差与 RSM 轧制的成品棒材的公差进行了比较。两种棒材规格，Ø7mm（0.276″）和 Ø16mm (0.630″)的尺寸公差分别示于图 6 和图 7。每根成品棒材直径的椭圆度从入口段的 >0.2mm(0.0089″)提高到成品的 <0.1mm(0.004″)。

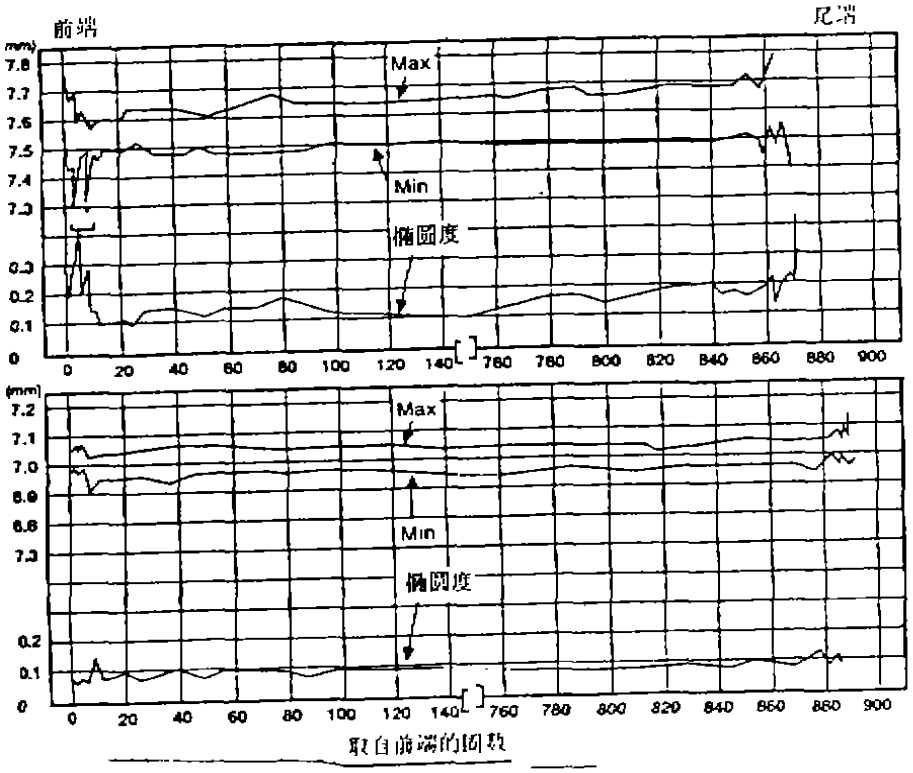


图 6 Ø7mm 棒材盘卷的公差测量值

由几乎是水平的公差测量值曲线可以看出，整个棒材长度上的尺寸一致性也显著得到改善。

从选择的公称产品尺寸来看，可能会出现尺寸偏差，这可以通过有利于操作的调节辊缝锁口加以控制。对于不要求超精密公差产品的棒材用户来说，RSM 可用来轧制与公称尺寸（用成套轧辊轧制）不同

维普资讯 http://www.cqvip.com

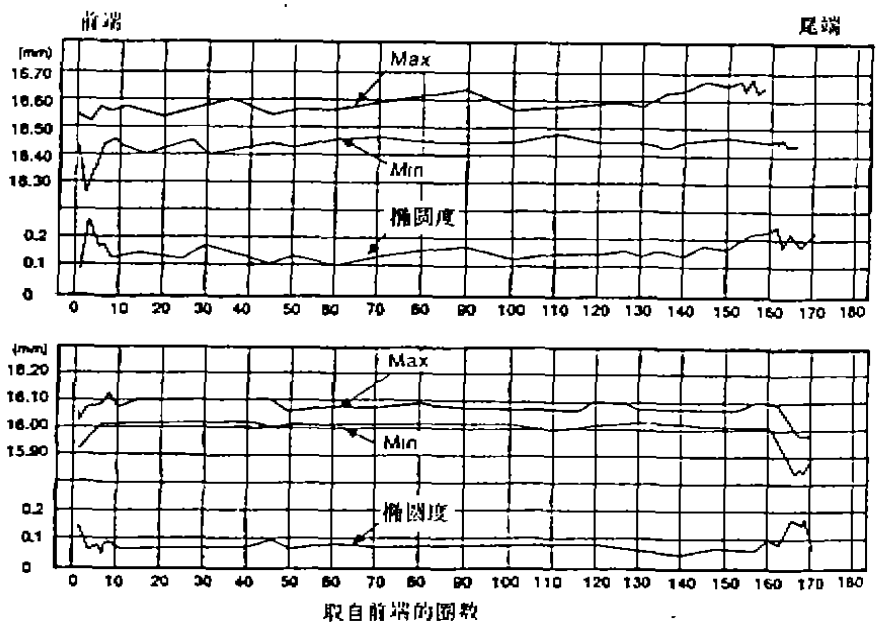


图 7 Ø16mm 棒材盘卷的公差测量值

的棒材规格。因此，不需在无扭轧机和RSM上研磨任何轧辊或更换任何轧辊，便可实现产品规格的变化。即使轧辊偏离公称孔型 ± 0.3mm (0.012″)，也可获得0.2mm(0.0079″)的椭圆度。由于采用静态导卫布置、精密对中机架和孔型设计，通过对 CSM 机架辊缝锁口的简单在线调节，RSM 便能够对 Ø0.6mm(0.0079″)以上的公称尺寸范围进行"自由定径"。

6 冶金优点

轧机布置和特定 轧制方法的设计和开发，需要了解和掌握被轧制的材料及过程中的变形和热行为。从材料的观点来讲，时间—温度—转变特性是形成所需要显微组织的重要的决定性因素。从工艺观点来讲，控制变形和均匀的轧件温度对通过时间—温度—转变范围的正确路径，获得理想的显微组织和性能是至关重要的。对长的钢产品(如棒材和线材) 而言，在控制轧制中必须对几个重要的参数加以考虑，例如：

—设备能力

—轧制设备的定位

—水冷位置

—轧制速度，和

—终轧温度。

RSM 是为可在低达 700℃ (1292℉) 的温度下，轧制小规格和中等规格产品(取决于材料种类和截面尺寸)而专门设计的。采用无扭轧机 + RSM 不仅改善了尺寸公差，而且改善了冶金性能。图 8 示出了在无 RSM 情况下，采用传统的轧制温度，轧件通过典型的高速棒材轧机的温度行为。图 9 示出了具有相同初始轧机布置，但是在无扭轧机后增加了 RSM 的温度曲线。由于无扭轧机和 RSM 之间具有合适的距离，故可以采用水冷系统来降低进入 RSM 的轧件温度。通过在 900℃ (1652℉) 温度

维普资讯 http://www.cqvip.com

以下的终轧，某些钢（如冷成形）随后的退火时间可以减少到传统轧态材料的一半。这对现有的具有轧制分力和功率限制的无扭轧机特别有用。这种轧机的终轧温度限制在≥950℃（1742℉）。无需对现有无扭轧机进行高费用的改造，便可实现这些冶金优点中的某些优点。

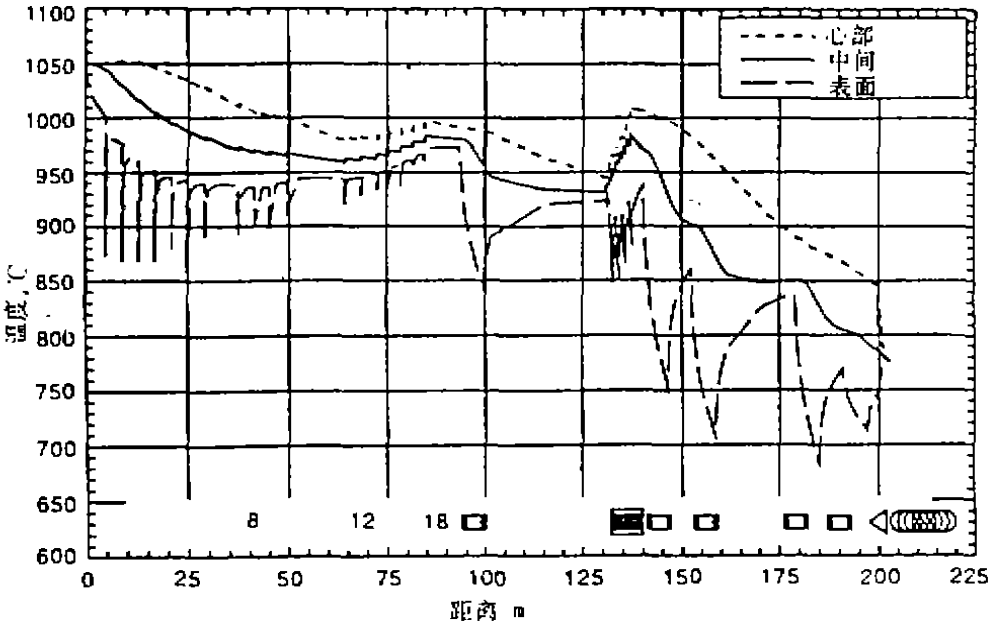


图 8　不带 RSM 的传统轧制的轧机的温度曲线（弹簧钢 Ø1mm）

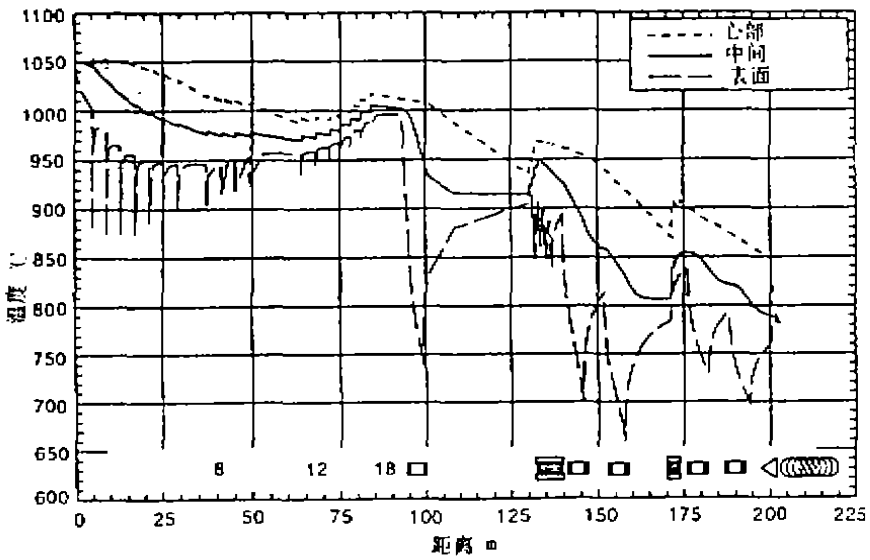


图 9　带有 RSM 轧制的轧机温度曲线（弹簧钢，Ø1mm）

维普资讯 http://www.cqvip.com

由于 RSM 位于无扭轧机和成圈器之间，故在终轧之前有时间对棒材进行控制冷却和温度均衡，因此，减少了棒材心部过热的危险，从而提高了成品性能的均匀性。这对于在高精轧温度下具有晶粒粗化敏感性的特殊钢来讲是很重要的。

任何成形操作中，无论是热锻、轧制还是拉拔，成品显微组织直接取决于控制轧制过程。控制轧制过程由热和金属变形两部分组成，这两部分对再结晶均有显著影响。对于压下量小的控制轧制过程（如棒材和线材定径）而言，应变和终轧温度的临界组合必须能促使获得均匀的显微组织。如果没有足够的变形量，则棒材中的总能量不足以促进再结晶。因此，由于晶界迁移会出现局部晶粒长大，如图 10 所示。紧密连接的机架及高的应变率使 RSM 能够产生出均匀的细晶组织的材料，如图 11 所示。

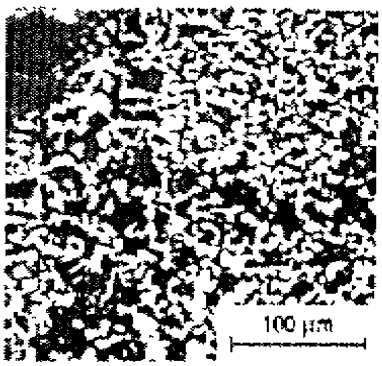


图 10　局部晶粒粗化

7　结论

采用 RSM 建立了可满足棒材供货商和最终用户需求的可行方法。该系统的优点归纳如下：

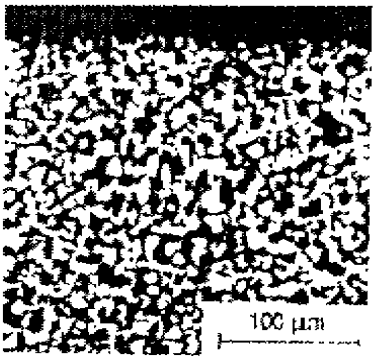


图 11　由 RSM 生产的均匀细晶组织

—换辊时间减少 83％；

—成品公差为 ± 0.1mm，椭圆度为 0.1mm；

—自由尺寸范围为 ± 0.3mm；

—由于比传统无扭轧机产生的热量少，且有足够的应变使晶粒组织均匀，故细化了显微组织；

—改善了轧态材料的机械性能，可不经热处理直接用于拉拔、使随后冷成形应用的热处理工艺费用降低；

—由于棒材具有比较精密和一致性的公差，故减少了随后单根拉拔操作时的收得率损失。

李　燕　译
景德喜　校