

提高盘卷线材和扎捆棒材产量和质量的新技术

线材轧制领域中的新技术一无轴承吐丝头，带高速剪的双模块机组，最新设计的控温轧制用的水冷线、过程控制和状况监控——使终轧速度可以增加到 140m/s。新的盘卷成型装置可以给出形状良好的紧凑盘卷。新的棒材计数和扎捆站确保了准确计数和精确的棒材捆型。

1 迄今为止的轧制速度极限

最近几年在尺寸精度（双模块机组和减 / 定径机组）和机械性能（在线热处理）两方面提高了线材的成品质量。而且为大幅提高线材轧机的生产率，在以下方面也作了很大努力：

一无头轧制，通过加热炉出口处将钢丝的头部与尾部焊接实现无头轧制，材料收得率已提高到 99%；轧机的效率也有所提高。

——双模块机组，由于以下原因，它可以将轧机效率提高到 90% 以上。

——整条轧机采用单一孔型线。

——所有尺寸的成材在 TMB 上精轧。

——快速更换的能力。

——高速设备，诸如三角型线材机组，双模块机组和吐

丝头保证了在高达 120m/s 的精轧速度下轧制。

尽管产量大幅提高，但高速轧制本身并未显示出明显进展。其原因在于：即使设备设计成能用于非常高的速度，如 140m/s，甚至更高的情况下，但轧制期间可能会出现的一些情况限制了终轧速度。

有些情况如：

- 由于盘卷管磨损引起旋转部件不平衡可能使吐丝头发生振动。

- 吐丝头出口处尾圈的形状可能难以控制，而在进入整形坑之前必须去除这些变形的圈。

- 易损件（如线材机组导位、夹紧辊导位、输送槽，特别是吐丝头盘卷管）寿命非常短。

- 当在位于线材机组和吐丝头之间的长线内以非常高速传输小规格产品时切废率增加。

- 难以恒定地得到最佳的精轧温度和盘卷温度。

每当轧制速度超过 95-100m/s 时这些麻烦就会急剧增加，而实际上他们将轧制速度限制为 100-110m/s，从而也限制了生产规格小于 8mm 线材时的轧机生产率。在一台生产供拉拔的低碳钢和普钢的线材轧机中，当小于 8mm 规格的产品约占整个产品方案的 80%时，这就意味着对轧制速度的限制导致了产量的明显损失。

1.1 新技术

达涅利·摩格夏玛在线材轧制上开发了一些新技术来克服上述障碍；而如今线材精轧速度高于 140m/s 已不再是梦想而是一个实实在在的现实。

为了保证线材轧机精轧速度超过 140m/s 时的安全生产能力和以适当的转换成本和低的维护需求仍能获得完善成形的盘卷，在轧机的下列区域已配备了最现代化技术的装置：

- 吐丝头
- 带高速剪机的双模块机组
- 温控轧制用的水冷线
- 过程控制和状况监控

2 球圈吐线头

对传统概念的吐丝头通过采用下列新技术已在径向作了改变：

- 无轴承吐丝头
- 带可更换插入件的长寿管
- 新型管形
- 新的出口侧设计保持尾圈处于受控状态。

2.1 无轴承吐丝头

无轴承吐丝头设计用于 170m/s 无载荷速度，它利用磁场取代传统的滚柱轴承支承转子。有两种磁场轴承，一种定位在装置的前面，另一种在背面。为了避免定子与转子之间

有任何机械接触，吐丝头由一台与转子本身同轴安装的特殊电机驱动，这样就无需任何齿轮和斜齿轮装置（图 1 ）。

盘卷吐丝头的这种方法在额定平衡值的整个速度范围内都能做到无振动（图 2 ）。另一方面，在定子和转子之间的磁性轴承处维持大的间隙可以保证即使在高速不平衡值情况下机器也能安全和平稳地运行。

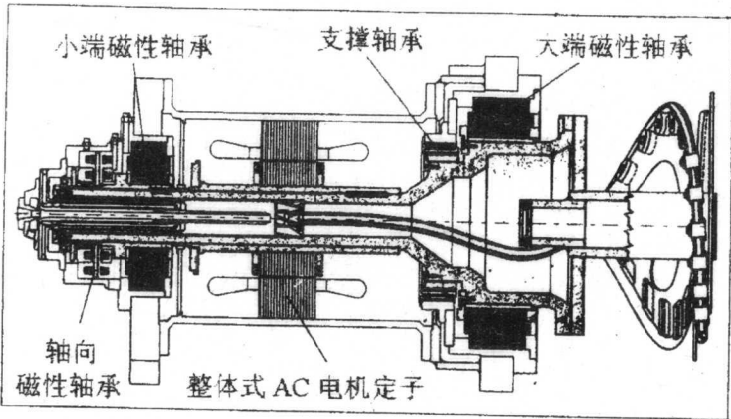


图 1 “无轴承吐丝头”的剖视图

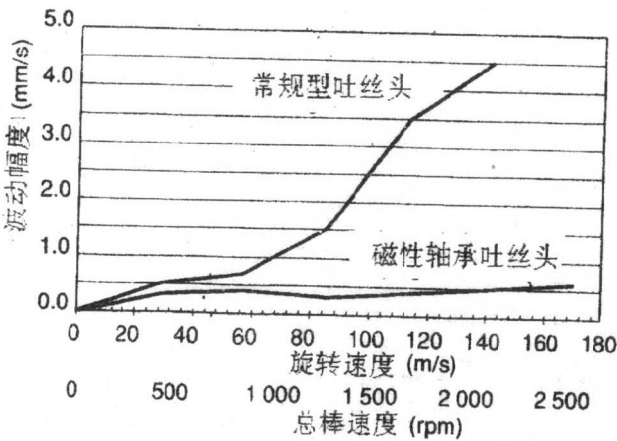


图 2 常规轴承和磁性轴承的吐丝头振动情况的比较

磁场参数的闭环控制由无浮动转子在定子内位置自定中心提供全自动控制和调节。

由于上述特点，此“无轴承吐丝头”在整个速度范围内能无振动工作，而且速度几乎不受限制。

2.2 带可更换插件的长寿管

倘若可更换的长寿耐磨插件置位于常规的布圈管内，则此常规的布圈管可以换成新的装置。只有插件在盘卷过程中受到磨损，而布圈管本身的寿命实际上并无限制。

这种可能性适用于 4.0-7.0mm 直径的小规格线材和生产计划主要集中在这种小规格范围的线材轧机的情况下。

由于采用特别耐磨材料的插件加上只有位于管子最关键的磨损区中的一些部件才需更换，使得此方案在提高生产率和降低生产成本方面确实前进了一大步。这种技术的主要优点可以归纳如下：

一改善了甚高速运行时的盘圈形状，因为“专用的”插件内径确保了小直径线材的导位，从而可制出更加均匀的盘圈形状，特别是头部和尾部的盘圈形状。

一改善了盘卷形状。

一大大降低了布圈管的费用；1997 年以来从已使用本装置的用户得来的实际指数说明了成本的大量节约（只有原先年消费的 10%）。

一提高了轧机的作业率，因更换插件时间不到 15 分钟。

这种技术也适用于特殊钢线材轧机，例如，在不锈钢和高温合金生产中，可以避免产品表面缺陷（这在使用传统吐丝管时一般都会发生的）。

2.3 新的管形

最新一代的管形保证了环圈吐丝头性能的进一步改进。采用“三维运动动力模拟”专门研究了它的顺序的曲线形状，使线材在管内有理想的路径，确保了它沿着整个管长与内壁恒定接触。这样，使线材与管子之间的磨擦与磨损沿整个管长均匀分布，从而使管子寿命提高了几倍。从吐丝头出来的环圈下落到辊道输送装置上的脉动也消灭了，因此，最终的盘卷形状更好。

2.4 新型出口侧的设计

借助于吐丝头转子处特殊设计的线材出口通道，解决了长期以来未能解决的吐丝头处尾圈成型的问题。此特殊装置最近已在 2 台线材轧机上试车成功，其尾圈成型正常，而且，即使在最差的（即在 940℃ 时盘卷 5.5mm 沸腾钢线材）情况下也能向辊道输送装置上辅置出形状完好的线材圆圈。由此消除了传统上从成型速度大于 95m/s 的辊道输送装置上（在整形坑之前）用手工操作去除变形尾圈的不安全因素。通过运用所有这些新的吐丝头特点加上位于吐丝头上游高速剪的使用，轧机的任何地方都不再需要配置人工修磨。

3 双模块机组

线材生产线上引入了一种新的技术，整条轧机采用了单一程序向双模块机组进给所有成品规格。

3.1 双模块机组 (TMB) 技术

此 TMB 技术由二台三角形机组组成，第一台 (8 或 10 道) 作预精轧机，而第二台正好位于吐丝头的前面 (分成每组二个道次的 2 个模块)，起到整个产品方案精轧机组的作用。因此，有相当多的大截面 ($\geq \phi 8.3\text{mm}$ 圆) 棒材通过水冷线定位于棒材机组和双提模块机组之间的传输段。8.3mm 线材在受控的温度下，以 61.5m/s 的慢速传输通过该段，意味着：该棒材在穿过此段时具有相当的刚性，使本轧制过程非常顺利和无切废。

3.2 8.3mm 线材

8.3mm 线材是生产 5.5mm 线材的前道产品，由于它直接连接到位置紧靠的下游，从而它可以很容易地以 140m/s 的速度在 TMB 处精轧。

为了能以 140m/s 成更高速度轧制，还必须仔细考虑成材导位设备。为适应这样的高速度已经设计了新一代的辊子导位，其颇具特色的特殊轴承可以承受非常高的旋转速度。这些辊子在装上轴承之后经过研磨，可以达到非常高精度的辊子对直度，从而可以更好地导位，消除了线材的振动并可最终形成一种更加流畅的高速轧制过程。

3.3 高速剪机

高速剪机置于 TMB 的前面用于在线盘卷头和尾的修磨；避免下游任何人工干预。盘卷之前在线切掉未冷却过的头、尾，这样就可获得均匀的盘卷形状，消除了盘卷头端和尾端的变形圈。

本双模块技术、包括高速剪机，还提供了一些附加的优点如下：

- 水箱中的水始终开着，这样就避免了未冷却过的头端的出现，提高了材料收得率。

- 尺寸为 4.0mm ~ 27mm 的规格线材可实现高生产率的无故障生产。

- 产品更换时间 <5min，使轧机的作业率提高到 90% 以上。

- 在整个规格范围内可得到 $\pm 0.05 \sim 0.10\text{mm}$ 范围特别精密的公差。

- 在整个产品范围内可以执行低到 750 °C 的低温精轧工艺，以控制晶粒尺寸和技术性能。

4 轧制温度的控制

当以非常高的速度轧制时，最重要的是从头到尾，棒材要有非常均衡的温度，特别在线材精轧区。

4.1 所有轧制温度控制装置的结构和位置

根据 FEM 原理制订的计算机辅助的轧制模拟程序，得到了轧机中所有轧制温度控制装置的结构和位置。线材精轧区

中的棒材温度主要通过一些由一系列管状元件构成的水箱来控制。棒材在这些冷却元件内运行时受到来自球形喷嘴的高压水的喷射。这样，棒材径向受到水的包围，使整个截面受到均衡冷却。

4.2 新型冷却喷嘴

设计出的新型冷却喷嘴满足了高速轧机的要求。加上整条线上的成材的完美导位可以获得更高的冷却能力。

先进的设计，非常精确的机械加工和激光类型的对中装置使冷却喷嘴和整个轧制线的输送槽能精确对中，从而可使轧制坯料能安全和无振动地导位。

水箱进出口连接有高温计，而且装配了一独立的冷却功率调节装置以控制通过闭环温度控制系统轧制的棒材的温度。这将生产出整个长度上从头到尾最大温差不超过 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ ，在轧制工艺管规定点附近，温度非常均匀的棒材。

5 过程控制

整个轧机在设备和产品质量两方面都得到连续的监控，根据轧机关键地方安放的大量可靠的现场传感器所给出的闭环控制系统的基本数据实施过程和设备监控。

——水冷段控制设定线材机组处、TMB 处和吐丝头处的统一棒材温度。

——TMB 装置控制和调节电机的速度以将线材机组和 TMB 之间棒材的能力设定到预选定值。此能力从头到尾和从一根棒到另一根棒完全是恒定一致的。

— 自动化装置实现了两个自动控制，以确保高速轧制。在三角形机组和 TMB 转换器中实施了“力矩进给向前”控制，从而改善了瞬时情况下线材生产线的性能。为了补偿轧制期间辊子磨损，在三角形机组和 TMB 机组之间采用了“实时能力控制”。

— 无轴承吐丝头的控制系统控制和调节转子定中心和磁性轴承的刚度。

6 状态监控

为了使轧机设备和操作系统达到高度可靠性和利用率，应在高速的线材轧机上配置一种先进的维护装置（AMS）。这是在计算机基础上开发出来的有效工具，以适应预防性的和预计性的维护需要。AMS 将保证连续的生产运行和帮助维修人员减少或避免重大损坏和停产。

它将有助于改进机械操作和保证系统和部件甚至在高速轧制时急剧应力条件下的长期正常工作。

AMS 包括维护管理系统和状态监控系统。该维护管理系统（MMS）引导分析人员进行实际工作与作业计划比较，检查工作效性并反馈出适合的纠正对策。

状态监控系统（CMS）将通过一套主要涉及振动、压力、温度、流量等的测量来确定机械的工作状态（图 3）。然后通过对这些数据的分析来判断机器正常条件的趋向并尽早获得机器的异常情况。

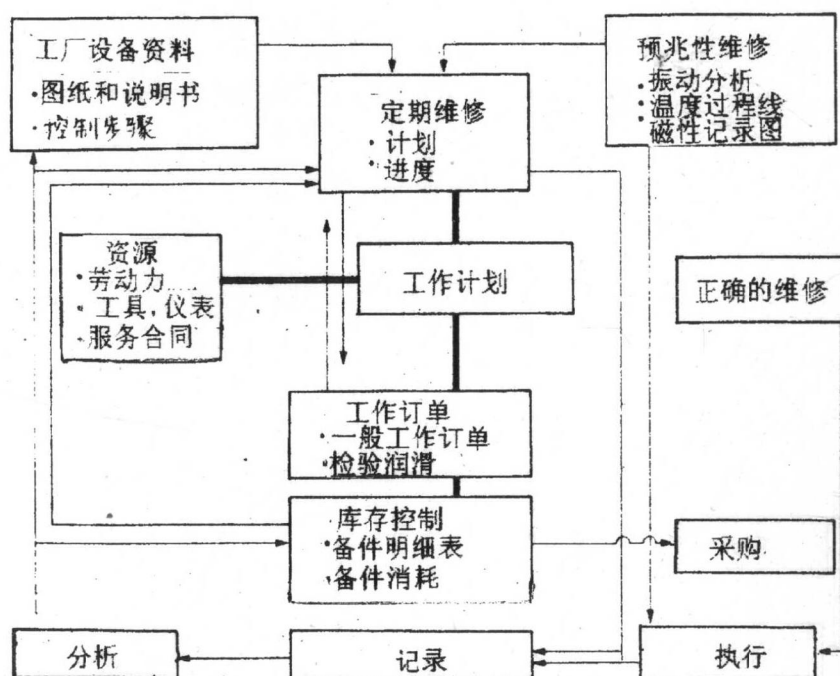


图3 MMS 信息结构流程图

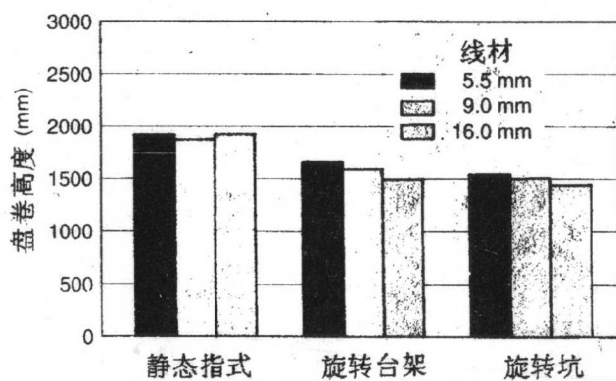


图4 不同重整机成形的 2t 盘卷的最终高度，
盘卷测量是在压实、捆紧的情况下进行的

一旦认定一台机器的关键设备（按照机器的结构、轧制过程和工作条件），则在出现任何严重问题之前，都要对它按有效的计划维修活动进行监控。

7 线材轧机精轧线

如今，由于最新一代达涅利摩格夏玛盘卷成形装置和盘卷精整装置的组合作用，已能生产出优质盘卷。

7.1 盘卷成形

在控制冷却传输装置的终端，线材盘卷整形坑装配了旋转重整筒（RRT）装置和易下装置。

此 RRT 保证了盘卷期间铺设的线材环圈在落入整形坑时均匀、一致，形成一种偏心的环分布，对盘卷产生所谓的“玛格丽特”效应。

位于重整坑下面的缓降装置可使盘卷在其成形期间逐步降低，就象由 RRT 堆积的第一批线材环团。

RRT 和缓降装置的组合作用可以获得如下效果。

— 与当今可以使用的其他常规装置相比，可以获得形状良好，微密度高，均一的线材盘卷。图 4 示出了盘卷高度比较。

— 当向下游冷加工线进给时，如今盘卷可以以最高速度流畅、无切废地开卷。

— 提高了致密性，这就意味着盘卷的装卸、运输和储存更加容易且费用低。

— 盘卷高度减少使之可以设定更高的盘卷重量。这对现有工厂中安装 RRT 时特别有用，因为现有工厂中盘卷整形坑的空间有限。

因此，此系统仅需稍加修改就可以很容易地装到现有的整形坑中。

7.2 盘卷精整

盘卷在一垂直的盘卷台架上成形，在已成形条件下由此台架将其送至垂直盘卷压实机和扎捆机，保持了原来在盘卷整形坑中所形成的均匀形状。在扎捆的盘卷离开后，空出的台架按一“圆盘传送”线运行，返回到盘卷成形站并等待装上下一个盘卷。这样就不再有必要使用 C 型钩输送装置了，从而消除了由于整形坑后盘圈倾动 90°所造成的盘圈形状不一致的问题。

8 小型型钢轧机的最终加工

达涅利摩格夏玛提出了他们用于圆钢和异型棒材新的“预制计数和扎捆站”。该专利装置的特点是在其机械设计和结构二个相关方面作了一系列的重要改进，成品捆的最终质量和自动计数装置的绝对精度都得到很大提高。

8.1 设计和结构

该站具有模块结构简单和非常紧凑的设计特点，通过多头探测系统保证了棒材计数的绝对精度。操作中，计过数的棒材在水平面板上由一不会造成任何棒材扭曲或咬起的专利装置流畅地分开。它可以使棒材保持均匀、规则排列，甚至分开后仍保持它们原来的排列。

站上所有的部件都是电动机械传动的，因此，不再需要液压装置、相关连的中心装置以及配油网络。

这种创新设计主要优点在于：

- 特别紧凑的布置，从链式传送平面到最低的基础面的高度仅约 2m。
- 简单的扁平型和廉价基础工程（土木工程节约了 30%）。
- 模块式结构的装置可以采用集装箱分段交货。
- 安装和开机特别快捷和简单（安装时间节约 50%）。
- 与传统的装置相比噪音较低。

此外，部件使用减少并采用标准化部件以及无任何液压装置，如此简单的设计减少了维修所需的备件和易损件。

8.2 最终产品质量

扎捆质量的主要优点概括如下：

- 在任何工作条件下（包括多流分轧和不相等 / 杂乱的棒材层供货）都能做到 100%精确计数。

— 最好的小捆和大捆质量，由完美矫直好的（不扭曲或错乱）棒材组成的扎捆优于任何其他装置当今所能达到的质量。

— 均匀一致的扎捆成形便于最终用户快速、无故障解捆。

— 扎捆中棒材整齐的排列（对直精度 $\pm 5\text{mm}$ ）保证了较安全的装卸和运输。

8.3 技术亮点

此新型的精整站的主要技术特色有：

— 安装在棒材计数头上的探测装置具有多重探测器的特点，保障了绝对计数精度。

— 从底部进行工作，已计数棒材的分离装置使棒材保持了计数后的完好排列和对直。此分离装置包括一套隐现分离指，该指（从棒材计数器侧开始）从链条输送面向上逐步移动，规则地将已计数棒材与未计数的分离开，这种方法使已计数的棒材维持原水平面上平稳分离，在此项操作中棒材无任何扭曲和咬起。

— 小捆和大捆成型装置是根据具体的“堆垛”概念实施的，因此，棒材被依次分层规则堆放形成捆。这避免了传统的棒材卸出（或落下）进入成形台架，这曾是过去捆形不均匀的原因。

— 采用 Sund 扎捆机实施了可靠和安全的扎捆。

9 特殊钢棒材轧机的最终加工

在特殊钢厂中，成品棒材都具有良好的表面质量，这是在扎捆成形和随后的捆扎操作中必须考虑和保持的特征。优质产品一旦到达最终加工站就要经受不同的棒材端部处理，然后打印标记，再进入扎捆成形区。

在成捆之前为防止棒材表面相互接触，在加工过程中每一步中棒材都是单独（单根棒）处理的。

最终加工站上的机械部件都由特殊耐磨材料制成，以避免对产品表面造成损伤和机械冲击。

设备设计成使棒材的装卸平稳，无擦伤，图 5。单根棒材和棒材捆都有表面保护措施。

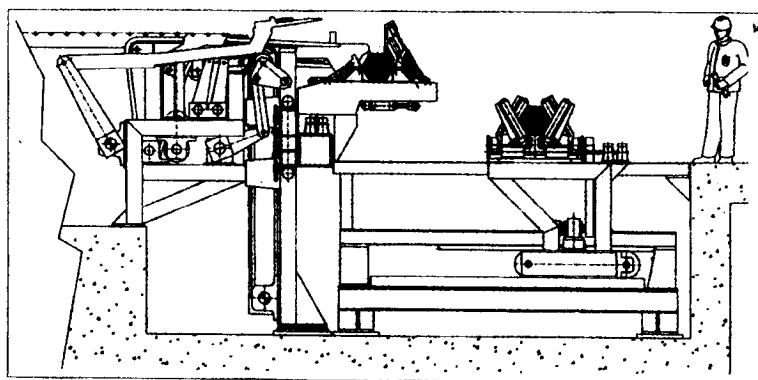


图 5 特殊钢棒材扎捆站的典型布置

—在成捆之前每根棒上都可套上一塑料环插件。

—在扎捆之前棒捆上放上塑料保护带。

为了使材料在扎捆时具有最大的稳定性，根据成品的型式优化了捆形，因此，对圆棒采用了六角形扎捆，方形和六角形棒材采用了方形扎捆。

棒材层根据预定的棒材数由长抢形堆垛装置平稳地堆放在扎捆成形台架中，此扎捆成形台架可根据产品型式和尺寸自动进行捆形调节，台架形状可从控制室遥控电动进行改变。

棒材捆由最新一代的 Sund 扎捆机扎捆。扎捆带的夹紧不采用传统的扎捆带附件进行，由于原先它们之间置有塑料保护带，因此，棒材表面跟扎捆带并不直接接触。

成品捆材通过辊子上覆有橡皮层（以防损伤最终产品）的辊道移送到最后的集料台。

孙秋华 译自《MPT International》2000.1

董成茂校