

设计参考资料

薄板坯专辑

10

2001

北京首钢设计院

设计参考资料

(10)

2001 年 10 月

薄板坯专辑

目 录

埃及 AL EZZ 重工业生产优质超薄带钢的新 FTSR+设备···	1
新世纪奥钢联的薄板坯连铸连轧·····	11
超薄热轧带钢的生产·····	28
世界薄板坯连铸连轧一览表·····	35

埃及 Al Ezz 重工生产优质超薄带钢的新 FTSR+设备

P. Bobig

1. 前言

去年建成的紧凑式薄板坯轧制设备，可用于生产最终厚度达到冷轧产品厚度规格的热轧带卷，从而为钢材市场开辟了新领域。目前，对热带轧机直接生产的超薄带钢需求量正在不断增加，这已形成潮流，目的是逐步减少进一步需要冷轧的产品份额。由于缩短并简化了整个工艺流程，从而可以大幅度降低生产成本。最为雄心勃勃的目标是使热轧带卷最终厚度达到 0.8mm，可直接用于汽车工业。

新的轧制工艺，即半无头轧制和铁素体轧制，再加上对带钢尺寸公差的严格要求，都要求在热带轧机上安装最新开发的先进设备，以及功能强大的板形和平整度控制元件。

达涅利联合公司提出了轧机机架新概念，即 f^2CR 机架（挠性凸度和自由轧制—已获得专利），它可在轧制过程中实现轧辊交叉和横移，用于在很宽的控制范围内连续调整带钢凸度，并实现工作辊磨损的独立控制。

所有这些全新的技术方案，都将用在达涅利联合公司

在埃及 Al Ezz 重工 (EHI) 建设和调试的 FTSR+ (灵活的薄板坯轧制+) 设备上。这台设备将在 2000 年下半年投产, 将成为世界上最先进的紧凑式带钢生产设备之一。

2. 产品

EHI FTSR+设备的额定年生产能力为 117.5 万 t 热轧带卷, 坯料为一台连铸机生产的薄板坯; 连铸机通过辊底式加热炉直接与热带轧机相连。产品大纲包括: 低碳钢、中碳钢和高碳钢、结构钢、包晶钢、普通钢种、深冲钢和用于铁素体轧制的超低碳钢。

最终带钢厚度为 0.8mm 至 20mm, 带钢宽度为 800mm 至 1600mm。最大单位卷重为 20kg / mm, 最大卷重为 25t。

结晶器出口处的板坯厚度为 90mm, 在连铸机内动态轻压下后达到 70mm。

将来增加第二条与第一条平行的连铸生产线后, 该设备生产能力将增加一倍; 板坯将通过一台横移式加热炉台车送至轧机设备。

3. FTSR+设备布置

FTSR+设备的布置为生产范围广泛的各类钢种和各种带钢最终厚度规格, 提供了最大的灵活性。薄板坯经过除鳞后, 切成定尺, 然后在隧道炉内加热和均热。带有立辊的单道次、不可逆粗轧机, 通过一个加热输送辊道与 6 机

架精轧机组相连，可保证中间坯从头部到尾部，以及整个宽度范围内温度均匀一致。这种布置方式即可实现间歇轧制（逐卷轧制，粗轧机和精轧机脱离联接），也可实现半无头轧制（所有机架相联接）。粗轧机架和精轧机架前均装有除鳞装置。带有高速飞剪的开卷卷取机装在强制冷却段后面，用于超薄带钢的卷取；地下卷取机则用于卷取经过正常输出辊道冷却的厚带钢。

该系统主要由下列设备构成：

- 灵活的单流薄板坯连铸机（fTSC），装有 H^2 （高速—高质量）长漏斗形结晶器（达涅利专利）和动态轻压下装置；
- 高压—小流量回转式除鳞机（达涅利专利），可在板坯进入隧道式加热炉之前，对板坯表面进行彻底清理；
- 在连铸机拉坯矫直装置处装有一台摆动剪，用于铸坯切头、切尾和定尺切割；
- 一座辊底炉—隧道式加热炉，用于铸坯加热和均热，可装 4 块用于单坯轧制的常规板坯，或一块用于半无头轧制的长板坯；
- 二次除鳞装置用于在喂入粗轧机之前，对铸坯表面进行清理；
- 带有立辊轧边机的非可逆式 4 辊粗轧机架 R1；

- 输送加热辊道用于在粗轧机和精轧机之前保持中间坯温度；
- 切头剪用于在喂入精轧机之前，将中间坯头部切齐，并切掉中间坯尾部缺陷；
- 强制冷却装置主要用于铁素体轧制；
- 第三台除鳞机用于在喂入精轧机之前，清理中间坯表面；
- 6 机架 4 辊精轧机组：
- 所有机架均采用全液压厚度自动控制（AGC）；
- 在第一机架上装有 f^2CR 系统，用于增强带钢凸度控制能力，这是半无头轧制不可缺少的设备；
- 所有机架装有工作辊强力弯辊和横移装置，用于带钢凸度和平整度控制，及工作辊磨损控制；
- 工作辊和支承辊最优化冷却系统；
- 工作辊快速换辊装置；
- 所有中间机架上装有液压小惯性活套挑，用于带钢张力控制；
- 用于控制精轧温度的中间机架冷却装置；
- 用于超薄带钢半无头轧制的带钢强冷装置、滚筒式高速剪切机和开卷卷取机；
- 开卷卷取机旁路辊道，带冷却系统的辅助输出辊道和

用于逐卷轧制的地下卷取机；

- 带卷搬运系统。

F TSR+设备的主要特点可归纳如下：

- 配备有三台除鳞装置，可确保带钢表面质量最佳；
- 在整个带钢长度范围内，可获得稳定的轧制条件；
- 带钢温度损失最小；
- 可在奥氏体范围内实现半无头轧制；
- 可在铁素体范围内进行轧制；
- 具有最大的灵活性，可轧制范围广泛的各种带钢规格。

轧制过程充分利用了灵活的薄板坯连铸机生产的优质板坯。

利用这项成熟的技术，即使在浇铸包晶钢时，也能获得良好的铸坯表面质量和内部质量；它反应了达涅利连铸机的卓越性能。

4. 半无头轧制

达涅利研制开发的半无头热轧工艺，指的是长板坯连续轧制，其长度相当于 4 块常规板坯的最大长度；然后在卷取机前，按重量要求直接将带钢切成一个个带卷。

人们认为，半无头轧制工艺可克服间歇轧制或逐卷轧制工艺，特别是在轧制超薄带钢时的主要缺点：带钢头部和尾部厚度超差、带钢头部精轧温度超差。

采用半无头轧制即可克服这些困难，并可实现下列主要目标：

- 生产超薄带钢和宽带钢时，在不影响产量的条件下，可扩大产品的尺寸规格；
- 稳定轧制条件，有利于提高产品质量和产量；
- 克服带钢喂入和脱尾时遇到的困难，可大大减少轧制废品率，提高金属收得率和轧机生产能力。

达涅利联合公司已经研制开发和设计了超薄带钢半无头轧制专用设备：

- 开卷卷取机尽可能靠近最后一架精轧机架，可确保带钢安全导卫和顺利喂入卷取装置，用于取代传统的地下卷取机；
- 滚筒式高速剪切机设在开卷卷取机的前面，用于轧制后将单个带卷分离，最大出口速度可达 20m/s ；
- 在最后一架精轧机架和高速剪切机之间，设有一段很短的输出辊道，辊道上装有带钢强制冷却系统，冷却速率可达 300°C/s ；
- 装在 $F^2\text{CR}$ 机架内的专用板形和平整度控制装置，具有很宽的带钢凸度控制范围，可连续补偿工作辊在半无头轧制过程中出现的热凸度；
- 先进的自动控制和传感元件，可实现精轧机的实时设

定；

- 用于半无头轧制过程专用物流控制系统。

通过上述设备介绍，进一步说明了紧凑式轧机设计的独创之处，它代表了薄板坯轧制工艺的革命性变化，是实现上述性能、具备上述优点的基本保证。

5. 铁素体轧制

铁素体轧制很有可能成为热带轧机带钢轧制最新技术。

它指的是在精轧机上，对已在上游工序完成 γ 到 α 的转变、并形成全部铁素体组织的带钢所进行的轧制。粗轧仍在全奥氏体区完成，然后由位于粗轧机和精轧机之间的强制冷却系统，在带钢进入第一架精轧机之前，将它冷却到 Ar_3 温度以下。

这样，即可克服在 γ 至 α 相转变区进行精轧而带来的所有困难；用这种方法生产超薄带钢将容易得多。

必须指出的是，铁素体轧制过程中的轧制负荷，并不高于奥氏体轧制负荷。

适用于铁素体轧制的钢种主要包括下列两类：

— 超低碳钢、铝镇静钢（ELC）；

— 超薄低碳钢、无间隙原子钢（ULC-IF）。

铁素体轧制还有一些优点：可减少氧化铁皮生长，降

低工作辊磨损，提高带钢表面质量，降低输出辊道上的冷却水消耗。

适用于铁素体轧制的典型产品为：

- 可直接使用的薄和超薄热轧带钢，相当于无需时效处理的软钢和韧性钢，可用于替代传统的冷轧和退火钢板；
- 产生变形的薄和超薄热轧带钢，可用于直接退火，特别适用于酸洗后立即进行热浸镀锌处理；
- 用于冷轧和退火的软热轧带钢，在冷轧过程中表现出良好的性能，与传统的热轧带钢奥氏体轧制工艺相比，具有较高的生产能力或更多的尺寸规格。

6. f²CR™ 机架

由于在工作辊上出现较大的热应力和机械应力，因此，半无头连续轧制对带钢凸度和平整度控制提出严格的要求。

为此，必须使用专用板形和平整度控制元件和控制工作辊磨损的特殊装置。新形 f²CR 机架就是这种功能强大、性能可靠的技术方案的具体体现，能够有效地控制带钢厚度和板形，具有范围最宽的带钢控制能力。

f²CR 机架的主要特点是：

- 可实现工作辊和支承辊交叉，带有交叉角度动态控制

功能；

- 具有工作辊正、负弯辊功能；
- 工作辊横移；
- 在轧制过程中可带负荷实现轧辊交叉和工作辊横移；
- 交叉和横移均可独立进行，即通过轧辊交叉控制带钢凸度；通过工作辊横移控制工作辊磨损。

利用半无头轧制工艺生产超薄带钢和宽薄带钢时，要求具有很宽的带钢凸度控制（最高达 $1500\ \mu\text{m}$ ）能力，为常规控制范围的 4 至 5 倍。

在整个轧制过程中，获得这一性能指标的唯一方法，是实现工作辊和支承辊的成对交叉控制。在长板坯连续轧制过程中，交叉角度必须能够动态调节。交叉和弯辊控制装置在板形控制过程中，应能够修改板形二次和四次参数。

在 F²CR 机架上，工作辊磨损控制是通过横移机构实现的；横移机构可在轧制负荷作用，也就是在动态条件下，实现工作辊的轴向窜动。由于在机架内，不需要其它辅助设备来控制工作辊的磨损，因此，可在靠近工作辊咬入侧的地方安装工作辊高效冷却系统，以控制工作辊的热凸度。

7.结论

达涅利联合公司在提供最先进的薄板坯轧制技术中所掌握的技术诀窍，一方面来自于实际经验，另一方面则来自于

不断的创新。

FTSR 设备代表着生产优质超薄带钢的新一代热带轧机。

建立在丰富实践经验基础上的成熟技术和通过广泛深入的研制开发取得的创新成果，使达涅利在掌握技术诀窍，在为钢铁工业提供性能优良、工作可靠的先进设备方面，居世界领先水平。

董成茂译自 2000 年国际钢铁会议资料

新世纪奥钢联的薄板坯连铸连轧

A • Flicr

1、引言

随着现代炼钢技术的引进，所带来的经济效益不仅使钢铁工业保持着十分重要的地位，而且还提高了它的竞争力。此外，要使其工业技术得到进一步的提高，并降低成本，我们不但要有正确的企业管理、市场和产品方案，还要优化每一环节，充分利用自动化系统和新技术方法。

薄板坯连铸连轧技术是过去十年里钢铁工业技术方面的重大突破之一。它的市场效益可以从图 1 中连续增长的轧机设备的数目看出。然而，为了满足所生产的热带钢产品的质量、综合性能和产品规格的要求，各个厂家的轧机设备并不相同。

这种连铸连轧生产设备并不是仅仅用于生产工业用钢的小型轧机厂。现在，还出现了适应各个厂家和用户商的不同生产工艺。

关于综合型轧机的例子。将中厚板连铸机的逆向综合装

置引入到现有的热带钢轧机上，即可形成钢坯的热送。同时，在维持产品高质量的基础上，允许减少基本费用。采用超宽中厚板连铸机的有效的板材生产工艺可以降低生产成本。要生产用作冷轧代替品的从低到高的产品层次的超薄热带钢，需采取不同的生产工艺。

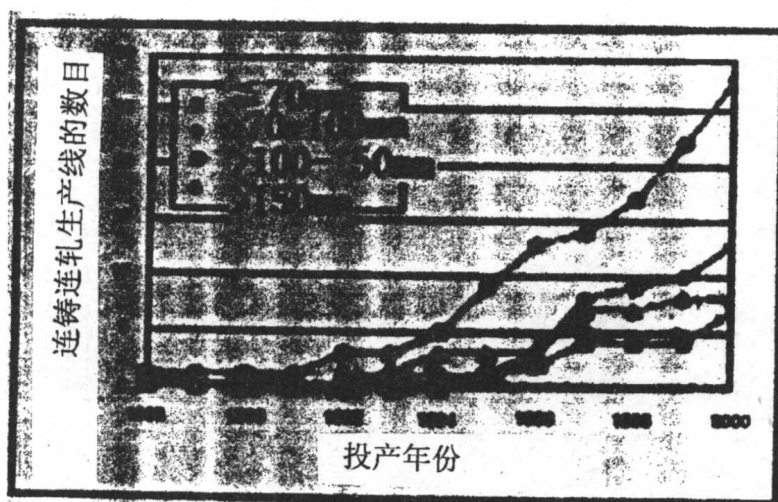


图1 连铸连轧生产设备发展状况

这种宽范围的轧机配置，要求轧机生产厂家对产品的开发进行不断的投资，从而可以提供竞争能力强、灵活性高、模块化的轧机。VAI（奥钢联）在合并它的同行后即有了许多完善的生产工艺，本文将对这些生产工艺进行更详细地描述。

2、原始工艺的要求

冶金行业环境的变化要求钢铁生产商和与其相关的服务行业不断地采取新的生产工艺。

特殊的需要不断的促使生产厂家革新思想观念，从而突破了原有的生产局限。我们可以从电炉炼钢这一典型例子中看出这些突破，并以此作为下面论述的根据。

3、炼钢工艺

装到 EAF（电弧炉）中的炉料所需费用是最终出厂产品所需费用的一半。因此，各个厂家需根据产品的要求来优化炉料的配比。与几十年前的唯一可用的生产工艺相比。现代 EAF（电弧炉）生产工艺更趋于实用化。

对于高质量要求的产品来说，DRI/HBI 是一种较好的废料替代品，它允许采用传统的 EAF（电弧炉）生产工艺。当生产低要求的产品时，废料可以直接作为炉料。由于 FUCHS Finger Shaft 加热炉允许采取有效的废料预热，因此，它是最好的方案。虽然，所有的加热炉都可用热金属作炉料，但是，双炉壳电炉由于可以缩短停电时间而显得更有利。图 2 给出的典型例子表明了现代 EAF（电弧炉）生产工艺的灵活性。

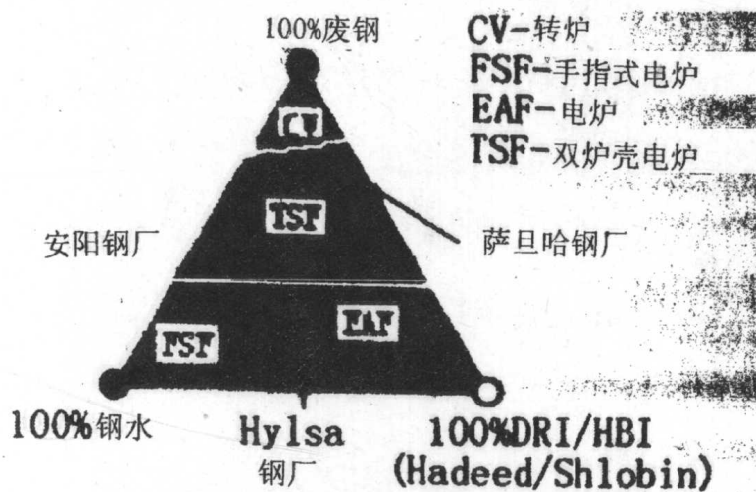


图 2 可采用的炼钢技术方案

4、连铸连轧生产工艺

相比之下，连铸连轧的生产工艺要求有所不同。虽然炉料和能源的费用是炼钢生产费用的主要方面，但是连铸连轧生产在占地面积、维修、工作人员等方面的费用可以大大缩减。这主要是由热能的节约（热送）和工序的减少（批料的存放，后续工序的处理）带来的。与此同时，决定质量水平、生产能力、热带钢的最终尺寸规格等（见图 3），所有这些对产品的生产成本和价格之间的经济关系都很重要。因此，轧机配备的选择在很大程度上由厂家和其主要生产目标而定。

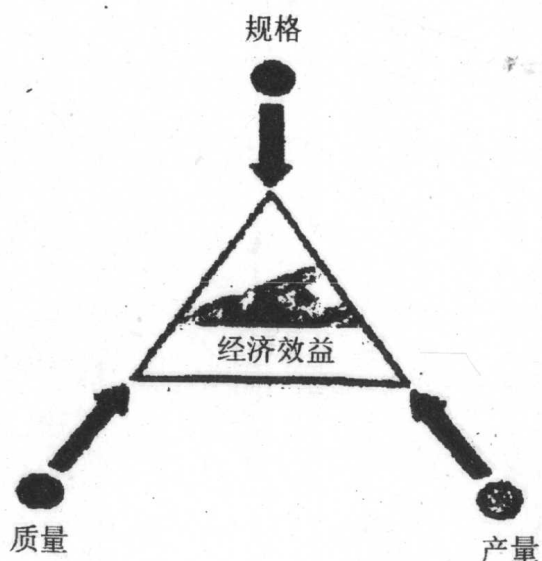


图 3 连铸连轧轧机设备的主要要求

5、工艺的多样化

最初，小型轧机作为驱动力，是在连铸连轧技术变革开始前的 80 年代后期。然而，现在的综合轧机在决定这种生产过程时起了重要的作用。世界上有十种不同的生产工艺如下：

- 半连轧
- 90mm 2 台粗轧机
- 70mm 1 台粗轧机
- CSP>60mm
- ISP 2 条生产线
- 中厚板坯组合可逆轧机