第1期 | 2016年1月

冶金杂志

冶金工业创新和技术

聚焦

扁平材下游生产技术

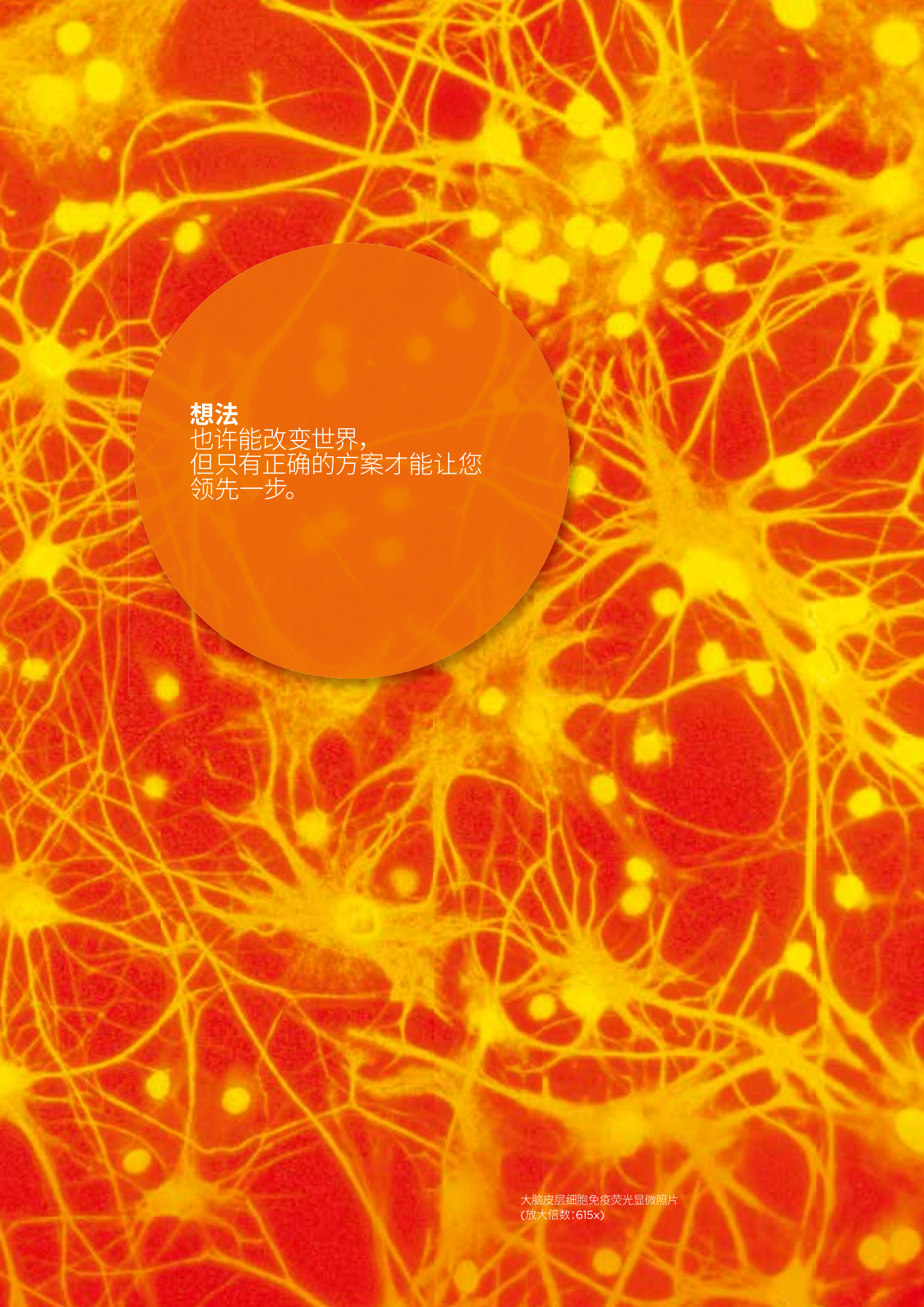
为客户创造更多价值

访谈：

多样性是技术发展之源

丰富多彩的带钢处理线方案

PRIMETALS TECHNOLOGIES



想法
也许能改变世界，
但只有正确的方案才能让您
领先一步。

大脑皮层细胞免疫荧光显微照片
(放大倍数:615x)

编辑专栏

LAWRENCE GOULD

尊敬的读者，

人类的大脑平均有大约1,000亿个细胞，也就是神经元。每个神经元通过突触与大约10,000个其他神经元相连，从而使连接的数量达到了一个天文数字：1011 x 104 = 1015或 1,000,000,000,000,000（1千万亿）。神经元的这些相互连接和组成的不可思议的网络是每个人的个性、想法、创意、智能、知识和记忆的源泉。人的大脑平均重量为1.3 – 1.4千克，据说是已知世界中最为复杂的事物。

虽然无法同人的大脑相提并论，但轧机和处理线也是长期经验和技术积累的出色结晶。举例来说，一套先进的热带钢轧机包括了加热炉、粗轧机、精轧机、除鳞机、卷取机、电机、传动以及电气、自动化和介质供应系统，由大约250,000个不同的零部件组成。每个零部件都必须同其他部件直接或间接配合，以确保轧机能够将钢坯高效率地加工成高质量、高附加值和用途广泛的带钢产品。轧机是钢铁厂中最为复杂的设备。为了制造出能够在长达数十年的使用寿命期间稳定保持高性能的轧机，显然需要拥有极其雄厚的技术实力。

2015年1月普锐特冶金技术的成立，标志着一个冶金生产技术卓越品牌的诞生。这不仅是原三菱日立制铁机械株式会社和西门子奥钢联冶金技术公司生产工艺和设备制造能力的强强联合，而且是世界各地数十家老牌公司丰富知识和经验的全面集成——其中一些公司的历史甚至能够追溯到19世纪。大脑是信息节点组成的一个不可思议的功能网络的例子。那么，如何将现有的工艺知识和诀窍结合起来以开发和应用创新方案?所有技术型企业如今都面临着这个挑战。有效的知识管理是关键，而且，随着信息的数量和复杂性呈指数级快速增加，它的重要性将日益凸显出来。

另外，已有知识诀窍的广度也是针对面临的挑战开发创新方案的决定性因素。想法也许能改变世界，但只有正确的方案才能让您领先一步。依靠涵盖了钢铁生产流程每一个环节以及有色金属轧制的全面而先进的技术，普锐特冶金技术有能力在世界各地利用一个不断充实和网络化的强大知识库来帮助生产企业快速应对不断变化的困难的市场形势。尤其是在目前这个国际钢铁产能过剩的时期，越来越多的客户都要求在高附加值金属产品的制造方面获得支持。

因此，本期《冶金杂志》再次聚焦两家拥有长期技术创新传统的知名公司的强强联合。现在，冶金生产企业能够获得完整的技术方案，特别是在下游生产环节，从而确保提高工艺效率，改善产品质量，增加产品附加值。

谨致敬意！

Lawrence Gould博士
《冶金杂志》主编
普锐特冶金技术有限公司

03 **编辑专栏**
04 **目录**
06 **CEO寄语**
08 **项目和公司新闻**
近期项目实例和新闻速递

封面故事

22 **为客户创造更多价值**
普锐特冶金技术扁平材轧制和处理技术

32 **多样性是技术发展之源**
普锐特冶金技术首席技术官Etsuro Hirai博士访谈录

38 **试金石**
普锐特冶金技术及其合作方的全球研发测试和优化设施

54 **为未来做好准备**
奥钢联钢铁公司研发总监Franz Androsch博士访谈录

技术

58 **阿维迪ESP线在日照钢铁公司投入运行**
为热带钢生产确立新标准

63 **远见卓识**
阿维迪ESP工艺发明人和阿维迪公司(意大利Cremona)创始人乔瓦尼•阿维迪访谈录

64 **创新性的短流程钢厂**
WinLink – 棒材直接轧制的高效益灵活型方案

68 **创新的设计，出色的成果**
吐丝机和集卷技术提升了高速线材轧机性能

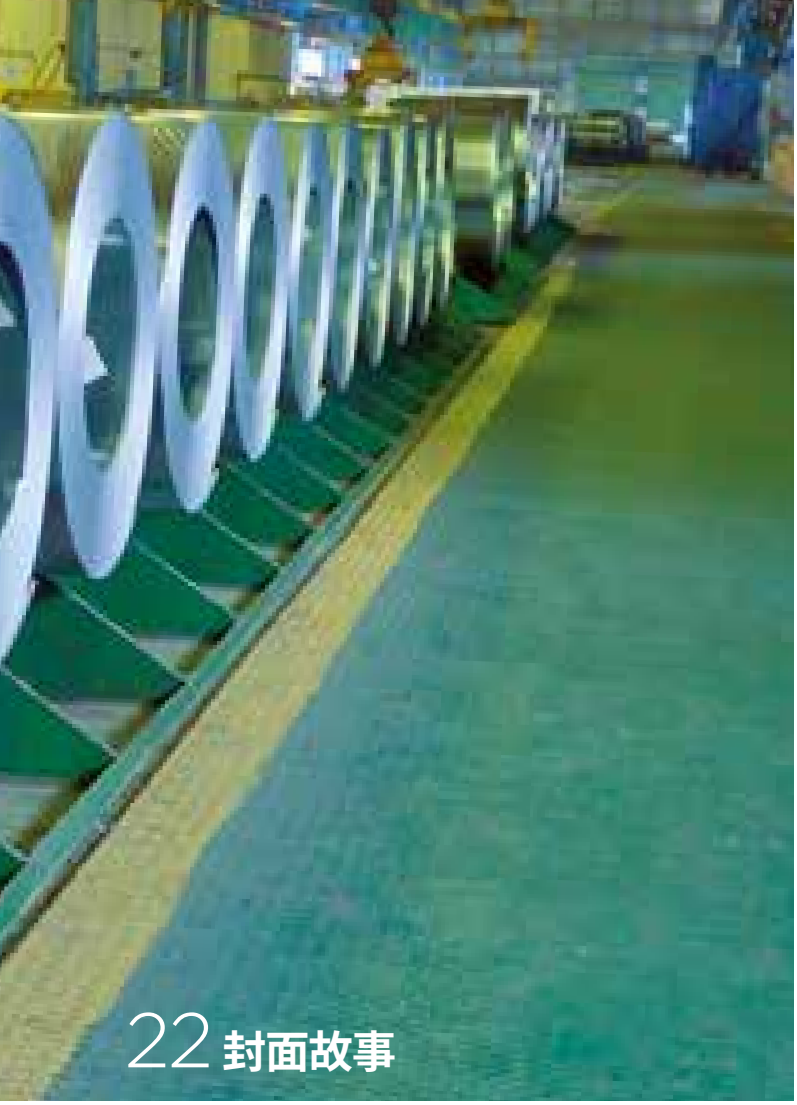
72 **为满足市场需求而改造**
T inecké Železárny 线材轧机的现代化改造

76 **产品就是明证**
依靠工艺优化提升中厚板轧机和铝轧机性能

78 **Hermenio Pinto Gonçalves访谈录**
Gerdau集团(巴西Porto Alegre)工业、工程和EHS总监

80 **优异的轧机性能**
普锐特冶金技术采用先进技术为Usiminas建成世界一流的热带钢轧机

84 **轧机稳定装置**
抑制热带钢轧机的振动



原三菱日立制铁机械株式会社和西门子奥钢联冶金技术有限公司于2015年1月合并成立普锐特冶金技术有限公司，极大地提升了扁平材生产领域下游环节的技术实力。

22 **封面故事**

88 **让您的带钢保持形状**
利用活套式板形仪提高带钢板形控制精度

92 **追求卓越**
墨西哥Ternium的酸洗冷轧联合机组

96 **从合同签署到带卷生产仅21个月**
唐钢新建酸洗冷轧联合机组

100 **迎接明天的市场**
湖南华菱新建汽车板酸洗冷轧联合机组

104 **出色的技术，出色的成果**
世界首套6机架串列式冷轧机在现代钢铁成功投产

108 **新一代轧机机架**
新型Hyper UCM万能凸度控制冷轧机的特点和优点

112 **高收得率，高效益**
交叉缝焊机和一种创新性冷轧方法

116 **这真的是您的产品吗？**
铝热轧产品表面质量的改善方案

118 **为了优异的质量**
丰富多彩的带钢处理线方案

130 **引领优质钢的潮流**
高等级汽车钢处理线

展会活动

134 **创意展示**
Metec 2015普锐特冶金技术展区

138 **钢铁与艺术的结合**
涵盖整个冶金价值链的创意方案

141 **出版说明**

CEO寄语

尊敬的客户，

2015年1月，在西门子和三菱重工(MHI)的共同努力下，普锐特冶金技术作为一家合资公司而诞生了。公司的目标是，为我们的全球客户提供比以前双方分别运营时更好的服务。两家母公司将各自的冶金业务结合在一起，打造出一个技术实力更加雄厚的新品牌，即今天的普锐特冶金技术。新公司的与众不同之处包括：

- 贴近客户，40处机构遍布世界各地
- 技术和服务涵盖整个冶金价值链
- 拥有雄厚的制造能力和丰富的经验
- 两家母公司为财务稳定和良好信誉提供强有力的保证

自从担任普锐特冶金技术首席执行官以来，我的首要目标是确保我们的新公司能够按时高效地完成整合，为向现有和将来的客户提供尖端技术和服务作好准备。现在，普锐特冶金技术已经成立了一年的时间，我们的整合工作已经取得了相当大的进展，主要整合目标将在2016年3月本财年结束前达到。但是，我们也清楚地知道，并非所有整合事宜都能一蹴而就。所以，我们一直在努力，希望进一步优化我们的工作，保证让客户满意。我们奉行的原则依然是“优势互补”，将最大限度发挥双方的技术、研发、资源、国际存在和不同文化背景的协同作用。

我们所有努力的核心归根结底是技术。我们是一家技术型公司，是面向整个冶金价值链所有环节的世界一流的创新方案供应商。除了独有的行业经验和技术能力，我们还能充分依靠母公司三菱重工和西门子的强有力支持，包括但不限于生产技术和众多电气、自动化及传动系统和设备。

环境技术也起着越来越重要的作用。尤其是对于新兴市场，普锐特冶金技术在帮助客户节能减排和优化原料使用方面居于优势地位。不过，即使是对于成熟经济体，我们也能够提供帮助生产企业降低能耗和减少CO2排放的先进技术。EAF Quantum电弧炉就是一个突出的例子，它能使CO2排放减少30%之多。

将来，我们还会看到IT技术在冶金行业越来越多的应用，从一级基础自动化和采用先进传感器技术的二级工艺优化直到全厂规模的生产和资源集中管理。我们期待着在冶金领域迈向工业4.0的征途上与我们的客户一路同行。

在目前这个国际钢铁市场形势严峻和面临金融挑战的困难时期，我们为客户提供的综合性服务显得尤为重要。普锐特冶金技术及其服务机构和制造厂组成的全球化网络提供各种全周期服务，包括钢厂设备维修的总承包在内。除了日常维护，我们尤其擅长设备自动化升级，从而为优化生产效率提供保障。

在2015年，我同欧洲、美国、日本和亚洲其他地区的许多客户进行了交流。在6月份举行的世界冶金行业规模最大的展会Metec上，我们的新品牌普锐特冶金技术及其全部业务内容首次亮相。我们重点展示了自己的技术水平和创新能力，对我来说，这是我们的公司获得市场认知的试金石。

令人鼓舞的是，我得到的大多数反馈都对我们的合资公司给出了积极的评价。两家原公司的优势互补的产品类型和不同的文化背景对于满足不同地区钢铁企业的不同需要大有好处。普锐特冶金技术处

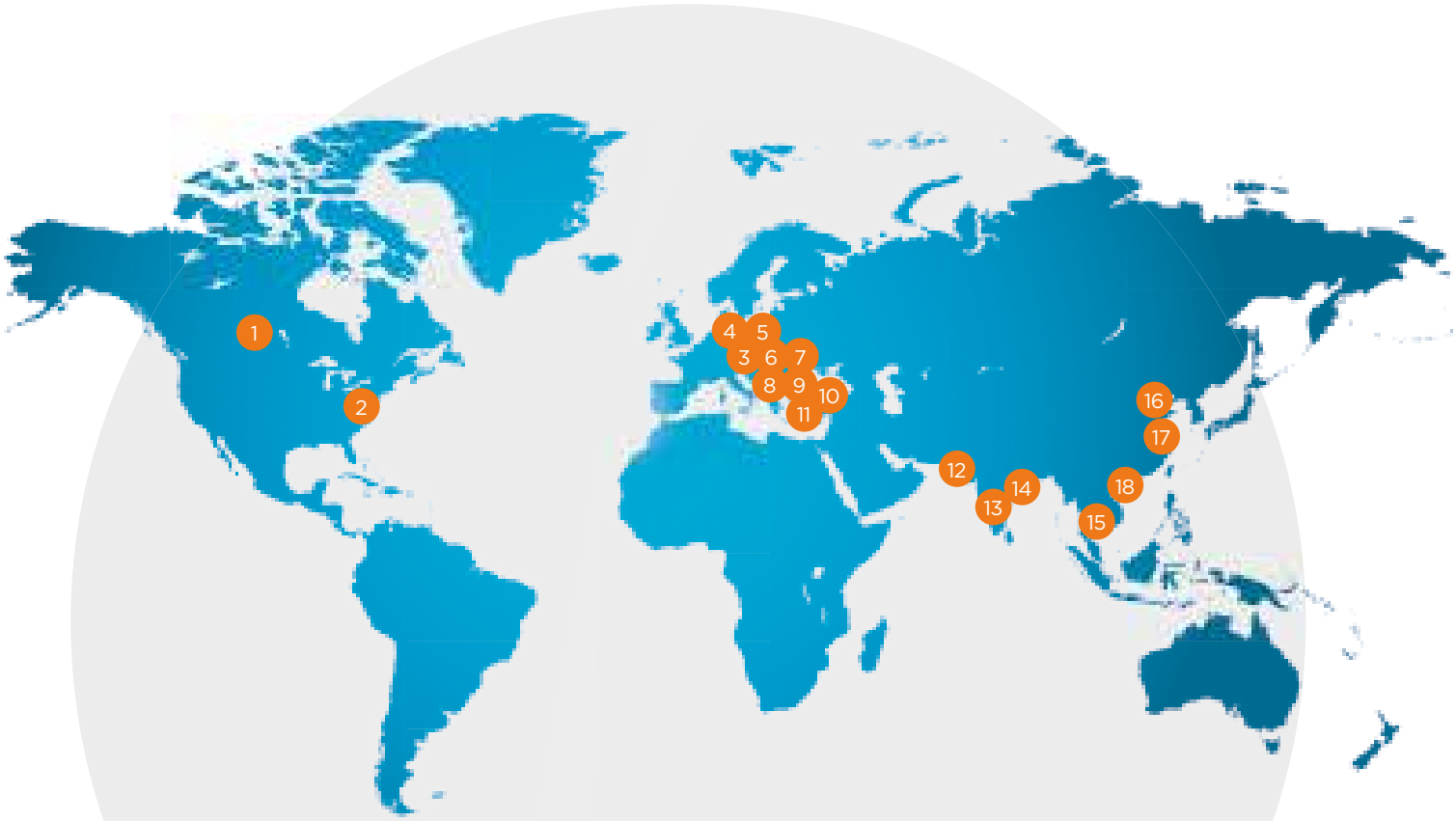
山崎育邦
(YASUKUNI YAMASAKI)，
普锐特冶金技术
首席执行官兼董事长

于一个十分有利的地位，完全能够帮助客户成功地应对它们面临的行业挑战和最大限度提升它们的产品价值。本期《冶金杂志》聚焦下游生产技术和确保您在市场上胜出的先进工艺方案。我诚挚邀请您加入我们，

“齐心协力创造冶金行业的未来。”

山崎育邦(YASUKUNI YAMASAKI)
普锐特冶金技术有限公司首席执行官兼董事长

普锐特冶金技术
项目和公司新闻



1. 里贾纳，加拿大萨斯喀彻温省
2. Hollsopple，美国宾夕法尼亚州
3. 迪林根，德国
4. Wetzlar，德国
5. 里萨，德国
6. 林茨，奥地利
7. 林茨，奥地利
8. 耶塞尼采，斯洛文尼亚
9. 耶塞尼采，斯洛文尼亚
10. 埃雷利，土耳其
11. Kroman，土耳其
12. 卡拉奇，巴基斯坦
13. Vijayanagar，印度Toranagallu
14. 鲁尔克拉，印度奥里萨邦
15. 春武里府，泰国
16. 唐山，中国河北省
17. 常州，中国江苏省
18. 湛江，中国广东省

耶弗拉兹集团里贾纳钢厂（位于加拿大萨斯喀彻温省）的炼钢车间(照片由耶弗拉兹集团里贾纳钢厂提供)

耶弗拉兹集团北美钢厂进行重大升级

1. 加拿大：普锐特冶金技术与耶弗拉兹集团签订合同，将为其里贾纳钢厂（位于加拿大萨斯喀彻温省）进行升级改造。该项目包括机械、电气和自动化方案，涉及从钢水直至成品带卷的质量改善。改造包括安装一套新的135吨双工位真空罐式脱气设备，并对现有的板坯连铸机和炉卷轧机进行现代化改造。板坯连铸机的结晶器将升级为DynaWidth动态液压调宽类型。还将安装新型小巧扇形段以实现铸流厚度的在线调节。铸流导向系统将配备改进型喷淋冷却系统，从而适应板坯厚度增大的条件。4辊炉卷轧机的升级包括采用正弯辊，改造开卷机和卷取机，并增大轧制力。基础（1级）和过程（2级）自动化也将相应升级，以同设备改造相配套。经改造，耶弗拉兹集团里贾纳钢厂将能生产符合API标准的X70钢种（厚度为1英寸，约为25.4毫米）和X80钢种（厚度为3/4英寸，约为19.1毫米），以满足加拿大市场对于钢管不断增长的需求。新设备计划于2016年第四季度安装。

每小时240万立方米的净化能力使普锐特冶金技术所提供的除尘系统成为世界最大同类设备之一。

北美HÖGANÄS将安装电弧炉状态监测系统

2.美国：北美Höganäs公司购置了一套由普锐特冶金技术开发的新型状态监测系统(CMS)，将用其监测安装在美国宾夕法尼亚州Hollsopple的50吨电弧炉的关键参数。除了对电弧炉电极调节系统进行升级，普锐特冶金技术还为其提供CMS系统服务。所监测的电弧炉性能指标包括利用系数、通电时间和能源消耗。系统还可监测电极控制系统的硬件和软件以及液压系统、电弧炉开关柜、变压器抽头变换器和其他部件。超出建议范围的异常参数将通过移动应用或电子邮件报告给管理人员。系统还将定期提供关于电弧炉性能的报告，包括电弧炉性能的详细趋势分析和相应的专家建议。此外，这套新系统能够帮助实施预见性和预防性维护，以降低定期维护的成本。

德国迪林根萨尔生铁有限公司的4号高炉。(照片由迪林根钢厂提供)

状态监测系统包括一套移动应用软件，可远程监测电弧炉的关键性能指标。

普锐特冶金技术为萨尔生铁有限公司高炉大修提供新设备

3. 德国：普锐特冶金技术从德国迪林根基地—萨尔生铁有限公司(Rogesa)处获得合同，将借4号高炉大修之机为其升级电气、测量、分析和自动化设备。该项目将为这座高炉安装基于西门子Simatic PCS7的新控制系统和先进自动化系统，并更新开关柜和电缆。原有的现场装置也将被替换。控制系统将集成一套存档和报表系统、一套测量数据记录和分析系统以及一套网络管理系统。普锐特冶金技术还将负责硬件规划和与新系统结构的集成。

BUDERUS EDELSTAHL 电弧炉炼钢厂新装除尘系统

4.德国：普锐特冶金技术为位于德国Wetzlar的不锈钢生产企业Buderus Edelstahl有限责任公司(隶属奥钢联钢铁集团)电炉炼钢厂新建了一套组合式一次和二次除尘系统。该系统将汇集来自钢厂冶炼和连铸区域所有冶金设备的废气，并对它们进行过滤。这些设备包括一座100吨电弧炉、一座钢包炉、一套真空脱气设备、一个处理站和两个新建的模铸车间。厂房内的环境空气通过总共设有35个抽气点的屋顶集气罩排出。设备产生的废气和从炼钢/连铸跨抽出的空气通过布袋过滤器净化，净化气体的含尘量达到1 mg/Nm_3以下，大大低于法律规定的极限值。普锐特冶金技术所提供的这套除尘系统净化能力为每小时240万立方米，是世界上最大的同类设备之一。整个除尘装置采用封闭式设计，以最大限度减少噪音。

Buderus Edelstahl(德国Wetzlar)的除尘系统

费拉尔皮-里萨公司易北钢厂(ESF)改造后的5流小方坯连铸机

费拉尔皮-里萨公司易北钢厂签发小方坯连铸机最终验收证书

5.德国：普锐特冶金技术为德国钢铁企业费拉尔皮-里萨公司(ESF)的里萨钢厂改造了一台5流小方坯连铸机，并获得最终验收证书(FAC)。该项目从2014年5月开始执行，旨在改善铸坯的内部和表面质量，并将产能提高20%。通过安装新的铸机机头(包括DiaMold结晶器和伸缩式DynaFlex振动装置)，加上对二冷系统进行优化，这些目标均得以实现。安装伸缩式DynaFlex结晶器振动装置能够在不中断连铸工艺的情况下个别更换结晶器以进行维修，从而提高小方坯连铸机的浇铸能力和灵活性。安装DiaMold结晶器能够提高拉速。为确保在更高拉速下优化冷却效果，项目还对原有二冷系统进行了改造，增加了第4个冷却区。依靠系统部件的预组装和制造厂测试，加上成熟的“Connect & Cast”(即连即铸)理念，所有改造工作得以在连铸机计划停产期内快速、高效地完成。

奥钢联钢铁公司在转炉炼钢厂启用机器人

6.奥地利：普锐特冶金技术为奥地利钢铁企业——奥钢联钢铁有限责任公司的3座180吨LD(BOF)转炉提供、安装并投运了3套机器人系统。这些机器人承担了多项任务，比如自动从探头存放箱拿取探头、将新探头装到副枪上、并在完成测温/取样后从副枪上取下用过的探头。另外，机器人还能够清理接触杆、检测探头把持器、利用相机自动识别并选择需要的探头类型。

此项目范围还包括提供一套带有3个探头存放架的探头存放箱，每个存放架上能放63支探头。另外也提供了探头缓冲器、副枪对中装置和LanceGuard测量系统监视器。后者可定期自动清理、检测和校验整个测量回路。普锐特冶金技术还负责新系统与现有自动化系统的集成。奥钢联钢铁公司使用机器人系统后，操作人员无需在危险的转炉区域进行探头操作。除了提高人员安全性，机器人方案带来的其他优点还包括减少维护需要，统一探头操作，并缩短了转炉停炉取样的时间。

奥钢联钢铁公司（位于奥地利林茨）热带钢轧机入口段侧导板上安装的Eco Slide Disc

奥钢联钢铁公司订购更多ECO SLIDE DISC侧导板

7. 奥地利：奥钢联钢铁公司（位于奥地利林茨）为其热带钢轧机订购了更多配备可转动Eco Slide Disc耐磨盘的Eco Slide Disc侧导板。Eco Slide Disc系统（专利申请中）是普锐特冶金技术的一项非常经济实用的创新，可显著提高带钢导向部件的耐磨性能。自2014年8月以来，该系统已安装在这套热带钢轧机的3号卷取机入口段的一侧并成功使用。鉴于使用效果极佳且降低成本的潜力非常明显，3号和4号卷取机的入口段都安装了新的Eco Slide Disc侧导板。Eco Slide Disc耐磨盘垂直安装在侧导板上。通过了一定数量的带钢后，耐磨盘将自动以选定角度同步转动。与总是被通过的带钢沿同一条线摩擦的传统耐磨衬板不同，Eco Slide Disc的磨损分布在圆盘的整个环形表面。这种巧妙的方案使耐磨盘的连续使用时间从传统耐磨衬板的2 – 3天延长至大约4周。如果翻面后重新安装在侧导板上，有效使用时间可加倍至近2个月。Eco Slide Disc系统的另一个优点是具有自清理作用，可有效降低掉落的堆积物损伤带钢表面的风险。

普锐特冶金技术为奥地利钢铁企业奥钢联钢铁有限责任公司的3座180吨LD(BOF)转炉提供、安装并投运了3套机器人系统。

ACRONI启用经改造的连铸机生产X120 Mn12钢种

8.斯洛文尼亚：普锐特冶金技术为位于耶塞尼采的斯洛文尼亚钢铁企业Acroni, d.o.o.执行了一台单流板坯连铸机的重大改造项目。该铸机的设计能力为年产超过500,000吨板坯，包括中碳到高碳钢、结构钢、包晶钢、微合金钢、不锈钢和硅钢。板坯厚度为200 mm或250 mm，宽度为800 mm – 2,120 mm。自2015年初以来，这台板坯连铸机也能生产X120 Mn 12耐磨钢种，而过去此类钢种只能采用模铸或立式连铸工艺生产。这一新能力正是铸机现代化改造的结果。改造内容包括更换铸机机头和铸流导向系统，并且安装先进的技术方案包、系统和部件，比如采用LevCon结晶器液位控制；铸流导向系统采用密排小直径辊以减少板坯鼓肚；采用Dynacs二级冷却模型计算并控制需要的冷却水量以精确地确定铸流最终凝固点的位置；采用DynaGap Soft Reduction（动态轻压下技术）方案包可准确调节辊缝锥度以避免铸流中心偏析。后者是生产X120 Mn12钢种的关键之一，因为此类钢种必须通过超声波检测，而中心偏析是必须满足的标准。这些方案是确保在生产重要钢种时达到板坯内部和表面质量高要求的决定性因素。

改造后的Acroni板坯连铸机如今能够浇铸X120 Mn12钢种

AOD转炉的装料操作(普锐特冶金技术样板厂)

ACRONI新建AOD转炉和除尘系统

9. 斯洛文尼亚：在为Acroni 耶塞尼采工厂执行的另一个项目中，普锐特冶金技术提供了一座新的95吨AOD(氩氧脱碳)转炉和一套除尘系统。目前，该厂采用EAF(电弧炉)加VOD(真空吹氧脱碳)流程生产不锈钢，存在着生产瓶颈。安装AOD转炉将使Acroni增加一个炼钢工艺选项，并提升产能达20%以上，同时改善产品质量并扩大Acroni的产品范围。另外，AOD工艺扒渣操作造成的合金元素损失也能够减少，从而降低生产成本。普锐特冶金技术负责AOD转炉和除尘系统关键部件的设计、制造和供货。项目范围包括一套专为AOD转炉而设计的过程自动化系统，还有一套能够减轻喷吹工艺所产生振动的挡板驱动系统（Drive Damper系统）。这种获得专利的系统能够减少磨损，降低维修成本，还能大幅度延长转炉的使用寿命。除尘系统将确保排放指标大大低于极限值的规定，从而改善钢厂的工作条件。普锐特冶金技术与来自韦莱涅的斯洛文尼亚公司Esotech d.d.组成了联合体共同执行该项目。新设备计划于2017年初投入运行。

轧机的设计能力为年产400,000吨钢筋和圆棒，将使 Amreli钢铁公司的产能增加到3倍以上。

埃尔德米尔钢铁公司将新建连续镀锌线

10.土耳其：普锐特冶金技术与土耳其钢铁企业埃尔德米尔钢铁公司签订合同，以总承包方式为其位于黑海之滨的埃雷利钢厂提供一条连续镀锌线。此线可每年处理350,000吨不同钢种，包括普通钢、无间隙原子(IF)钢、高强度低合金(HSLA)钢、双相钢(DP)和烘烤硬化(BH)钢，它们将用于汽车和其他行业。带钢宽度为700 mm – 1,900 mm，厚度为0.4 mm – 2.0 mm。项目计划于2018年第二季度完成。

普锐特冶金技术的项目范围包括项目执行，设计，并提供镀锌线所有机械和电气设备与自动化和工艺技术。机械设备包括带卷上料和入口段、搭接焊机、立式带钢活套、清洗段、退火炉、镀锌段、光整机和张力矫直机，然后是后处理和出口段，包括一台静电涂油机、一台旋转剪和一台卷取机，还有带卷运输、打捆和称重设备。在检验站，全自动SIAS表面检验系统将检查带钢表面是否达到质量要求。TCOptimizer工具监测工艺的运行。PropertyMon则在线分析带钢的机械性能。

土耳其Kroman钢厂的二号高线将采用先进的吐丝机技术，包括SR 系列自我再生型高过钢量吐丝管

KROMAN钢厂改造高速线材生产线

11.土耳其：普锐特冶金技术与土耳其钢铁企业Kroman Çelik Sanayii A. .签订合同，将采用先进技术对其二号高线进行改造，以增产高碳钢产品。为此，普锐特冶金技术将为其安装摩根智能夹送辊，并采用先进的吐丝机技术，配备SR系列自我再生型高过钢量吐丝管。另外，还将采用Optimesh技术改造现有的散卷风冷却线，并且升级集卷筒和成圈器。安装新设备后的轧制速度保证值为110 m/s。

普锐特冶金技术提供的一套采用多切分模式的棒材轧机中的PQS热处理系统

AMRELI钢铁公司将新建棒材轧机

12.巴基斯坦：为满足巴基斯坦国内对于结构钢不断增长的需求，巴基斯坦钢铁企业Amreli钢铁有限公司向普锐特冶金技术订购了一套新的棒材轧机。轧机的设计能力为年产400,000吨钢筋和圆棒，将使 Amreli钢铁公司的产能增加到3倍以上。该轧机计划于2017年早期投产。它的最高轧制速度达13米/秒。150 mm x 150 mm方形断面、12 m长的原料坯将被轧制成直径8 mm – 40 mm的螺纹钢。以四切分模式轧制直径8 mm – 10 mm的棒材和以二切分模式轧制8 mm – 14 mm直径，可使轧机达到最高产能。该轧机还将生产直径16 mm – 60 mm的圆棒。轧制线包括一套粗轧机、一套中间轧机和一套精轧机，它们分别由6个第五代红圈轧机机架组成。此次供货范围还包括热切头剪和事故剪、安装在最后一个精轧机架之后的波米尼淬火(PQS)热处理系统、以及安装在冷床前面的一套夹送辊和热切分剪。还有一台剪切力为500吨的冷切分剪以及棒材计数、打捆、称重和贴标设备。

置换后的LD(BOF)转炉在JSW钢铁公司投入运行

13.印度：2015年9月中旬，由普锐特冶金技术提供的一座新LD(BOF)转炉在印度钢铁企业京德勒西南钢铁有限公司(JSW钢铁公司)的卡纳塔克邦Toranagallu Vijayanagar钢厂第二炼钢车间投入运行。它是2014年9月普锐特冶金技术获得的一项合同的组成部分，合同内容是对全部4座炼钢转炉进行置换。其余转炉将在2016年年中之前相继完成置换。每座转炉的出钢量均为180吨。普锐特冶金技术将提供转炉炉壳，包括托圈、悬挂系统和炉底搅拌系统。转炉将采用抗高温蠕变材料制造以抑制受热变形，还将采用一种经特殊设计的组合式空气和水冷却系统。这样不仅能够延长转炉使用寿命，而且能够显著减少维修工作量。此次供货范围还包括两套新的倾动传动、两套新氧枪快换接头以及全套转炉基础自动化(1级)。JSW钢铁公司是印度领先的钢铁企业，建成产能为每年1,430万吨钢。其中，Vijayanagar钢厂占到了1,000万吨。

普锐特冶金技术为印度JSW钢铁公司Toranagallu Vijayanagar钢厂第二炼钢车间提供的新LD(BOF)转炉

SAIL ROURKELA钢厂新建热扎带钢机组

14.印度：作为印度钢铁管理局有限公司(SAIL)鲁尔克拉钢厂从每年560万吨增产至1,080万吨的扩建计划的组成部分，普锐特冶金技术将提供一套年产能达300万吨的热轧带钢机组。由三菱商事株式会社(MC)和印度拿丁集团公司(L&T)组成的联合体获得了这份合同。三菱商事作为联合体牵头方将全面负责项目管理，而L&T将承担土建施工、安装和本地供货。普锐特冶金技术将承担整套轧机的设计和主要机械设备的供货，包括一台加热炉、一套单机架粗轧机、一套7机架精轧机组、两台地下卷取机、及磨辊车间配套系统和设备。4台精轧机架将采用双交叉轧制技术，以精确地控制带钢板形和平直度。该轧机将生产许多钢种，包括汽车和家电行业使用的高质量钢种以及API(美国石油协会)钢种。精轧机双交叉轧制技术能够优化凸度和平直度控制。建成后的轧机将于2018年4月底交付SAIL。

N.T.S.钢铁集团公共有限公司位于泰国春武里府钢厂的76吨电弧炉(照片由N.T.S.提供)

N.T.S.电弧炉的现代化改造

15.泰国：普锐特冶金技术正在为N.T.S钢铁集团公共有限公司泰国春武里府钢的一座76吨电弧炉(EAF)进行现代化改造。该炉将安装一套新的电极控制系统、泡沫渣管理器和一套组合式精炼烧嘴(RCB)系统。电弧炉改造的目标是使吨钢电耗降低4%，吨钢电极消耗降低17%。电极升降立柱的液压系统也将得到改造。泡沫渣管理器的使用能够保证泡沫渣高度的精确控制，从而优化对熔池的能量输入。普锐特冶金技术的电弧控制优化系统(Arcos)将提高电极动作控制的精度。Arcos不仅能够降低能耗，而且能够提高冶炼工艺的效率。工艺的稳定性也因为对供电系统的许多参数进行连续监测而得以提高。所有这些改进措施都有助于缩短冶炼周期，提高产能，降低单位生产成本。

轧机将生产许多钢种，包括汽车和家电行业使用的高质量钢种以及API钢种。

唐钢订购两条新连续镀锌线

16.中国：普锐特冶金技术从中国钢铁企业——唐山钢铁集团有限责任公司(唐钢)获得合同，为其位于河北省唐山市的唐钢第二冷轧厂提供两条连续镀锌线。新设备将使其高强涂镀薄板的年产能提高650,000吨。这些薄板将主要用于汽车工业。这两条镀锌线(5号和6号)将安装在与现有冷轧厂相邻的一幢新厂房内。现有冷轧厂也由普锐特冶金技术建设，并已于2015年初投入生产。

普锐特冶金技术负责这两条线的机械、电气和工艺设备的设计、制造和供货。5号镀锌线的生产能约为250,000吨，可处理宽度在850 mm – 1,300 mm、厚度在0.18 mm – 1.5 mm范围内的冷轧带钢。6号镀锌线将能够每年生产400,000吨宽850 mm – 1,600 mm、厚0.5 mm – 3 mm的镀锌冷轧带钢。其中的一条线上将安装特殊的铝硅镀层技术方案包。新镀锌线计划于2017年投产。

普锐特冶金技术为中国唐钢冷轧厂提供的现有镀锌线

宝钢订购的Mulpic系统采用迄今为止最先进设计

中天钢铁改造线材轧机

17.中国：位于中国江苏省的常州中天钢铁集团有限公司 （中天钢铁)正在采用普锐特冶金技术提供的先进技术对线材轧机进行改造，以改善产品质量并扩大品种范围。现有的摩根Stelmor运输线将配备中国第一套Optimesh系统，以确保高碳产品的快速和均匀冷却。该技术是获得均匀的机械性能和冶金结构的决定性因素。

此改造项目的供货范围还包括一套预精轧机、切剪、摩根V型No-Twist轧机、摩根智能夹送辊、吐丝机和水箱。还将提供一套综合性的轧机电气和自动化升级方案。改造后的轧机将能够以高达110 m/s的运行速度轧制直径在5.5 mm – 20 mm范围内的线材。

宝钢湛江安装MULPIC强力冷却系统

18.中国：中国钢铁企业——宝钢湛江钢铁有限公司(宝钢湛江)从普锐特冶金技术订购了一套新Mulpic(多功能间断式冷却)系统，它将被安装在公司的现有中厚板轧机上。该轧机目前正从上海迁往广东省湛江市，并计划于2016年3月恢复运行。Mulpic系统可大大提高冷却速度，实现精确的冷却控制，确保钢板实现均匀的冶金性能，并且减少平直度缺陷。

普锐特冶金技术Mulpic(多功能间断式冷却)系统

宝钢订购的Mulpic系统采用迄今为止最先进设计，将选取最新Mulpic控制软件和先进的流量控制阀。Mulpic系统也将采用单独集管控制，能够在整条冷却线实现直接淬火（DQ）和加速冷却（ACC）模式。普锐特冶金技术将为新Mulpic系统提供全部机械、电气和自动化设备。

焦点

Mick Steeper，技术经理兼研发对外协调员，普锐特冶金技术英国

MICK STEEPER
被任命为IOM3钢铁分会主席

声誉卓著的英国材料、矿物和采掘协会(IoM3)钢铁分会选举普锐特冶金技术英国公司的Mick Steeper担任新一届主席。他的任期为4年，将持续到2019年8月。该分会的主要工作是，计划并组织在英国和世界各地举办的钢铁会议。它还面向钢铁行业及其价值链开展全方位的合作，包括：

- 教育和技能培养
- 预商业化研究和合作研究
- 技术交流、出版物和其他形式的知识传播
- 对于钢铁行业整体利益的支持和服务

IoM3本身是由英国的冶金行业专家(和其他材料科学家)组成的一个学术性组织和专业协会，其所属分会的工作不以商业为目的。到目前为止，钢铁分会的惯例一直是由钢铁企业的高层人士来担任主席，只有少数例外是由来自研究机构的人员担任。就我们所知，对Mick Steeper的任命是钢铁行业供应商的员工首次担任这一职务。

新闻速递

奥钢联钢铁公司 **奥地利**

2015年6月16日，奥地利钢铁企业奥钢联钢铁公司与普锐特冶金技术签订合同，在林茨钢厂A高炉现场建造一套工业规模的干法渣粒化(DSG)原型设备。设计和安装成本由两家公司大致均分，另外还得到了奥地利政府的资金支持。建造一套全尺寸设备的决定是在从之前的实验室和大规模试验中获得的成功经验基础上作出的。

Aperam不锈钢比利时公司 **比利时**

普锐特冶金技术从Aperam不锈钢比利时公司获得合同，为其升级Chatelet厂热轧机的双传动、立辊传动和辅助系统。普锐特冶金技术将在2016 – 2020年间分六次把热轧机的现有直流传动系统改造成交流传动系统。

宝钢湛江钢铁有限公司 **中国**

普锐特冶金技术于2015年9月为设在广东省港口城市湛江的宝钢钢厂成功投产了两台板坯连铸机。

鞍钢蒂森克虏伯(重庆)汽车钢有限公司 **中国**

2015年6月，普锐特冶金技术提供的一条连续镀锌线成功生产出第一个涂镀带卷。该线集三种镀层于一身：CI，-GA和Al-Si，这是中国的第一套同类设备，产品将用于汽车工业。

阿赛洛米塔尔Florange和Dunkirk **法国**
Aperam不锈钢比利时公司 **比利时**

2015年7月和8月，总共5套传动系统(每套装机功率均为12 MW)分别在阿赛洛米塔尔法国Florange、阿赛洛米塔尔法国Dunkirk和Aperam不锈钢比利时的热轧机上成功投入运行。这些热轧机升级项目都是用新型交流技术取代原来的直流传动系统。

BMM Ispat有限公司 **印度**

2015年8月12日，BMM Ispat有限公司卡纳塔克邦Danapur Village厂新建电弧炉生产出第一炉钢水后，普锐特冶金技术获得了初步验收证书(PAC)。供货范围还包括钢包炉、除尘设备和上料系统。

Jindal钢铁电力有限公司(JSPL) **印度**

普锐特冶金技术将为JSPL的Odisha邦Angul新建钢铁厂提供新焦炉上料系统的全套自动化系统。

Kalika钢合金私营有限公司 **印度**

Kalika钢合金私营有限公司Maharashtra邦Jalna厂新建250,000 t/a棒材轧机成功投产后，客户向普锐特冶金技术签发了初步验收证书。

印度钢铁管理局有限公司(SAIL) **印度**

2015年7月28日，普锐特冶金技术为SAIL Bokaro钢厂新建的酸洗冷轧联合机组(PLTCM)获得调试证书。

印度钢铁管理局有限公司(SAIL) **印度**

2015年8月13日，普锐特冶金技术从SAIL获得合同，将为其Chhattisgarh邦Bhilai钢铁厂的第三烧结厂升级烧结矿冷却机。项目内容还包括将烧结矿冷却能力从800 t/h提高到850 t/h。

塔塔钢铁有限公司 **印度**

普锐特冶金技术正在为塔塔钢铁公司Jamshedpur厂的E高炉提供第二套煤气净化设备。

图1：普锐特冶金技术为ACCIAIERIE VENETE S.P.A(意大利CAMIN)提供的新开坯机架

Acciaierie Venete S.p.A. **意大利**

意大利特殊钢生产企业Acciaierie Venete S.p.A.在其意大利Camin厂开坯机完成全面改造后(图1)向普锐特冶金技术签发了最终验收证书(FAC)。该项目安装了一个新的开坯机架并集成到现有轧制线中。这个总承包项目的目标是提高坯料质量，全部或部分取消后续处理步骤。

图2：普锐特冶金技术北美新总部(美国佐治亚州Alpharetta)剪彩仪式。自左至右：Jack Mueller，普锐特冶金技术美国有限责任公司执行副总裁兼首席财务官；Doug Keith，西门子大型传动业务集团美国主管；David Belle Isle，Alpharetta市市长；Satoru Iijima，普锐特冶金技术美国有限责任公司总裁兼首席执行官；Jagannath Rao，西门子客户服务美国主管；Ralf Hanneken，普锐特冶金技术美国有限责任公司执行副总裁兼运营主管

阿赛洛米塔尔波兰 **波兰**

阿赛洛米塔尔波兰签订两项合同，为其Kraków厂5号高炉大修提供全部风口套和冷却壁。该高炉将于2016年进行大修。

Novolipetsk冶金联合体(NLMK) **俄罗斯**

2015年5月18 – 21日，NLMK Kaluga(隶属于NLMK集团长材业务部)短流程钢厂使用同一个中间包连续浇铸了多达110炉钢水，创下了一项生产纪录。这是全世界长材短流程钢厂的最佳指标之一。在一个持续了77小时零6分钟的不间断浇次中，总共生产出了13,000块小方坯。每炉钢水的平均重量为126.4吨，每小时产能达到180.6吨。在这个创纪录的连浇过程中，电弧炉的单位能耗为354.1 kWh/t，也属于全球最佳水平。普锐特冶金技术提供了以高功率输入和单篮装料制度为特色的120吨Ultimate EAF，俄罗斯第一台8流小方坯连铸机，和双工位钢包炉。

阿赛洛米塔尔Asturias **西班牙**

2015年8月，普锐特冶金技术完成了酸洗线改造项目的最后阶段，不仅改善了带钢质量，而且使酸洗线产能提高到1,800,000 t/a。

中龙钢铁公司 **台湾**

中龙钢铁公司台中厂1号高炉于2010年2月投入运行。由普锐特冶金技术设计并提供的这座高炉额定能力为年产铁水250万吨。经过5年多的无故障稳定运行后，已经为炼钢厂提供了超过1,400万吨铁水。它和比它晚投产3年的容量相近的2号高炉都连续超过各自的额定生产能力。

美国钢铁公司Granite City厂 **美国**

美国钢铁公司异地搬迁的板坯连铸机CC1于2015年10月2日在伊利诺伊斯州西南部的Granite City钢厂成功浇铸了第一炉钢水。这台板坯连铸机能够浇铸许多钢种，采用单流浇铸模式时板坯宽度达到87英寸(2,210 mm)，而采用双流浇铸模式时宽度为47英寸(1,194 mm)。板坯厚度为9.1英寸(231 mm)。

新北美总部 **美国**

2015年9月11日，普锐特冶金技术美国有限责任公司为建在佐治亚州Alpharetta的公司新北美总部举行了剪彩仪式(图2)。面积为35,000平方英尺(3,252 m2)的新总部共有140名员工，包括工程师、设计经理和技术工人，还有项目执行、销售和技术支持等方面的人员。在仪式上，普锐特冶金技术美国有限责任公司总裁兼首席执行官Satoru Iijima指出，新总部将使员工能够最大限度发挥创新能力。“这幢先进的办公楼将让我们所有人以令人振奋的新方式展开协作，从而以一支团结的队伍为我们的美国客户提供支持，”他说。

为客户创造
更多价值

普锐特冶金技术扁平材轧制和处理技术

先进技术和现代自动化方案的结合是可靠生产高附加值产品的基础。

原三菱日立制铁机械株式会社和西门子奥钢联冶金技术有限公司于2015年1月合并成立普锐特冶金技术有限公司，极大地提升了扁平材生产领域下游环节的技术实力。本篇专题文章归纳了面向钢铁和有色金属生产企业提供的众多轧制和处理技术方案。

普锐特冶金技术成立后不久，公司设在奥地利、法国、德国、日本和英国的技术中心对下游生产技术进行了全面的梳理(图1)。各自的技术强项和工艺方案得到仔细比较，结果表明，有些技术更适合于新建设备，还有些则非常适合于改造项目。有一点非常明确：为了能够出色地服务于国际冶金市场，公司需要所有的现有技术方案。目前，公司正在执行一项技术交流计划，以最大限度发挥合资公司的产品协同作用，以及公司专业技术人员的才智和能力。为此，公司建设了一个全球性的内联网，以此作为经验交流和项目沟通的通讯平台。

公司的目标是，针对特定市场的需要，就地提供不同技术中心的最佳可行技术方案。而且，销售处、设计部门、制造厂、服务中心和维修机构组成的全球化网络保证了普锐特冶金技术贴近客户，从而迅速提供产品和服务。以下介绍公司在扁平材生产领域下游环节的主要技术。 »

普锐特冶金技术各技术中心的扁平材下游生产技术

1. 英国谢菲尔德
- 中厚板、炉卷和板卷轧机
- 铝热轧和冷轧机

2. 法国Montbrison
- 碳钢和不锈钢处理线
- 不锈钢冷轧机

3. 德国Erlangen
- 所有类型轧机和处理线的电气、一级和二级自动化

4. 奥地利林茨
- 阿维迪ESP(无头带钢生产)
- 碳钢热带钢轧机
- 碳钢冷轧机，包括酸洗线

5. 日本广岛/东京
- 中厚板和炉卷轧机
- 带钢和铝热轧机及炉卷轧机
- 碳钢、不锈钢和铝冷轧机
- 碳钢、硅钢和不锈钢处理线及加热炉技术

阿维迪ESP
– 从连铸到成品带卷的连续生产

阿维迪ESP工艺以一种连续、无间断的组合式铸轧工艺生产热轧带卷，能耗和相关成本比传统的连铸连轧工艺降低了45%之多，CO2排放也大幅度减少。生产线长度仅为180米，布局也远比传统连铸连轧设备紧凑得多。它能够生产许多优质超薄钢种，满足钢铁应用的严格要求。

热带钢轧机
– 让新建和现有钢厂都达到最高性能

随着先进高强钢种的需求不断增长，对于产品质量、轧机产能和设备作业率的要求也日益提高。为了保持竞争力，新建和现有钢厂都必须以最佳方式应对这些挑战。为了满足客户的特定要求，我们提供各种热带钢轧机方案。

中厚板轧机
– 满足各方面要求的强有力方案

强大的能力，精确的控制，加速冷却，热机轧制，等等，都是满足对于中厚板不断提高的质量出色、机械性能稳定和尺寸准确等要求的决定性因素。普锐特冶金技术依靠先进的方案和全面的供货能力帮助生产企业达到钢板生产的最高标准。

炉卷轧机
– 为小规模生产带来高效率

提供冶金设备数十年的丰富经验造就了独特而全面优化的新建炉卷轧机技术方案。设备改造的超强能力加上创新性方案，能够可靠地帮助客户在带卷生产中改善产品质量和提高运行效率，尤其是在特殊的市场领域。

板卷轧机
– 低成本轧制众多钢产品

高效率的板卷轧机既能充分发挥带钢轧制设备利用率高的优势，又能生产出可逆式中厚板轧机的钢种和宽度范围。创新性的设计方案保证了设备的高产能，冷却控制的冶金精度，和运行的可靠性。板卷轧机能够根据需要灵活地轧制钢板或带卷，从而迅速应对市场需求的变化。

酸洗线
– 成熟的方案确保带钢表面清洁无锈

采用模块化设计的普锐特冶金技术连续式和推拉式酸洗线以效率高、运行成本低和技术先进(比如紧凑式除鳞机，新型焊机，紊流酸洗)为特色。客户可以根据自己的需要或喜好在多种不同的成熟酸洗方案中进行选择，包括iBox、紊流槽和浅槽。 »

对于先进高强钢种的需求不断增长，对于产品质量、轧机产能和设备作业率的要求也越来越高。

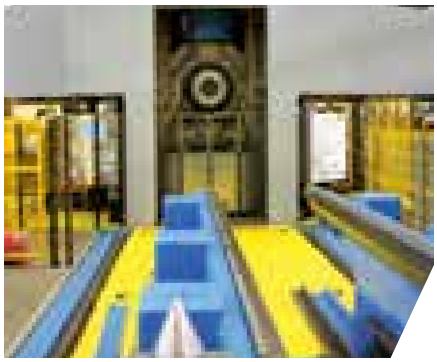
普锐特冶金技术提供全面的冷轧技术方案，能够满足市场对于优质带钢产品的所有要求。

串列式冷轧机
– 出色的技术，优质的产品

串列式冷轧机方案对于提高产品收得率，降低运行成本和减少维护至关重要。先进的技术方案能够为客户带来最高附加值。根据产品大纲的不同，典型年产能力超过120万吨。在对产品和客户要求进行详细分析的基础上，提供配备了先进执行机构的4辊或6辊机架方案。普锐特冶金技术在世界各地执行了数百个轧机项目，拥有极其丰富的经验。

酸洗冷轧联合机组
– 带钢的连续轧制

对于众多生产应用，将酸洗和冷轧工艺进行串接，能够以更好的经济性满足带钢厚度、平直度和表面质量的要求。由于取消了穿带和甩尾操作，在扩大产能，提高收得率和降低生产成本等方面具有显著的改善效果。维修工作量、轧辊消耗和人力需求也能减少。速度优化系统的使用保证了在所有操作条件下都能达到最高产量水平。

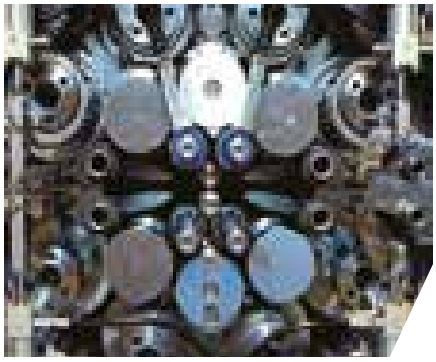


可逆式冷轧机
– 灵活地组织小批量轧制

先进的可逆式冷轧机是中小规模产能或小批量特殊钢轧制的理想方案。根据产品方案和质量要求，普锐特冶金技术提供4辊或6辊轧机以满足客户对于相应产品的需要。

光整机
– 确保出色的平直度和出色的表面质量

光整机的优点包括：带钢延伸率公差严格，平直度指标出色，涂镀产品表面粗糙度均匀一致，湿法和干法光整模式均可采用。提供独立式和在线光整机以调节冷轧带钢的最终机械性能、平直度和表面质量，单机架或双机架设计均可提供。



特殊钢轧机
– 高效率轧制高硬度材料

特殊钢轧机主要为不锈钢、电工钢和其他特殊用途钢的轧制而设计。最常用的配置类型是单机架可逆式轧机。提供多种轧机设计，包括6辊UCM(万能凸度控制轧机)、20辊森吉米尔轧机和12辊小辊径工作辊冷轧机，能够有效地轧制高硬度材料。

连续退火线
– 面向高端产品的高端方案

先进的退火线是保证精确控制冶金性能以满足高端应用要求和加快工艺速度的基础。提供的退火线采用灵活的多段退火炉设计，能够以极高的工艺速度生产众多钢种和规格。退火线的组成还包括全自动装卷设备、搭接焊或激光焊机、带钢清洗段以及先进的传动和自动化系统。

普锐特冶金技术拥有种类齐全的下游生产技术，这意味着全球客户能够获得最出色的轧制和处理技术方案。

金属涂镀线
– 为众多应用带来高附加值

钢铁行业如今有一个不断增强的总体趋势：通过采用专门的涂镀技术而提高产品附加值，从而提高轧制产品的利润率。可提供许多种热轧和冷轧带钢金属涂镀方案，包括连续式热镀锌线和电解镀锡线在内。高附加值、高质量的涂镀材料在建筑、家电、汽车和包装行业拥有广泛的用途。

连续式不锈钢退火酸洗线
– 高效而经济

普锐特冶金技术不锈钢退火酸洗线将传统上分离的轧制、退火、酸洗、光整和矫直工艺组合在同一套全集成的轧制和处理系统中。高效清洗段保证了在退火前达到带钢清洁度的要求；退火段采用隧道式炉；酸洗段的酸洗效果得到优化。

铝热轧机
– 高质量，高收得率，高灵活性

提供种类齐全的铝热轧机，既包括新建轧机也包括改造项目。灵活的轧机配置能够在100,000 – 800,000 t/a的产能范围内生产优质铝带。先进的方案集成了机械执行机构、电气和自动化控制系统以及实用的工艺诀窍，确保产品稳定达到高水平的厚度、形状/平直度、温度和表面质量指标。

铝冷轧机
– 同一套轧机既能开坯也能精轧

铝冷轧机集创新设计和成熟技术于一身，既提供新建轧机也执行改造项目，以极其严格的公差和产能水平生产铝带，确保达到最高收得率。精确的轧机设定是满足质量要求的关键。普锐特冶金技术提供的技术方案包括了先进的在线工艺模型、集成工艺控制和传动系统，通过工业标准平台时刻保证最佳轧制效果。

铝箔轧机
– 高效低成本生产优质箔材

普锐特冶金技术提供世界上最先进的铝箔轧机。轧机结合了铝箔自动给料和控制技术的最新成果，能够确保用户以最低成本生产出最佳质量的箔材。铝箔质量要求的不断提高意味着对于铝箔生产设备的要求也越来越严格。如今，要求轧机能够生产出厚度小于6微米、宽度超过2米的箔材产品，而且速度应当达到2,000米/分以上。

铜箔轧机
– UC轧机或X轧机技术实现薄规格轧制

采用Sheetflat智能板形控制的UC轧机或X轧机专为超薄带材或箔材的轧制而设计。板形控制能力出色的UC轧机尤其适合于铜箔生产。轧辊采用X形布置，由一对平行的支承辊支承小直径工作辊以防止水平挠曲，从而保证薄规格轧制的稳定性和可靠性。窄规格UC轧机也适用于铜箔的精轧。

为客户创造更多价值

普锐特冶金技术拥有种类齐全的下游生产技术，这意味着全球客户能够获得最出色的轧制和处理技术方案，从而生产出高质量的金属产品。数十年设备制造的丰富经验和上千个成功项目所积累的工艺诀窍为先进的设备、优质的产品和更多的商机提供了保障。

Gerlinde Djumlija, 副总裁，热轧和冷轧部，普锐特冶金技术奥地利
Ichiro Maeno, 高级副总裁，下游技术管理部，普锐特冶金技术英国

多样性
是技术发展之源

普锐特冶金技术首席技术官 ETSURO HIRAI 博士访谈录

普锐特冶金技术具有技术全面、地理分布广泛和文化多样的特点，这是诞生新思想和新方案的催化剂。在接受《冶金杂志》编辑Lawrence Gould博士采访时，首席技术官Hirai博士介绍了公司的雄厚技术实力。他还强调了正确的知识管理和人员管理对于推动技术发展的重要作用。

“我们的目标是成为一家拥有先进制造水平、业务全面、表现出色的冶金技术供应商。”

您认为MHMM（三菱日立制铁机械株式会社）和西门子奥钢联合并成立普锐特冶金技术主要有哪些技术优势？

Etsuro Hirai: 我们的目标是成为一家拥有先进制造水平、业务全面、表现出色的冶金技术供应商。MHMM以前主要开展下游轧制和处理业务。事实上，我们一直都希望拓展我们的业务，成为一家全线供应商。我们的首席执行官山崎育邦（YASUKUNI YAMASAKI）大力支持我们的这一努力。这就催生了合资公司普锐特冶金技术。

在整合普锐特冶金技术并提升技术能力方面您有怎样的目标或策略？

Hirai:现在必须有一个统一的战略，技术一定要协调。我们必须确定能够为冶金行业提供最好服务的关键技术。我们努力的方向必须以客户的需要和钢铁行业的总体趋势为指导。如何最大限度发挥合资双方的协同作用，将是一个很大的挑战。两家公司的技术优势互补。因此，双方的技术都能推广应用。举例来说，三菱重工提供化工和发电设备及下游的DeNOx和CO2减排方案，而同样的技术也能用于上游工艺。欧盟规定了非常严格的CO2排放目标——在1990年的水平上减排80%——所以，CO2减排方案和相关技术的开发将得到格外重视。下游生产环节的技术、电气和自动化的集成化程度会越来越高。工作重点将是更有效地使用电能和降低能源消耗，特别是通过采用IT方案，比如工业4.0。

»

“技术多样性有利于技术的加速发展——现在，我们拥有了这种多样性。”

在轧制和处理领域，MHMM和西门子奥钢联的确有一些重叠的产品，但这并不一定不好。事实上，技术多样性有利于技术的加速发展——现在，我们拥有了这种多样性。因此，我们的目标是把这些技术结合起来，确定它们的未来方向。在某些情况下，特定技术会变得过时，而其他技术则会相互补充。

普锐特冶金技术的设计和研发能力分布在全世界的不同地点。您认为这是优点还是缺点？

Hirai:就像技术的多样性有利于技术发展一样，地理位置的多样性和不同的文化和环境也对技术发展有积极的影响。不同的研发团队集中在不同的地点是有好处的，关键在于要正确地管理和引导这些研发力量。普锐特冶金技术目前有大约300位研发专家在全世界的10处地点工作，他们需要就技术想法展开交流和讨论。现在，一个内联网公共平台在我们的林茨、爱尔兰根和日本机构之间建立了一条重要的通信渠道。每一个登录的人都能了解到项目的背景和现状，并使用安装的工具来交流信息。到本财年年末，我们在世界各地的所有研发中心都将安装这种公共通讯工具。.

在普锐特冶金技术，知识管理的作用是什么？

Hirai:这是一个重要的问题。如今的信息量太大了。我的看法是，知识离不开人，所以，如果你想管理知识，就需要对人进行管理。为此，你必须知道谁掌握什么技术，技术处于什么水平，拥有什么样的诀窍和技术的基础是什么。另一个重要问题是，普锐特冶金技术拥有大量的冶金诀窍，这让我们明显有别于竞争对手。目前新钢种的开发速度比以往任何时候都快，正确的知识管理和人员管理至关重要。

普锐特冶金技术签署了一份协议，加入了旨在改进现有冶金工艺、开发未来型技术的K1-Met（冶金能力中心）。您认为产业界和学术界之间的这种合作有哪些优点？

Hirai:科技合作对我们公司非常重要，因为好的想法也会来源于外界。同样，人员、企业和机构的这种多样性有利于产生大量的想法和方案，而单独一家公司可能想不到这么多。

您认为普锐特冶金技术推出的带钢连铸技术前景如何?

Hirai:如果一家客户希望尽可能降低投资成本,同时需要浇铸特定钢种并达到一定的产能水平,那么,带钢连铸是一种极具吸引力的选择。这项技术不仅限于钢铁行业,还适用于其他许多金属加工领域。我们在带钢连铸设备的制造和安装方面很有经验。我们的目标是,成为一家向客户提供各种连铸技术的供应商。

您认为钢铁行业将来会出现任何突破性技术吗?

Hirai:大家都认为,钢铁生产技术现在已经相当成熟,基本的化学和冶金反应都已得到深入研究。所以,很难发现全新的技术方案或获得突破性的成果。不过,仍然有一些方面取得了令人振奋的进展,比如连续生产技术。以阿维迪ESP为突出代表的连铸和轧制串接工艺实现了从钢水到热轧卷的不间断生产。像这样的技术越来越多地同IT方案相结合,能够根据市场的需要安排即时生产。炼钢工艺终有一天会同上游和下游生产环节实现无缝衔接。由于炼钢产能过剩,废钢将会越来越多,这就需要更先进的熔炼炉和改进的精炼工艺。

最后一个问题:普锐特冶金技术的公司口号是"齐心协力创造冶金行业的未来"。您怎样理解这个口号?

Hirai:"齐心协力"是日本社会的一个重要理念。我们常说"一心同体(isshin-doutai)",意思是一个身体里驻有一个灵魂,它表示每个人都有相同的目标和愿景,我们大家都在同一条船上。技术方案也许不同,行为方式也许不同,但我们的总体目标相同:在我们的行业成为一家全线供应商,从而为我们的客户提供最好的技术方案,满足他们的需要。我们尊重自由思想,但总体目标必须一致。我们还必须考虑创造未来的具体措施和必要步骤,依靠先进的冶金工艺和设备能够做到这一点。这样对钢铁行业和整个社会都能产生积极的影响。

总之,技术开发必须以客户为核心并带来高附加值。这意味着,我们不仅需要和我们自己的员工共同努力,而且需要与我们的客户密切合作,这样才能齐心协力创造冶金行业的未来。

ETSURO HIRAI博士
普锐特冶金技术首席技术官

不懈的技术追求

Etsuro Hirai博士于1983年加入三菱重工(MHI),在公司的广岛研发中心从事炼钢设备和化工技术的相关工作。由于拥有传热和流体动力学专业的背景,他参加了诸多工业炉和酸洗线项目。随后,他的研发工作逐步扩展到连铸、轧制、润滑和凝固领域。

参加喷射酸洗工艺的开发,是他职业生涯的一个亮点。该工艺用于iBox系统,能够提高酸洗效率和速度——尤其是对于无间隙原子钢。镀锌炉内带钢和退火炉内电工钢非接触式气垫系统的开发是另一个职业亮点。

2015年1月普锐特冶金技术成立,Etsuro Hirai博士被任命为首席技术官(CTO)。

配备相机的LIQUIROB机器人系统在钢厂环境中执行操作：它是普锐特冶金技术研发测试和优化设施的创新成果之一

试金石

普锐特冶金技术及其合作方的全球研发测试和优化设施

作为冶金行业的一家世界领先的工程设计和设备制造公司，普锐特冶金技术的最高目标是，确保所有提供的设备、系统和技术完全可靠，全面达到合同规定和项目要求。为此，公司——及其合作伙伴——在全球23处地点建立了大约60套装备齐全的测试和优化设施，涵盖了钢铁生产流程的每一个环节以及有色金属技术。

图1:
普锐特冶金技术及其合作方的全球研发测试和优化设施的地理分布和技术能力

6. 奥地利
混合浮选技术试验
煤压块试验设备
造块锅试验
铁矿石还原研究
Corex和Finex设备煤种测试
高炉渣干法粒化研究(实验室和半工业试验规模)
石灰溶解度测试
设备振动模拟
干法除尘半工业试验(Mercon)
冷却喷嘴测试台
层流冷却测试设备
减振测试台
退火线测试设备
机电一体化设备(机器人，非接触式测量，状态监测，诊断技术，检测系统，在线测量工具，等等)
电气自动化集成测试
7. 印度
HAGC测试设备
8. 中国
连铸辊测试设备
HAGC测试设备
9. 日本
带钢连铸半工业试验设备
热轧机测试设备
超级万能凸度控制轧机(Hyper UCM)
处理线测试设备
交叉缝焊机(CSW)

2.

一种技术产品在能够工业化推广之前，必须达到一定的标准并得到确认。产品需要重复性使用，因此必须能够长期承受周围的环境条件。新设备和部件都需要经过全面的测试和验证，以确保它们的使用安全性和可靠性。测试是设计的保障。不仅要对准备向客户发货的单件最终产品进行测试，还要对产品所组成的系统进行测试。测试贯穿于技术开发的每一个阶段以及设备制造的每一个环节。

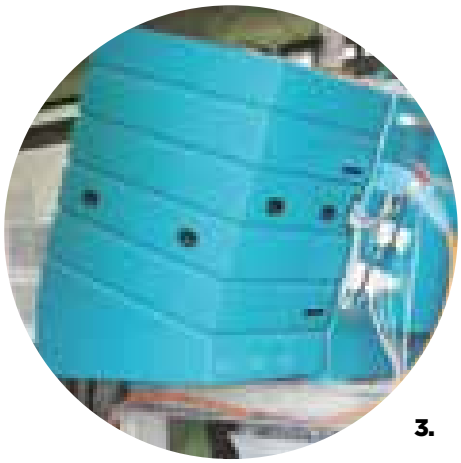
普锐特冶金技术每天都要执行复杂的设计任务。从确认产品的性能到保证所供设备和系统的质量，公司的大部分工作都必须进行测试。测试对于优化工艺和检查新方案的实际效果至关重要。设计出的复杂系统(比如炼钢转炉、轧机或处理线)的测试，需要在许多方面掌握大量不同的技能。测试设备本身往往是定制设计的，造价昂贵。因此，测试需要合作，需要将自有设施和外部合作方的设施结合起来。

测试的最终目标包括：开发新技术；优化冶金工艺；确认新式设备设计的功能性、高效性、实用性和经济性；无缺陷集成所有相关电子、机械、自动化和环境系统；等等。以下介绍普锐特冶金技术使用的各种测试和优化设施(图1)。它们涵盖了整个冶金价值链，从选矿设备直到最终金属产品。

炼铁

关于含碳材料加工、铁矿石处理、产品质量改善和耐材稳定性的研究归于炼铁领域，包括了铁矿石浮选试验，铁矿石还原试验，以及煤粉、铁矿粉、烧结矿粉、球团矿粉和淤泥的冷压块(随后将用在冶金工艺中)试验，见图2 – 6。

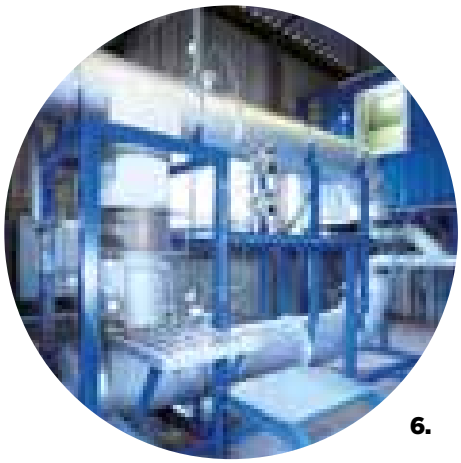
图2：
普锐特冶金技术的混合浮选技术试验设备



3.

4.

5.



6.

图3 – 6，自左至右：
压块试验使用的粉煤和粘结剂强力混料机；对辊式压块机；煤冷压块试验的结果；造块试验设备。所有照片均摄自ARP(奥地利LEOBEN)。

混合浮选技术：浮选工艺的效率对矿山的效益有决定性影响。普锐特冶金技术推出了混合浮选技术，其原理是：1)将矿浆气动喷入浮选槽上部区域，以分离和回收细和超细铁矿石颗粒；2)将空气喷入浮选槽下部区域，以分离和回收粗颗粒。

普锐特冶金技术的混合浮选技术试验设备用于工艺和设计问题的研究和优化，目的是使硫化矿石中的金属更有效地富集。使用试验设备还能研究反浮选工艺，以从铁矿石中去除氧化硅。该设备的容量为30l，产能为0.72 m3/h。它非常适合于各种铁矿石、浮选溶液化学、工艺参数和浮选槽设计的快速研究。

造块锅试验：普锐特冶金技术的新建球团锅试验设备于2015年在奥地利Leoben的ARP(Aufbereitung, Recycling, Prüftechnik)有限责任公司完成安装和调试。该设备能够对各种混合球团原料和/或精矿快速进行综合测试，以确定它们在球团工艺中的稳定性。球团锅试验与选矿试验、计算和CFD模拟相结合，能够优化固结设备的设计。另外，使用这套全自动造块锅试验设备还能进行材料和工艺行为的基础研究。

在奥钢联林茨钢厂的研发设施上可以进行烧结锅试验，包括强力混料和制粒系统(IMGS)原料的制备。另外，还能进行选择性废气循环(SWGR)试验，以确定SWGR工艺中循环风箱的最佳选择。全面的化学和物理分析将帮助优化烧结原料配方和工艺参数。 »

图7：
MERCON半工业试验设备 – 大幅度削减转炉炼钢排放和能源回收

图8：
研究使用熔盐临时储存电弧炉废气热能的半工业试验设备

图9：
在日本广岛进行的带钢连铸试验

高炉渣干法粒化：奥钢联林茨钢厂正在建设一套工业规模的干法渣粒化(DSG)原型设备，它将被用来确定回收液态高炉渣热能以制造蒸汽和发电的可行性。此前已在合作方奥地利Leoben大学成功进行了实验室规模的DSG试验。

转炉炼钢

通过向转炉渣内加入石灰，能够进行石灰溶解度测试，从而确定石灰在不同成分炉渣中的溶解速度。测试的目的是更好地研究转炉工艺的动态行为和更精确地预测LD(BOF)炼钢吹炼期的终点。还在林茨Johannes Kepler大学(JKU)进行AOD不锈钢炼钢转炉振动行为的模拟研究，并在研究结果基础上开发了一种液压减振系统以抑制AOD转炉的振动。太原钢铁公司(太钢)安装了该系统并已成功投入使用。2015年9月，又从北美不锈钢公司获得了一套类似的AOD转炉减振系统的合同。

Mercon：
目前，普锐特冶金技术正在同一家欧洲钢铁企业联合开发一种新型干法转炉废气除尘系统(图7)。这种除尘系统称为Mercon，是“大幅度削减转炉炼钢排放和能源回收”的英文首字母缩写。向废气流中喷入一种惰性材料，以消除非吹炼期灰尘再次氧化的风险。研究的重点是优化先进布袋过滤器使用的材料，以最大限度提高高温稳定性和气体净化效率，尤其是对于超细颗粒物。排放目标值是低于5 mg/Nm^3。

电炉炼钢

普锐特冶金技术拥有一套用于研究以熔盐为蓄热介质临时储存电弧炉废气热能的半工业试验设备(图8)。该设备在德国图林根钢厂得到全面的测试，确定了关键的工艺参数和合适的防腐材料。熔盐凝固时放出的热量能够被用来制造蒸汽，从而达到节能效果。这套半工业试验设备如今安装在奥地利维也纳技术大学，它可以用于同潜在客户的合作研究以进一步优化工艺。

普锐特冶金技术(德国Willstätt-Legelshurst)正在开展一系列改进电弧炉和真空脱气设备及工艺的试验研究，比如：

- 用于废钢料篮自动装料的废钢分布激光探测系统试验
- 竖炉式电弧炉废钢料篮的自动液压连接
- Sinamics系统在标准喷枪测试中的应用
- 真空脱气炉壳提升模拟

»

图10 – 11:
连铸机二冷喷嘴设计的优化，奥地利林茨

连铸

在连铸领域，普锐特冶金技术(广岛)正在进一步开发钢和有色金属的带材连铸技术(图9)。英国Brunel大学在开发铝带连铸的配套工艺，满意的研究成果将被提交给广岛，以对这种商业前景诱人的技术进行优化。

在公司的喷嘴测试台(林茨)，连铸机二冷喷嘴的设计和控制得到持续改进，为优化铸流冷却参数而对喷嘴性能进行全面检测(图10 – 11)。

为了研究提高拉速、改善产品质量和优化设备设计的措施，还在客户现场进行连铸工艺试验。另外，还在Leoben大学实验室测试不同成分钢种在凝固过程中的热力学性质，为专有二级过程控制方案包(比如DynaPhase、Dynacs 3D和DynaGap 3D)扩充知识库。

长材轧制

普锐特冶金技术和意大利技术中心 Centro Sviluppo Materiali (CSM) 联合开发了 idRHa+ 系统，能够有效地改善轨头硬度分布。这对重载和高速铁路尤其重要。idRHa+的开发以热模型、机械模型和冶金模型为基础，其有效性已在半工业试验设备(图12)上得到验证。该方案提供了定制在线冷却的能力，保证了准确地获得细化珠光体组织和期望的轨头硬度分布。世界首套idRHa+钢轨硬化系统安装在中国包钢轨梁厂。

扁平材轧制

热轧试验，包括焊接试验，在日本广岛的一套小型4辊热轧机上进行，其轧制力达到300 MN(图13)。这里还进行了接合中间坯以实现连续热轧的大量试验。除了进一步优化轧制参数和改进设计，还使用轧机稳定装置(MSD)进行减轻热带钢轧机精轧机组振动的试验。

普锐特冶金技术英国的一套实验用轧机目前被塔塔钢铁公司Swinden技术中心用于研究(图14)。该轧机由塔塔钢铁公司和普锐特冶金技术共同用来改进热轧工艺。钢铁生产企业和技术供应商之间的研发合作为轧机方案的开发、优化和实施提供了一个理想的平台。 »

图12：
CSM RINA实验室的IDRHA+半工业试验设备，意大利DALMINE

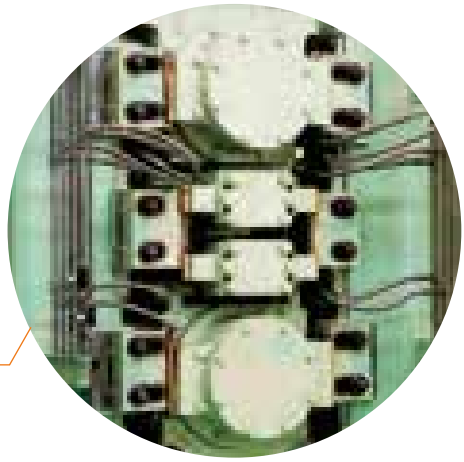


图13：
热轧机测试设备，日本广岛

图14：
普锐特冶金技术实验用轧机，塔塔钢铁公司英国SWINDEN技术中心

15.

对于扁平材和长材的热轧，英国曼彻斯特大学和华威大学在普锐特冶金技术的指导下正在进行一项通用技术的研究，目的是在线测量相变比例和确定晶体结构特征（晶粒度和织构）。该技术商业化应用需要的仪器测试和标定在普锐特冶金技术英国Christchurch进行。奥钢联林茨钢厂正在进行试验，目标是进一步提高公司热带钢轧机层流冷却段水流控制的精度，确保同时打开或关闭水流，避免延迟。这对电工钢等特殊钢种尤为重要。另外，普锐特冶金技术的多家制造厂和技术中心都能进行油膜轴承测试和液压厚度自动控制（HAGC）测试（图15）。

冷轧

普锐特冶金技术广岛建有一套全尺寸6辊超级万能凸度控制轧机（Hyper UCM），能够进行全面的冷轧试验和设备优化研究。该轧机安装了边降控制系统，能够有效地防止带钢边缘厚度过薄现象。这对先进钢种非常重要（图16）。普锐特冶金技术还在法国Montbrison建有一套冷轧测试设备（图17），用于验证工艺参数和改进设备，以优化不同钢种的轧制工艺。酸洗冷轧联合机组使用的新型交叉缝焊机也得到优化，尤其是对于高强钢的焊接（图18）。最后，在林茨的减振测试台上，冷轧机的振动现象和各种振动抑制方案得到研究。

»

普锐特冶金技术广岛建有一套全尺寸6辊超级万能凸度控制轧机(HYPER UCM)，能够进行全面的冷轧试验和设备优化研究。

图15：
HAGC油缸测试台，普锐特冶金技术中国上海制造厂

图16：
6辊超级万能凸度控制轧机(HYPER UCM)，日本广岛

图17：
灵活型冷轧和带钢矫直/光整测试设备，法国MONTBRISON

图18：
冷连轧测试设施内的交叉缝焊机，普锐特冶金技术日本

铝轧制

在英国，普锐特冶金技术利用一套静电涂油机测试设备来根据不同合同的要求测试和进一步开发静电涂油机刀梁。测试台操作非常灵活，能够可靠地量化刀梁的喷涂性能和油脂沿产品宽度的分布。它还能被用来确认客户的油品是否适合于采用静电方式喷涂到带钢上(图19)。

处理线

公司的带钢处理测试和检验设施安装在法国Montbrison(图17)、日本广岛和奥地利林茨(图20)。在这些地方，涂镀、退火、表面质量监测和处理等工艺使用的关键设备部件得到改进和优化，目标是为不同的钢种和应用开发出最佳方案(图25)。与在工业退火线或镀锡线上进行试验相比，使用这些设施进行新钢种开发显著节省了时间和成本。

机电一体化

如果没有机电一体化产品，难以想象冶金生产工艺方案能够达到如今的先进水平。普锐特冶金技术及其母公司拥有全世界最大的机电一体化专家团队，致力于冶金设备和工艺的持续改进，并取得了出色的成果。来自不同领域并拥有丰富经验的专家合作打造优化的系统，从独立的测量装置直到全集成式机电方案包。产品方案实例包括：用于钢厂危险区域(尤其是钢水操作区)的先进机器人系统；非接触式测量和检验系统；离线模拟系统；状态监测和其他诊断系统；用以确定带钢机械性能的在线测量工具；等等。机电一体化产品在改善产品质量，提高人员和设备安全性以及保护环境等许多方面都发挥了重要的作用(图21)。 »

19.

20.

图19：
静电涂油机刀梁测试设备，英国CHRISTCHURCH

图20：
退火线模拟装置，奥地利林茨

图21：
LIQUIROB机器人系统的相机定位装置，奥地利林茨

21.

普锐特冶金技术及其母公司拥有全世界最大的机电一体化专家团队，致力于冶金设备和工艺的持续改进，并取得了出色的成果。

22.

23.

24.

图22：
电气、电子和自动化集成测试设施，德国ERLANGEN

图23：
LANZATECH生物发酵实验设备，美国伊利诺伊斯州SKOKIE

图24：
普锐特冶金技术上海制造厂实验室的显微分析和微观硬度测试

图25：
SIAS(自动表面检验系统)表面质量监测实验室，法国MONTBRISON

自动化

在发往客户生产现场之前，电气、电子、自动化和软件包都在普锐特冶金技术自动化技术中心经过全面的功能测试。首先进行单独自动化模块的测试，然后进行集成测试，以确保所有自动化方案包和接口功能正常(图22)。这样，现场系统投运时间将大幅度缩短，充分体现了“即装即用”的理念。

工业4.0：普锐特冶金技术积极参与钢铁行业工业4.0方案的开发和实施。钢厂内的设备和系统通过数字化方式相互连接并构成网络，像生产计划和适时维修这样的决定均自动和自主地作出。工业4.0将把工艺优化提升到一个全新的水平，同时大幅度降低成本。

生态方案

LanzaTech和普锐特冶金技术签署了一项排他性合作协议，共同开发、优化和推广LanzaTech生物发酵技术。该技术对焦炉煤气、高炉炉顶煤气、直接还原煤气和LD(BOF)转炉煤气等富含碳和氢的废气进行微生物发酵，以生产乙醇或其他基础化学品，同时大幅度减少CO_2排放。在美国伊利诺伊斯州Skokie(靠近芝加哥)的LanzaTech专用实验室，进行了利用细菌培养将CO_2转化成化学品和燃料(比如乙醇和2,3-丁二醇等)的试验(图23)。在试验结果的基础上，将针对不同客户的情况确定并优化设备和工艺的相关参数。

质量控制

当然，普锐特冶金技术研发测试和优化设施开发的方案、工艺和产品在推广到工业应用之前需要经过全面而严格的质量检查(图24和25)。严把质量关是公司的承诺和责任。

让客户受益

在测试领域同有关各方的合作不仅是分担专用设施的建造和使用成本的需要，而且为研究、开发和工艺改进的联合开展搭建了一个平台。它涉及了供应商和客户，而且是世界上知名度很高的一些设计公司和冶金企业。冶金价值链的所有环节——从原料到金属成品——都因这种合作而受益匪浅。经验告诉我们，分享想法能够更好地满足业界的需要，也能更快地将想法成功付诸实现。

普锐特冶金技术各处测试和优化设施开展的研发工作有一个共同的目标——开发、优化和实施让客户最大限度受益的技术方案。这是确保冶金生产可持续性和竞争力的基础。让我们携起手来，齐心协力创造冶金行业的未来。●

Franka Leitlmeier博士，技术管理
Lawrence Gould博士，《冶金杂志》主编
(两人均来自普锐特冶金技术奥地利)

作者谨此感谢所有合作方在大量研发项目中的密切配合和对测试设备、材料及人员的精心安排。

为未来
做好准备

奥钢联钢铁公司研发总监FRANZ ANDROSCH博士访谈录

> “奥钢联钢铁集团坚持执行以高质量产品为重心的下游战略如今已经超过15年。这已被证明是我们有别于竞争对手的关键。”

合同签字仪式
高炉渣干法粒化项目在普锐特冶金技术METEC展台举行合同签字仪式(杜塞尔多夫，2015年6月16日)。左：奥钢联钢铁公司研发总监FRANZ ANDROSCH博士；右：普锐特冶金技术首席技术官ETSURO HIRAI博士

您的公司目前面临的主要挑战是什么？

Franz Androsch 博士：其中一个挑战是满足全球客户增加其当地存在感的要求。我们的目标是，依靠客户习惯使用的高质量产品服务于我们在世界各地的主要客户，比如高端汽车市场。奥钢联钢铁公司完全有能力做到，因为我们的产品处在质量金字塔的顶端。而且，我们正在成为一家越来越国际化的公司，我们目前在德克萨斯新建的GoWest直接还原厂就是明证。

您如何看待您所在地区钢铁行业的未来发展，有哪些因素需要考虑？

Androsch：钢铁行业目前仅略有增长。但是，高附加值产品，比如HSS（高强钢），却在以极高的速度增长，预计在今后10年内将会增加大约200%。用高等级钢取代低等级钢的趋势也越来越加强。因此，重点应当放在质量而不是产量上。我们产品方案的变化将会折射出这一点。奥钢联钢铁集团坚持执行以高质量产品为重心的下游战略如今已经超过15年。这已被证明是我们有别于竞争对手的关键。

为了应对面临的挑战，奥钢联钢铁集团有哪些重要的行动、努力或投资计划？

Androsch：创新是奥钢联钢铁集团在世界各地获得成功和应对前方挑战的关键。目前，我们的研究、开发和创新预算超过了1.40亿欧元，这是一个创纪录的数字，证明了我们对这些工作的高度重视。在这个重要方面坚持加大投入力度是必然的，因为奥钢联钢铁集团的每一个人都非常清楚，只有保持技术和质量的领先优势，我们在将来才能继续依靠先进产品占领国际市场。

您认为奥钢联钢铁集团需要在哪些主要方面加强研究开发，以进一步改善生产运行，降低成本和拓展商机？

Androsch：三个方面。第一个是同K1-Met*能力中心密切配合，目标是改进工艺步骤，提高能源效率，增加副产品价值，减少CO2排放。第二个方面是关于钢的多重性能。我们正在进行研究，努力提高钢的强度和可成形性，也包括高强度钢种。今后10 – 15年内将会取得很多进展。第三，我们正在推进智能化生产，这是工业4.0计划的一部分，经常被称作物联网。事实上，我们正在规划一个覆盖整个集团的工业4.0平台。工业4.0更属于发展而不是创新。我们需要用一种新的眼光来看待这个问题，采用先进的工艺模型，把我们的完整技术范围联系到一起，改进统计过程模型，提高效率和产能。自动化技术的开发仍将继续。

奥钢联钢铁集团和普锐特冶金技术在近期签署了一项合同，在奥钢联林茨钢厂建造一套工业规模的高炉渣干法粒化原型设备。为了保证这个项目获得成功，必须达到哪些目标？这套全世界独一无二的DSG（干法渣粒化）设备估计投资回收期会有多长？

Androsch：为了保证这个项目获得成功，粒化渣必须满足作为水泥熟料替代品的要求。其次，废气温度必须达到600°C左右，以便能够高效率地制造过热蒸汽。 »

> “创新是奥钢联钢铁集团在世界各地获得成功和应对前方挑战的关键词。”

DSG项目的决策者
自左至右：
ETSURO HIRAI博士，普锐特冶金技术；
WALTER GEBERT博士，普锐特冶金技术；
FRANZ ANDROSCH博士，奥钢联钢铁集团；
THOMAS H. BÜRGLER，奥钢联钢铁公司；
ALEXANDER FLEISCHANDERL博士，普锐特冶金技术；
ANDREAS FLICK，普锐特冶金技术；
JOACHIM SCHNALZGER，普锐特冶金技术

投资回收期取决于设备投产后的能源成本。不过，我们预计，平均渣流量为2 t/min并包括一套锅炉系统的DSG设备应当能够在3年左右收回投资。随着项目的进展，我们将能够更好地判断投资回收期。不要忘了，这是一个开发项目而不是投资项目，所以，投资回收期不是最重要的目标。

奥钢联钢厂建成一套完整的DSG设备会有多大的节能幅度？

Androsch：我们估计能节省吨钢能耗的大约1.5%，也就是每吨高炉渣大约1.5 GJ。我们的林茨钢厂每年需要大约500,000吨蒸汽，其中的75%可以用DSG工艺制造——这意味着巨大的节能潜力。能效法规也将变得越来越严格，所以，实际的投资回收期可能会更短。

在您看来，钢铁厂将来的环保技术开发会把重点放在哪里？

Androsch：以一种闭路循环的方式增加副产品的回收利用，比如淤泥、灰尘和炉渣。欧盟的CO2排放法规也会有很大的影响。我们在德克萨斯的直接还原厂将使用天然气来生产DRI（直接还原铁），这也朝着减少钢铁生产CO_2排放的方向前进了一步。增加电弧炉炼钢的比例，也许是将来的一个选择。我们在欧盟内部有一个重要的问题：如何确保CO_2排放税的成本处于合理水平。但是，我们现在是一家国际性公司，灵活性大大增加，所以，我们有能力应对。

地利林茨奥钢联钢铁公司正在A高炉现场建造一套工业规模的高炉渣干法粒化(DSG)原型设备。

您认为选择技术供应商的主要标准是什么，在同生意伙伴打交道时您最关注哪些因素？

Androsch：做生意对参与各方来说应该是共赢局面。奥钢联钢铁集团依靠长期合作来持续积累经验。供应商也应当记住，它们必须长期在研发方面大力投入。

最后一个问题：您如何评价同普锐特冶金技术及其前身公司的合作关系？

我们相互之间非常信任。这是一种长期和双赢的关系。坚持研发是双方共同的原则。奥钢联钢铁集团和普锐特冶金技术合作研发已有数十年，比如近年来的Meros、选择性废气循环和Liquirob（机器人方案）的应用，以及现在的DSG项目，还有德克萨斯GoWest直接还原厂项目中的粉料压块。联合设立K1-Met*冶金能力中心是未来型技术开发的又一座里程碑。DSG项目的原则与此完全相符，是双方愿意共同投入和分担风险的又一个例证。

*K1-Met由产业界和学术界合作组成，是一家各方共同资助的研究中心，重点开展冶金工艺模型、模拟和自动化的研究，冶金原料和耐材的研究和优化，生产工艺和冶金设备关键部件的开发和优化，以改善产品质量、实现零废料冶金和降低能源及原料消耗为目标的方案实施，等等。

阿维迪ESP线

在日照钢铁公司投入运行

为热带钢生产确立新标准

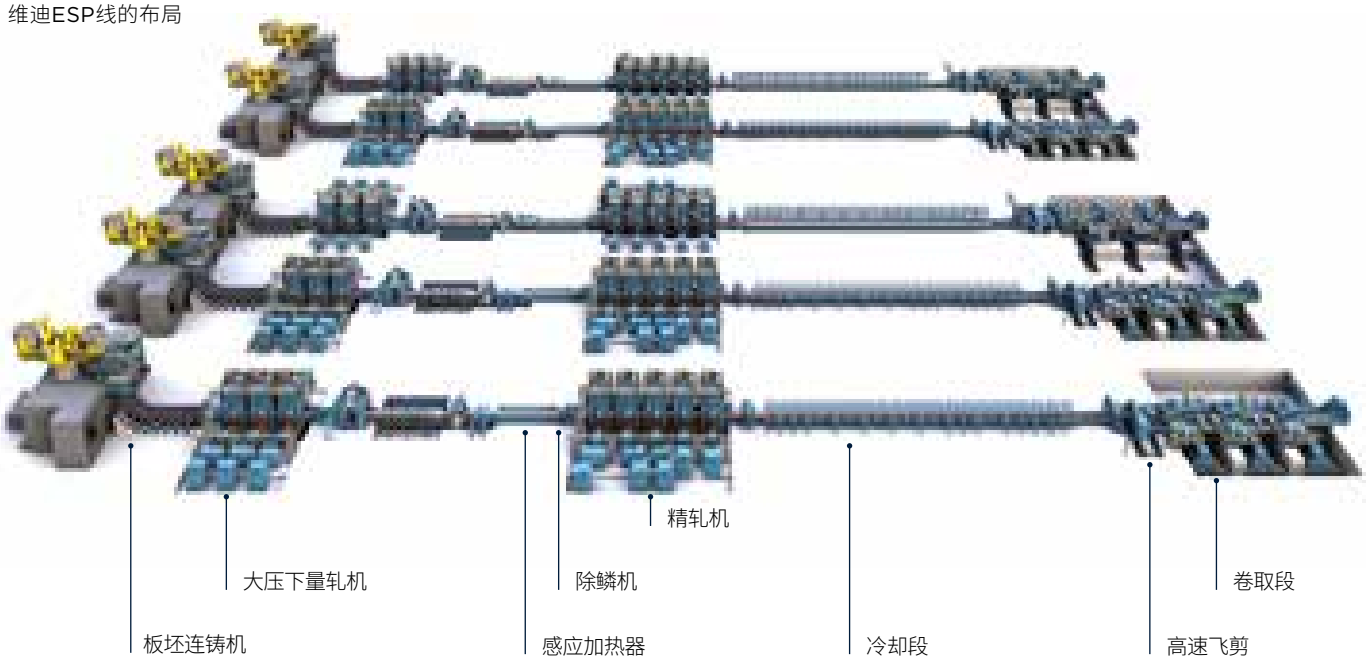
中国钢铁企业日照钢铁公司于2013和2014年从原西门子奥钢联(现普锐特冶金技术)订购了合计5条阿维迪ESP线。目前，其中的3条已经投产。从签订合同到轧制出第一个带卷，项目执行期仅为20个月。这家企业为钢铁行业树立了一座新的里程碑。

图1：
1号阿维迪ESP线概貌
- 连续带钢生产

K3R15802835
K3R15802834

执行如此复杂的项目——总共5条连铸连轧线，而且第一条的建设周期短到不可思议的20个月——是项目管理的一大杰作。

图2：
中国日照钢铁公司5条阿维迪ESP线的布局



中国日照钢铁控股集团有限公司(日照钢铁公司)正在建设的ESP新厂年产能力将达到1,100万吨，这是一个令人印象深刻的数字。其中，在合同签订后不到两年就已投产的1 – 3号线，每条线的设计能力均为255万吨，带钢宽度均为1,600 mm（图1和3)；而将于2016年投产的4号和5号线设计年产能力为170万吨，带钢宽度为1,300 mm。图2示意了阿维迪ESP厂的布局。所有这5条线的带钢最小厚度都将达到0.8毫米。它们将面向众多行业和应用生产许多不同钢种。宽ESP线将由新建300吨LD(BOF)转炉炼钢厂提供钢水，而窄线的钢水将由现有63吨转炉炼钢厂提供。

项目执行

执行如此复杂的项目——总共5条连铸连轧线，而且第一条的建设周期短到不可思议的20个月——是项目管理的一大杰作。客户、总承包商、供应商和建设公司之间的出色合作，是这一成功的决定性因素。由于1 – 3号线与意大利Cremona的阿维迪ESP“原型设备”几乎相同，许多图纸能够在合同签订后数周内就直接发给制造厂。这就为项目团队严格执行极为紧凑的项目进度表创造了条件。许多已在意大利制造过这些设备的制造商被再次选中，也为项目的顺利实施提供了保障。另外，由于日照ESP项目的设备主要在中国制造，运输时间能够被压缩到最短。在日照钢铁公司的组织下，建设公司完成了几乎不可能完成的任务，在破土动工后12个月内安装了全部设备。2014年底，在1号线调试的同时，2号线已经接近完工，而3号线也已破土动工。第二个厂区的4号和5号线的建设也正在按照日程推进。4号线预定在2016年年中轧制出第一卷热带钢(图4)。

图3：
1号阿维迪ESP线的大压下量机架

连续带钢生产技术的优点

- 带钢板形和平直度极佳
- 带钢性能沿整个长度均匀一致(无带头带尾)
- 工作辊寿命显著延长
- 生产先进钢种时合金消耗量降低
- 工艺稳定性出色

成功投产

项目仅仅执行20个月后，1号阿维迪ESP线于2015年2月成功生产出第一个带卷。根据意大利阿维迪ESP线的经验，首先使连铸机、大压下量轧机和摆式剪投入运行并生产板材，将其从线上移走后单独堆垛。在对联合运行的连铸机和大压下量轧机进行精调后，再将精轧机、层流冷却段和地下卷取机同时投运。这样，在投入运行后仅仅6天内，这条线就以半连续和连续模式生产出了首批带卷。在经过充分培训的日照员工的努力下，产量迅速提高。两个月后，带钢最小厚度已经达到了1 mm以下。仅仅又过了3个月，即2015年7月，就生产出了第一卷0.8 mm的超薄带钢(图5)。 »

继1号线投产之后，2号线很快也投入运行。这条线不仅完工时间早于合同的规定，而且增产过程非常顺利，到第4个月就已经大大超出了预期的性能水平。在2015年9月26日，3号线也比进度表提前6周投入运行。凭借出色的带钢形状、机械性能和表面质量指标，新建ESP线生产的带卷很快就被中国和国际市场接受。这使日照钢铁公司能够在饱和的中国钢铁市场迅速将产能提高到满负荷工业生产水平。

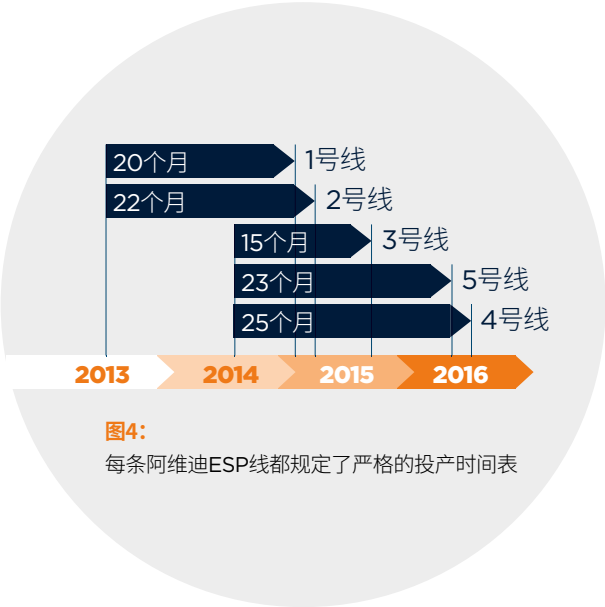


图4：
每条阿维迪ESP线都规定了严格的投产时间表

全面培训是成功的关键因素之一

新ESP线快速达到设计产能，还得益于日照操作和维护人员所接受的全面培训。基本的培训内容包括了在普锐特冶金技术林茨和Erlangen进行的关于机械、电气和自动化设备的理论培训，然后是在Cremona阿维迪ESP厂安排的为期3周的理论和实践培训。在可选的实习操作培训中，操作人员在Cremona阿维迪ESP厂参加了两个月的日常生产和维修工作。由于有了这样的基础，全自动ESP线的增产过程变得十分顺利。这是快速收回项目投资的一个决定性因素。

高质量钢种，规格齐全

ESP厂的产品大纲包括了低碳和超低碳、中碳、高强度低合金(HSLA)和双相钢种。连续生产还有许多生产和操作优点。比如，取消了穿带，避免了对轧辊的冲击，延长了工作辊寿命，消除了切头切尾损失，不因提速而造成不稳定运行条件，等等。稳定的轧制条件保证了沿整个带钢长度达到出色的板形和机械性能。超薄带钢的轧制极具吸引力，因为它能够带来高利润。在连续模式下，长时间以最高产能轧制最大宽度的超薄带钢毫无问题。工艺参数在连续运行模式下保持稳定，尤其是带钢的温度分布，从而保证了能够以远高于传统连铸连轧工艺的精确度可靠地生产先进钢种。举例来说，在生产HSLA和管线钢种时能够避免过度合金化，从而使生产企业大幅度降低成本。最后，稳定的运行条件有利于加快新钢种的开发进度，因为工艺参数更容易重现。

图5：
日照钢铁公司1号ESP线轧制的第一个0.8 MM带卷

Andreas Jungbauer, 连续带钢生产销售经理

远见卓识

阿维迪ESP工艺发明人和阿维迪公司(意大利CREMONA)创始人乔瓦尼•阿维迪访谈录

普锐特冶金技术首席执行官山崎育邦(YASUKUNI YAMASAKI)和乔瓦尼•阿维迪在Metec 2015展会上

您的公司目前面临哪些主要挑战?

乔瓦尼•阿维迪:在我看来,欧洲市场的现状和欧盟的总体钢材消费水平是主要问题。我们还面对着亚洲公司越来越多的竞争和它们卖到欧洲的越来越多的钢材。其他挑战还包括一些货币的贬值和连带后果,汇率的波动,以及恶化的经济形势。

您如何看待您所在地区钢铁行业的未来发展,有哪些因素需要考虑?

阿维迪:我们预计欧洲汽车市场将会增长,这是一个积极的信号。我们公司的未来发展方向将是东欧和马格里布国家[阿尔及利亚、利比亚、毛里塔尼亚、摩洛哥和突尼斯]。

为了应对面临的挑战,阿维迪有哪些重要的行动、努力或投资计划?

阿维迪:我们注重降低成本。我们计划新建一条面向汽车市场的镀锌线,还有一条新的彩涂线。

您认为选择技术供应商的主要标准是什么,在同生意伙伴打交道时您最关注哪些因素?

阿维迪:供应商的可靠性,是否承担全面责任,是否有能力一站式提供机械部件、液压、电气和自动化技术。另外,供应商必须有战略眼光,有未来规划。

阿维迪ESP技术如今已得到国际认可。您对这种工艺的未来发展有何愿景?

阿维迪:我们正在努力发展我们的技术,希望在阿维迪ESP工艺中采用更好的方案。我们必须顺应潮流,不断提高产品质量和延长产品使用寿命。

在Cremona阿维迪ESP线成功运行6年的基础上,您能否告诉我们,您认为这种工艺同传统的连铸连轧相比主要有哪些优点?

阿维迪:优点包括降低了能源成本和从钢水到热轧产品的转换成本。另外,我们能够生产特殊的产品大纲,这在世界上是独一无二的,而且是其他传统技术无法复制的。

最后一个问题:您如何评价同普锐特冶金技术及其前身公司的合作关系?

阿维迪:我们和你们公司有非常好的合作关系。你们的员工具有很高的专业水平和能力,让我们非常敬佩。

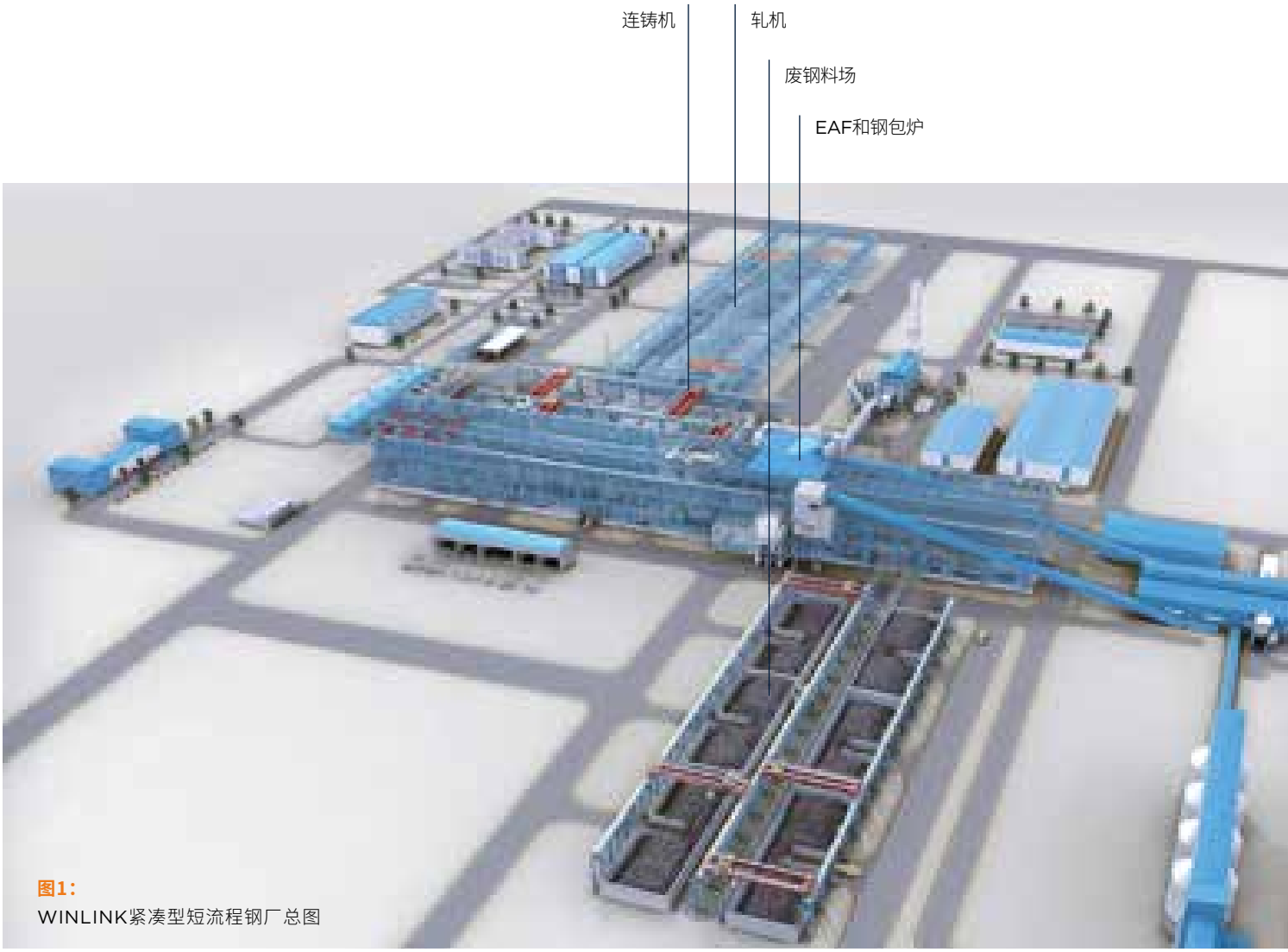


图1:
WINLINK紧凑型短流程钢厂总图

创新性的短流程钢厂

WINLINK – 棒材直接轧制的高效益灵活型方案

WinLink是普锐特冶金技术推出的用钢水以连续和半连续模式直接生产长材的创新性技术。该工艺将一台高速小方坯连铸机与一套高作业率轧机直接串接。根据生产需要的不同，可以提供相应的高效益WinLink方案选项，生产能力最高可以达到750,000 t/a。

传统短流程钢厂的特点是：炼钢能力在300,000 – 600,000 t/a范围内；使用当地废钢；对电网冲击小；非常灵活；投资少。不过，由于产能不大而投资回收期相对较长，是标准短流程钢厂的一个缺点。为了解决这一问题，普锐特冶金技术推出了WinLink(图1)。如图2所示，这种直接串接的铸轧工艺方案显著降低了投资成本和运行成本(capex和opex)，从而在竞争激烈的和注重产品成本的市场中降低了最终产品的总成本。创新技术的采用起到了明显的节约效果。由于具有成本优势，WinLink生产线即使以300,000 t/a的产能轧制建筑用材也有竞争力。随着产能增大，工艺的经济性更加明显，利润率相应提高。在产能相同的情况下，投资回收期从标准短流程钢厂的7年缩短到5年以内。比如，年产能力为450,000 t的WinLink70方案的内部收益率(IRR)能够达到25%，而这是产能超过700,000 t/a的传统短流程钢厂的水平。

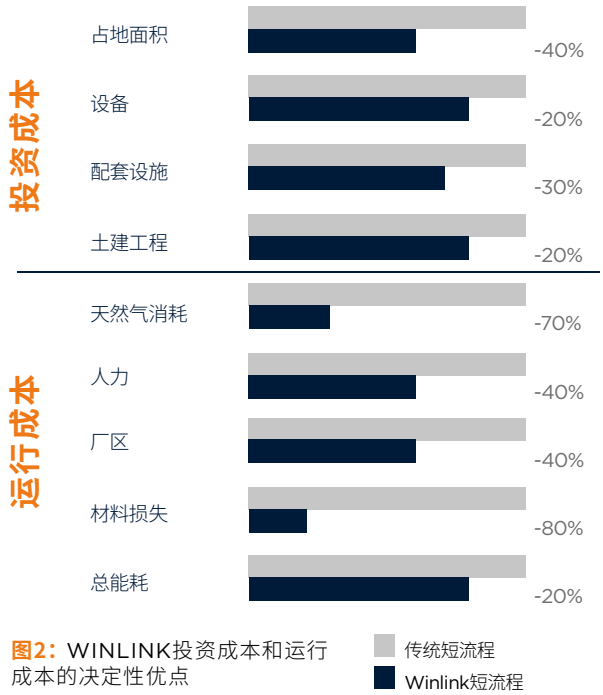


图2： WINLINK投资成本和运行成本的决定性优点

WINLINK方案

WinLink工艺将一台多流小方坯连铸机与一套高作业率轧机直接串接，传统的钢坯加热炉被一台先进的感应加热装置取而代之。来自电弧炉或LD(BOF)转炉的钢水在一条连续不断的生产线上被浇铸成小方坯和轧制成棒材。虽然典型方案是以300,000 t/a – 600,000 t/a的能力生产螺纹钢，但也能生产小规格扁钢和型材。现已开发了3种产品规格和生产能力各不相同的WinLink方案：WinLink55、WinLink70和WinLink85，它们都能升级成WinLinkFlex方案，以使生产能力进一步提高30%(表1)。采用单流高速小方坯连铸的WinLink线能够生产45 t/h – 85 t/h，而增加一流后的浇铸能力将同炼钢能力相配套。WinLink85是最完整的WinLink配置，它在连轧机和液压切头剪之间布置了一个悬臂式在线机架(图3)。该机架将200 mm x 150 mm的矩形铸坯压制成160 mm x 160 mm方坯，然后再送至连轧机。这个特殊的机架能够使生产线产能提高到600,000 t/a。WinLinkFlex短流程方案选项是WinLink铸轧工艺的一大进步。它能够以半连续模式生产，而产能比连续模式提高30%。高度灵活的小方坯连铸机能够浇铸长18 m – 24 m的铸坯，然后用天车将其从线上吊起并快速运至轧机，以大幅度提高轧制能力(图4)。

连铸机

WinLink工艺配备两流或更多流高速连铸机，能够以连续模式直接向轧机提供坯料，或者采用WinLinkFlex方案以半连续模式提供坯料。多流配置能够使炼钢设备的规模优势得到充分发挥，并且以更大的灵活性应对难以预知的市场变化。 »

表1：

不同的 WINLINK 短流程方案

WinLink 方案	铸坯规格	单条轧线螺纹钢产能
WinLink55	130 mm or 140 mm 方坯	最高 380,000 t/a
WinLink70	150 mm or 160 mm 方坯	380,000 t/a to 500,000 t/a
WinLink85	200 mm x 150 mm	500,000 t/a to 600,000 t/a
WinLinkFlex	以上全部	最高 750,000 t/a

图3：
采用在线悬臂式机架的WINLINK配置

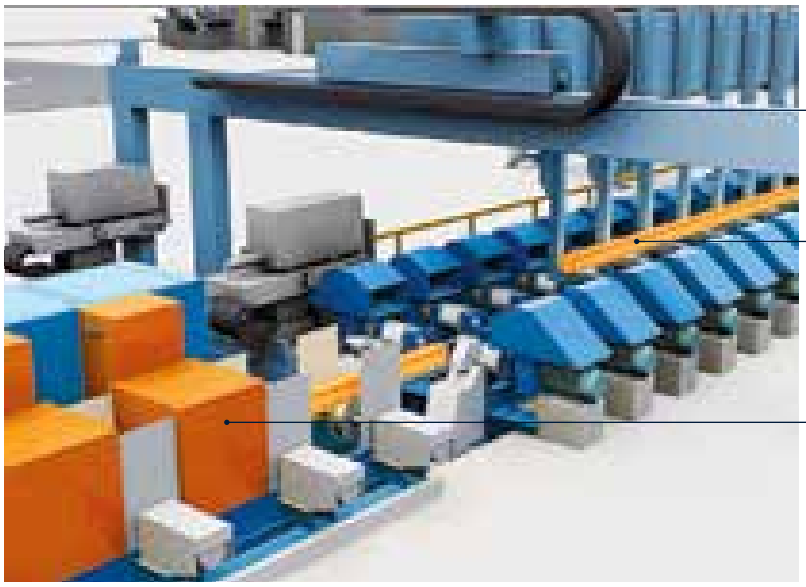


图4：
配备铸坯移送系统的WIN-LINKFLEX方案

在主铸流专门向轧机连续供坯的同时，其他铸流可以被用来灵活地生产可供销售的不同规格的成品铸坯。这些铸坯既可以运到其他轧机进行轧制，也可以采用Win-LinkFlex方案以半连续模式轧制，还可以在市场上出售。WinLink连铸机的独特配置能够使轧制能力提高30%之多。为了在稳定的浇铸条件下达到向轧机直接供坯所要求的拉速，需要一台先进的小方坯连铸机。为确保高速浇铸而采用的技术包括了中间包流量控制、结晶器液面控制、Diamold高速结晶器铜管、Dynaflex液压振动装置 以及强化二冷和连续矫直。

感应炉

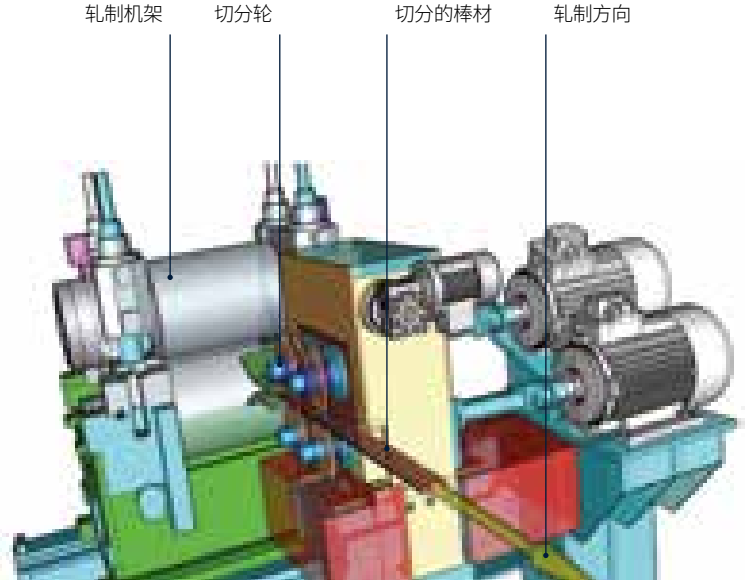
当铸流冷却到能够确保芯部完全凝固的温度后，在一台高效传热的紧凑型感应炉内使其达到均匀的轧制温度。IGBT(绝缘栅双极型晶体管)控制的感应炉装机功率约为2,000 kW – 4,000 kW，效率超过75%，能够提供多达200°C的温升。IGBT感应炉的单位能耗在15 kWh/t – 45 kWh/t之间，而传统热装工艺采用的燃气加热炉则为180 kWh/t – 200 kWh/t。因此，CO2排放大幅度减少。

轧制机架

无牌坊双支承设计的Red Ring机架已有超过6,000台业绩。这种轧制机架——目前已经是第五代——以刚度高、耐用和易于维护而著称(图5)。对于螺纹钢直径在8 mm – 40 mm范围内的产品大纲，WinLink轧机将包括18 – 20个Red Ring机架。更小的规格则采用多线切分轧制(最多可达4线)以提高产能。终轧速度在采用高速出料系统时最高达到22 m/s，在采用裙板式出料台时达到15 m/s。中间和精轧机架均配备快速更换系统，以最大限度缩短更换时间。

图5：配备快速更换系统的RED RING机架

图6：强力切分装置



为了延长轧机寿命，精轧机架采用了辊轴上安装硬质合金辊环的设计。轧槽的更换通过集成在电动支承梁上的快速导卫更换系统而实现。机架和导卫完全离线预设定和调整，而且机架和传动部件均使用长寿命轴承。

强力切分装置

强力切分装置(图6)配备了采用变流控制的电机驱动切分轮。它保证了预成形线材切分的高度精确性和可靠性，有利于运行条件的稳定。强力切分与传统的切分方法相比是一个重要的优点，后者通过切分导卫进行，无法控制，不仅需要同轧制机架精确对中，还必须尽可能靠近轧辊。除了速度更快和精度更高，切分轮的使用寿命也长达切分导卫的10倍之多。

调质

调质系统使用的喷嘴具有冷却能力大和效率高的特点。这有助于提高设备布置的紧凑性，延长泵、阀和其他关键部件的寿命，和降低水的消耗。与其他系统相比，较小的水量降低了堆钢的趋势，提高了生产线的可靠性、作业率和产能。在需要时，水箱可以利用横移系统轻松地从生产线上移除和更换——无需用天车吊运。这大幅度节省了更换时间。

精整设备

棒材热剪操作得到优化，因而只将产品倍尺长度的棒材送至冷床，而短尺棒材则由专门的废品移除装置剔除下线。冷却后，用一台固定剪冷切成定尺长度。定尺切割也可以考虑采用热剪。在这种情况下，需要在较短冷床的入口段设置一个高速热剪站。冷床和打捆站之间设置一个全自动棒材计数站，其设计特点是产能高且精度超过99.9%。

自动化和状态监测

采用先进的自动化系统以监测和控制整个生产工艺，确保达到产品质量要求。原料和产品在整条线上都得到密切跟踪，直到最终的产品发运。还采用了先进的状态监测系统以实时监测主要设备参数，从而尽早发现故障的迹象并迅速采取纠正措施。预见性维护制度能够帮助客户最大限度延长设备使用寿命。因此，状态监测有利于降低生产成本，有效利用易损部件，减少设备停产。

决定性的经济和生产优势

在传统短流程钢厂，建筑和基础设施用普通碳钢产品的小批量生产从经济性方面来说并不总是有吸引力。与之不同，WinLink工艺提供了具有吸引力的生产方案，为棒材生产商带来了决定性的经济和生产优势，包括降低产品总成本，节省投资，降低转换成本，节约能源，提高收得率，减少空间要求，降低CO2排放。另外，WinLink还能通过有效地平衡轧制产品和外销铸坯之间的分配而使炼钢能力得到充分发挥。●

Francesco Toschi, 首席工艺技术工程师，普锐特冶金技术意大利

创新的设计
出色的成果

吐丝机和集卷技术提升了高速线材轧机性能

吐丝机和吐丝管的设计改进，加上专有材料的使用，使终轧速度和轧机利用率达到了创纪录的水平。多套高速线材轧机的应用经验已经证明，吐丝管寿命大幅度延长，产能显著提高。改善的卷形和新的集卷筒设计保证了稳定形成高质量的盘卷。

长材轧机以盘卷形式生产大盘卷或线材时，最终盘卷的质量是最重要的产品质量指标之一。在高质量的盘卷中，线圈排列整齐而致密，内径和外径均匀一致，后续工艺开卷时不发生错乱，密实的盘卷便于保存和运输。生产高质量盘卷的能力取决于很多方面，从集卷站上游设备的设计和控制直到盘卷精整系统。

对于高速线材轧制，吐丝机、控制冷却运输线和集卷筒的高效运行对于成功达到100 m/s以上的速度至关重要。吐丝机必须精确和稳定地吐圈，才能使其均匀地冷却和得到卷形良好的盘卷。另外，尽可能减轻吐丝管磨损有助于避免因频繁停产换管而造成产量下降。线圈在运输线上适当冷却后，必须用集卷筒将其收集成规整而密实的盘卷。盘卷在运输过程中得到进一步冷却后打捆，然后就可以发运。

吐丝机和吐丝管的近期设计改进，加上专有材料的使用，使终轧速度和轧机利用率达到了创纪录的水平。另外，集卷筒系统的新设计能够在很大的盘卷规格范围内可靠地进行盘卷收集，从而保证了所有规格和钢种都能致密成卷。无论是新建轧线还是改造项目，从吐丝机直到集卷站的设计创新都能显著提高轧机产能和产品质量。

图1：线材轧机上的摩根高速吐丝机

吐丝机面临的挑战

夹送辊和吐丝机决定着线圈直径的统一性和在冷却运输线上排布的整齐性。尤其是在100m/s以上的速度下轧制小规格产品时，这些方面很难得到保证。摩根智能夹送辊能够闭环控制夹紧力和速度，夹送辊闭合动作时间短，重现性好。良好的卷形取决于优化的吐丝管曲线和尾部控制，稳定的吐丝头和轴承设计，加上有效的首圈头部定位速度控制和与夹送辊动作的协调(图1)。

轧机用户最常遇到的吐丝机问题包括头部和尾部成圈、圈形以及吐丝管磨损。头部和尾部成圈不好，圈形不一致，往往会造成集卷站堵钢。吐丝管磨损严重则使其需要频繁更换。

为了解决这些业界普遍存在的问题，普锐特冶金技术美国马萨诸塞州伍斯特的技术人员经过数年努力后开发了新型吐丝机技术。他们的目标是，找到一种能够在显著延长吐丝管寿命的前提下高速吐出均匀线圈的设计。在美国伊利诺伊斯州Sterling的Sterling钢铁公司进行了新设计的初步试验。Sterling钢铁公司的高速度短流程钢厂——由老式和新式设备组成——年产450,000 t线材，其中的大约80%属于小规格产品，主要直径为5.5mm和6.35 mm。 »

图2： 新型吐丝机设计

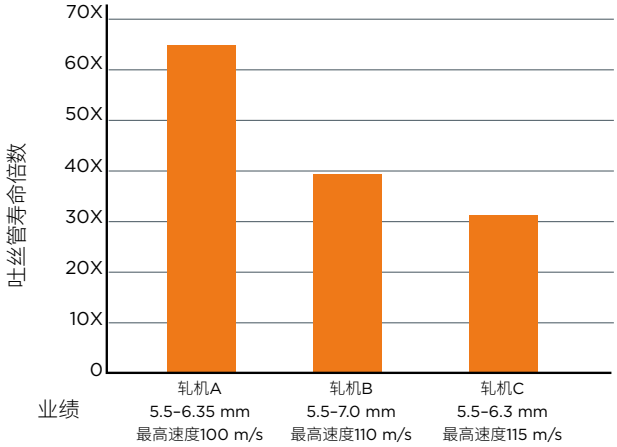


图3： SR SERIES吐丝管实际使用效果

图4： SR SERIES高速吐丝管的圈形整齐划一

图5： SR SERIES的圈形降低了盘卷高度

虽然经过多次改造，但吐丝机一直是轧机性能的限制因素。吐丝管磨损得非常严重，头部和尾部成圈都有问题，圈形不一致。在大多数情况下，Sterling钢铁公司的吐丝管寿命低于40,000吨，每周需要更换2 – 3次。每次更换吐丝管时，轧制线都需要停产将近30分钟。圈形不好还造成集卷站堆钢，使产量进一步受到影响。

改进设计

普锐特冶金技术对吐丝机系统作出了许多改进，包括新型吐丝头、优化的吐丝管曲线和创新性的吐丝管设计。新型吐丝机技术采用了多项专利设计，其中改变最大的是吐丝管曲线(图2)。另外，SR Series 吐丝管在轧制过程中利用一种受控的“自我再生”工艺使新材料替换吐丝管磨损部位的材料。磨损部位可以被再生替换150mm之多而不影响吐丝管的动态平衡。磨损部位的这种替换作用显著延长了吐丝管寿命，而吐丝管采用专有材料则使寿命进一步延长。

新型SR Series技术首先在4家钢厂用于实际生产——两家位于北美，两家来自亚洲，取得了创纪录的结果(图3)。在Sterling钢铁公司，使用SR Series吐丝管时轧制了130,000吨，而且是在主要轧制5.5 mm线材的情况下。另外，圈形的规整性也明显提高(图4)，减少了集卷站的堆钢率，使产量水平创下新纪录。吐丝管更换造成的计划外停产从一年几乎2,500分钟减少为不到100分钟。其他3家试用厂也报告了类似的出色结果。SR Series吐丝管圈形的改善使盘卷高度能够降低大约15% – 20%，这对提高盘卷致密度，方便盘卷保存和运输十分重要(图5)。

图6：
无级式集卷筒的布置

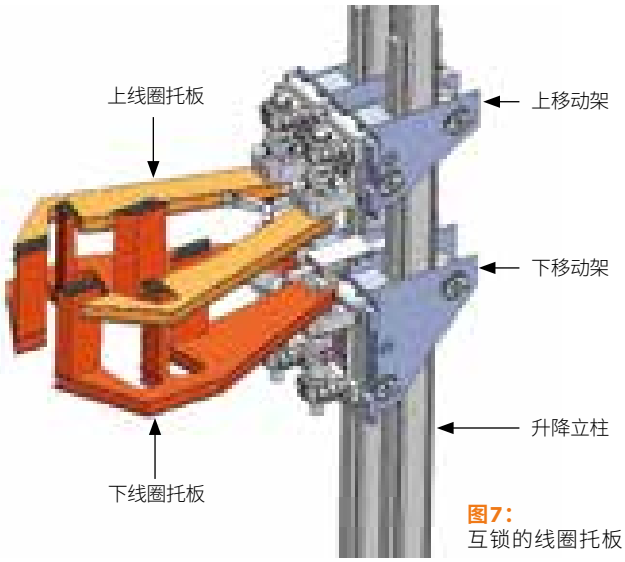


图7：
互锁的线圈托板

对传统集卷技术的改进

过去20年间为世界各地钢厂提供大量集卷设备的经验已经证明，布卷器保证了目前业界最佳的盘卷质量。不过，老式集卷筒和线圈托板设计会因系统内的下落动作而形成不均匀或分层的盘卷。卷形不好的盘卷容易在开卷时发生错乱，而且由于形状不规整而增大了打捆的难度，导致突出的线圈被损坏。

一种已获得专利的新型集卷筒设计消除了所有的收集过程中的盘卷下落。这种无级式集卷筒包括了两个安装在同一根立柱上的盘卷升降装置(图6)。线圈从冷却运输线出口端落到集卷筒内，被上线圈托板接收，然后以一个受控的速度下降。当上线圈托板到达其行程末端时，就会套在下线圈托板上。这种互锁式设计保证了上线圈托板在没有任何下落或跨越的条件下将盘卷移交给下线圈托板(图7)。移交后，上线圈托板打开，使上移动架在接收下一个盘卷前复位。当成卷操作完成后，下移动架快速移动到卷芯架底座处，下线圈托板在这里将盘卷移交给立式卷芯架或双臂芯棒。该系统对操作人员和关键部件都起到了有效的保护作用。联锁门防止了工人在系统运行时进入这些区域。

产能、质量和设备寿命指标的改善

新开发的吐丝机技术有助于解决许多线材轧机都存在的轧制速度受限、产量低和质量差等问题。获得专利的自我再生工艺显著延长了吐丝管寿命。结果，线材轧机由于减少了吐丝管更换次数而得以提高轧制速度和增加产量。卷形也明显改善，并因此而降低了盘卷高度。高质量的线材产品能够更好地满足市场的需要。

SR Series 吐丝管在轧制过程中利用一种受控的“自我再生”工艺使新材料替换吐丝管磨损部位的材料。

除了吐丝机的改进之外，无级式集卷筒系统保证了将良好成形的线圈从运输线通过布卷器顺利地转移到线圈托板上。这同样有助于卷形的明显改善，从而能够减少轧机停产和向下游用户提供更满意的产品。●

Dr. Bruce V. Kiefer, 首席工程师
Matthew Palfreman, 技术主管
(两人均来自普锐特冶金技术)

为满足市场需求而改造

TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY 线材轧机的现代化改造

Třinecké Železárny在2013年对其捷克共和国Třinec厂的双线线材轧机进行了重大改造。通过增加预精轧机架、冷却水箱、摩根减定径机和摩根高速吐丝机，这套轧机的生产能力、产品质量和性能水平大幅度提高。

Třinecké Železárny 的第一套线材轧机建于1912年，在1922年进行过改造，在1965年被一套连续式线材轧机取代。1973年又新建了一套4线轧机，它能够轧制重达1吨的108 mm 方坯，8机架机组的终轧速度达到50 m/s。这套轧机在1999年被改造成双线轧机，安装了新的加热炉、粗轧机、控制冷却运输线以及集卷和盘卷精整设备。这些改进加上其他一些轧机升级措施，使5.5 mm线材的最高轧制速度达到了91 m/s。后来，Třinecké持续对轧机进行不同方面的改进，比如盘卷精整和打捆、物流、表面质量控制、尺寸控制、水系统等等。

改造原因

为了满足未来的市场需求，Třinecké 首先从修改产品方案入手实施轧机改造。客户调查清楚地表明，陈旧设备生产出的产品是Třinecké 的一大劣势。市场研究还揭示出了热机（低温）轧制线材需求增长的潜力，这种产品在拔丝前能够减少甚至完全取消退火处理。

根据这些调研结果，Třinecké 作出决定，重点在以下方面对其双线轧机进行现代化改造：

- 改善线材的金相组织、强度和强度均匀性指标
- 降低生产成本
- 将轧制速度提高到110 m/s以上
- 提高轧机工艺灵活性和利用率
- 提高产品公差指标(包括椭圆度)
- 通过热机轧制生产新钢种
- 生产直径小于5.5 mm的产品
- 提高盘卷质量

主要改造内容

为了达到轧机改造的所有生产和质量目标，Třinecké 对从中间机组的15号机架(即两条线分开处)到冷却运输线之间的区域进行了重大修改，并且增加了新设备。图1展示了改造后的精轧机组区域。作为对照，图2展示了该区域改造前的布局。改造项目的目标之一是，尽可能重新使用原有设备——尤其是像精轧机组这样的关键设备。改造的主要内容包括：

新的预精轧机，新的工艺

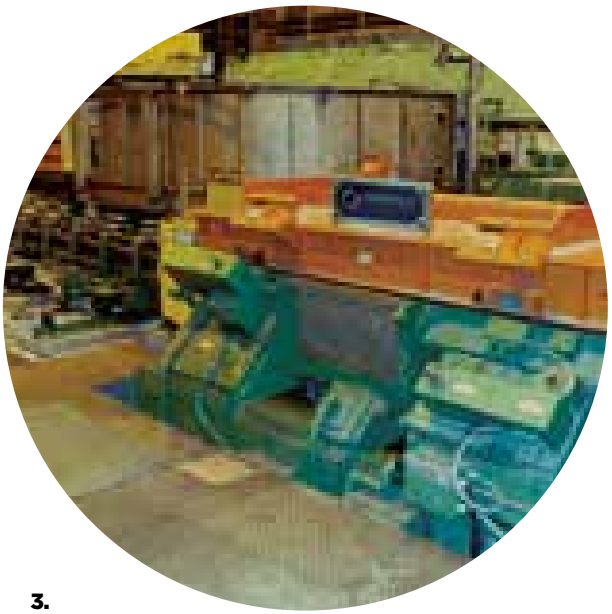
新的孔型设计解决了两个原有预精轧机架能力有限的问题，但需要增加一套大能力机架。为此，在原有机架后面新装了一套2机架230 mm平/立(H/V)机组，采用超重型（UHD)机架以进行低温轧制。原有机组从10个机架改装成6个。

»

市场研究揭示出了热机轧制线材需求增长的潜力，这种产品在拔丝前能够减少甚至完全取消退火处理。

图1：
TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY线材轧机改造后的精轧机组区域

2.



3.

改造项目的目标之一是，尽可能重新使用原有设备——尤其是像精轧机组这样的关键设备。

图2：
改造前的精轧机组区域
图3：
摩根减定径机
图4：
摩根高速吐丝机

加装的摩根减定径机

摩根减定径机(RSM)安装在精轧机组出口和吐丝机之间，在本项目中承担着大部分提高产量和质量的任务。RSM由2个230 mm 减径机架和2个150 mm定径机架组成。RSM的设计使整条轧线能够采用单一孔型轧制，简化了工艺，减少了换辊时间，提高了轧机效率。为在RSM中完成所有产品的轧制，不必更换轧槽而是空过上游机架(图3)。

热机轧制用摩根水箱和均温导槽

冷却水箱的长度和位置是一个重要问题，因此，针对产品大纲中的所有规格范围和钢种进行了详细的温度分布研究。预精轧机架的额外轧制能力和这些机架在精轧机组前的配置可能需要在15号机架之后大量增加水冷。在两条线的15号机架之后的新水箱到吐丝机之间都新装了均温导槽。安装了一套温度控制系统，以对各个冷却区进行闭环控制，从而确保整个工艺都能保持需要的温度。

确保圈形整齐划一的夹送辊和吐丝机

改造内容包括了安装新的夹送辊和最新型吐丝机(图4)。采用伺服驱动的辊缝调节系统能够精确地控制夹紧力，保证了夹紧动作的高速度和重现性，满足了尾段降速和提速功能的需要。摩根高速吐丝机采用了创新性的一体式吐丝头设计和模块化吐丝盘专利技术。新型吐丝机方案还包括了SR Series吐丝管，它的自我再生式专利设计保证了在高速度下形成整齐划一的圈形，并显著延长了吐丝管的使用寿命。

冷却运输线

冷却运输线系统的改造包括了将每条线上的7台风机和送风室更换成能力更大的设备，并且安装Optimesh空气分配系统以提高冷却均匀性。

4.

轧机改造项目实施

Třinecké和普锐特冶金技术于2013年2月签署了轧机改造合同。设备的按时交付保证了轧机在2014年10月为轧制第一块铸坯作好准备。轧机在运行后的第一个月内就达到了产量目标，以及5.5 mm的轧制速度115 m/s、±0.10 mm的尺寸公差和0.12 mm的椭圆度等保证值。现在，这套改造轧机保持着高作业率和高产能。

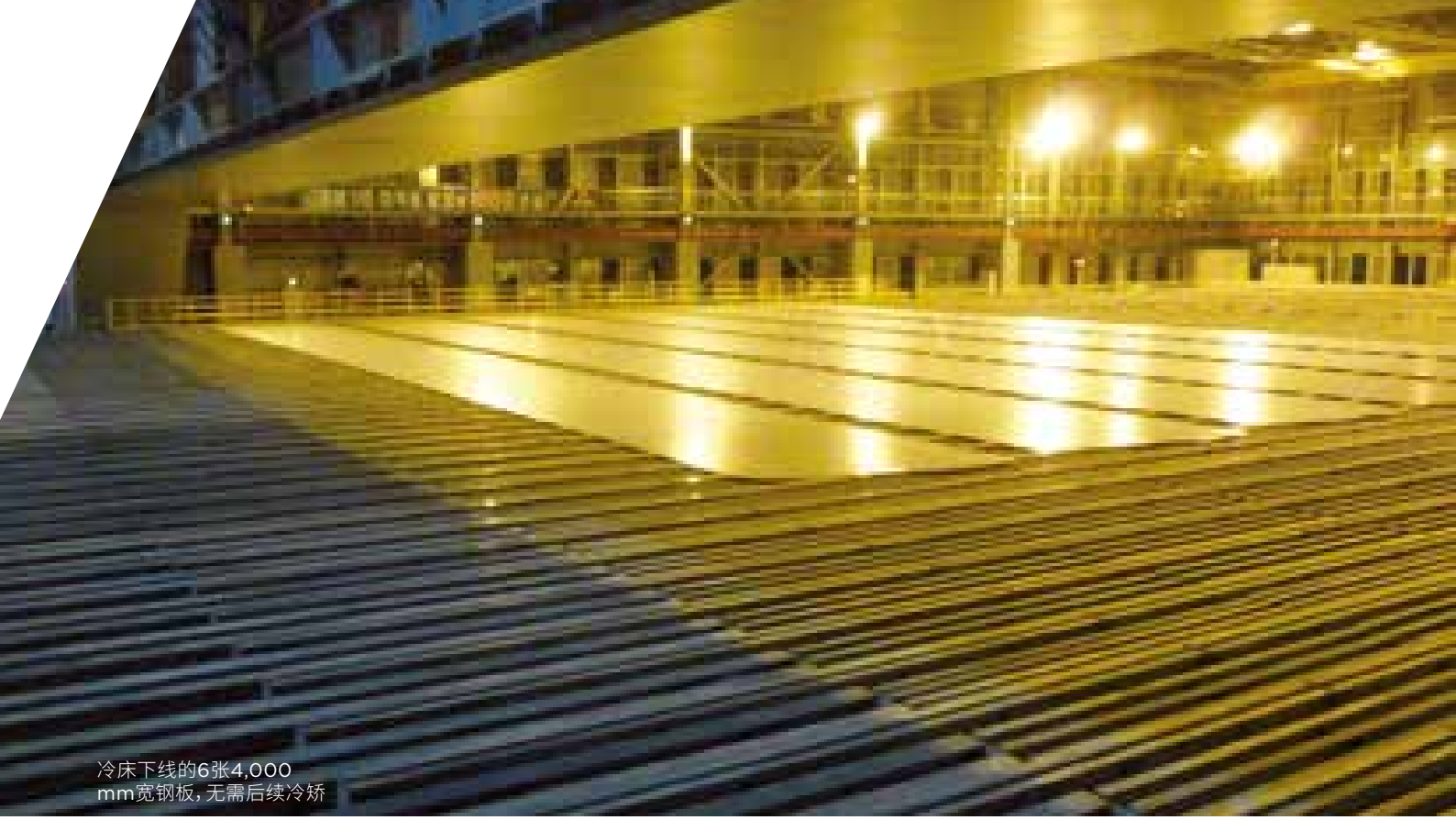
技术和质量

只有在线材质量满足客户严格要求的前提下，达到产量目标才有意义。改造后的轧机生产的线材很快就达到了与改造前同样高的质量水平。当线材质量满足了客户现有订单的要求后，Třinecké将轧机投入了满负荷运行。以低至750°C的RSM入口温度进行热机轧制的能力，使Třinecké能够用以前不可能的方式组织生产。现在，Třinecké不仅能够提供新产品，在轧制含有昂贵的合金元素Cr和V的钢种时还能降低成本。

结语

普锐特冶金技术在2013年为Třinecké执行的轧机改造项目达到了许多质量和产量目标，包括改进和扩展产品大纲及提高轧制速度和轧机利用率。针对Třinecké的具体需要精心设计总图方案和选择设备，为达到这些目标提供了重要保障。●

Dr. Bruce V. Kiefer, 首席工程师
Wade P. Krejdovsky, 销售经理
（两人均来自普锐特冶金技术）



冷床下线的6张4,000 mm宽钢板，无需后续冷矫

产品就是明证

依靠工艺优化提升中厚板轧机和铝轧机性能

俗话说“有耕耘才有收获”，快速而稳定地生产高质量轧材的能力的获得也不例外。通过长期努力，普锐特冶金技术能够全方位提供帮助生产企业应对挑战的技术方案。

为了生产出世界一流的材料，普锐特冶金技术与全球各地的钢铁和铝加工企业密切合作，在不降低轧机产能和可靠性的前提下努力开发高质量的新产品。以下介绍一些铝轧机和钢板轧机的工艺优化实例。

小改动带来大改进

普锐特冶金技术最近获得合同，对一套现有铝箔轧机进行分析研究，以改进液压厚度自动控制(HAGC)和辊凸度系统。该轧机已经运行多年，但一直未能达到最高能力水平。客户做过的改动不仅包括调整系统参数(比如增益值)，而且包括重新设置不同控制逻辑。

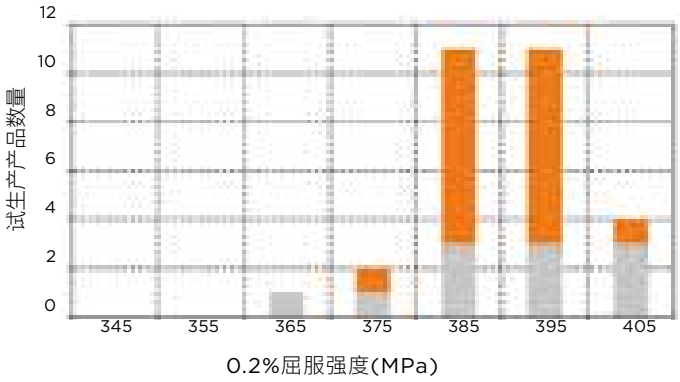


图1: 初步试生产的样品数据

库存产品
试生产产品

此项研究的一个结果是，将软件滤波器从测量反馈移到控制器输出。这种规模很小的改动大幅度提高了响应速度，使平直度指标得到明显改善。

轧制规程的优化提高了产量和质量

通过优化一种特殊的小轧制力轧制规程，一家欧洲铝生产商的产量和质量双双提高。普锐特冶金技术工程师研究了轧机的设计，并使用自有模型进行了一系列计算，以确定可能的改进措施。计算结果表明了下调小轧制力范围下限的技术可行性。

于是，对轧制力范围下限进行了希望的修改，并相应调节了控制回路。在极低的速度下，材料变形产生的热量很少，很难在工作辊和冷却液之间产生能够保证达到出色平直度指标的温度差。提高轧制速度后，轧机辊缝处产生了更多的热量，因而提高了平直度指标的稳定性。初步试验结果令人印象深刻：轧制速度提高了将近一倍，达到每分钟700米(mpm)。

综合工艺诀窍提高了产能并降低了成本

普锐特冶金技术同欧洲的一家大型钢铁企业合作，开发了一种可靠生产正火钢板的工艺方案。该方案的优点包括降低了这种特殊钢板的生产成本，减轻了现有热处理线的生产压力，以及提高了正火产品的产量。

工艺开发的目标是，拓展正火轧制产品范围，增加结构钢种S355J2+N。普锐特冶金技术为整个工艺和生产流程提供了工艺诀窍，涉及了材料成分、加热炉制度、轧制规程、冷床操作和热堆垛等多个方面。使用两种成分的板坯进行了试生产，并从试生产产品的末端和中部取样进行分析，以同EN 10025-2标准进行对比。该标准对以正火轧制态交货的试生产厚度的钢板有如下要求：0.2%条件屈服强度达到345 MPa，-20°C冲击韧性达到27 J。

所有产品都符合EN 10025-2标准对于屈服强度的要求，而且数据离散度很小(图1)。根据试生产的结果，客户的产品大纲中有比例高达72%的正火钢板可以采用正火轧制工艺生产。这样，正火产品的生产能力可以大大提高。另外，离线热处理的成本得以节省；由于无需为热处理工艺消耗大量燃料而降低了工艺的环境影响；通过使用普锐特冶金技术建议的材料成分而节约了合金成本。

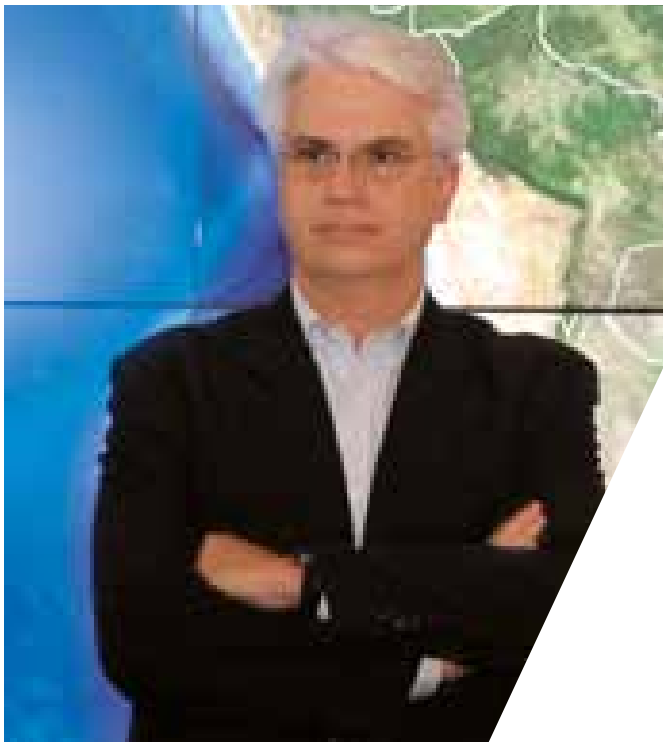
出色的合作带来满意的结果

普锐特冶金技术应邀同一家知名钢板生产商合作，帮助在6 mm和7 mm超宽(>4 m)钢板的生产中减少冷矫直操作。这家客户非常熟悉钢板轧制工艺，而且面向国际市场成功地生产了许多难轧钢种，但是产品厚度较大而宽厚比较小。普锐特冶金技术通过现场调研和初步试验，了解了客户以前能够达到的水平、采用的标准制度和如果需要可以作出的机械改动。然后，普锐特冶金技术使用最先进的激光测量设备对轧机进行了全面测量，客户则按照要求执行了必要的设备修改。

为了获得稳定的结果，对所有钢种和规格的轧制规程进行了深入研究，并在此基础上精调了轧机控制模型，以提高轧制力和轧制力矩的预测精度，确保预测值和实际值的偏差小于+/-10%。通过钢板生产商和普锐特冶金技术的出色合作，最终生产的钢板直接发货率从原来的低于30%提高到90%。本文压题照片展示了冷床上的达到出色平直度的钢板。●

Andrew Harvey, 中厚板和铝轧制工艺经理

HERMENIO PINTO GONÇALVES 访谈录



Gerdau集团(巴西Porto Alegre)工业、工程和EHS*总监

您的公司目前面临的主要挑战是什么?

Hermenio Pinto Gonçalves:全球钢铁市场正处于一个困难的时期,产能严重过剩,生产企业相互间竞争激烈。在这样的形势下,Gerdau要解决的问题是,如何在提高产品质量和降低生产成本的前提下扩大产能。这样的目标将使我们提升竞争力,更好地应对钢铁行业面临的挑战。

您如何看待您所在地区钢铁行业的未来发展,有哪些因素需要考虑?

Gonçalves:我们的市场在美国、巴西和南美其他地区。这些地区的情况各不相同。在美国,钢铁需求目前保持增长,价格也在提高。而在巴西,目前遇到了经济方面的问题,也许会在大约两年之后有所改善。南美总体上需要进口,因为大多数国家自己没有足够的产钢能力。所以,我们必须在这里同其他钢铁供应商展开竞争。

为了应对面临的挑战,Gerdau集团有哪些重要的行动、努力或投资计划?

Gonçalves:我们希望提高生产设备的机械化水平,以减少人力需求,并且增加自动化和工艺控制。尤其重要的是,要在危险区域采用自动化和机器人方案,以提高安全性。

您认为Gerdau需要在哪些主要方面加强研究开发,以进一步改善生产运行,降低成本和拓展商机?

> “对我们来说,重要的是尽可能延长投资项目的生产年限。所以,供应商是否承诺提供全周期服务是一个重要因素。”

Gonçalves:提高总体效率和加强工艺控制的方案非常重要。我们自己并没有能力在这些方面开展大规模研发,所以需要合作伙伴来帮助开发新技术和改进现有技术。

您认为选择技术供应商的主要标准是什么,在同生意伙伴打交道时您最关注哪些因素?

Gonçalves:对我们来说,重要的是尽可能延长投资项目的生产年限。所以,供应商是否承诺提供全周期服务是一个重要因素。我们所在地区的建设成本很高,这意味着,简单而可靠的设备原则上会是我们从成本角度考虑的最佳投资选择。供应商的信誉和技术诀窍对我们也很重要。

*EHS 意为环境、健康和安全

普锐特冶金技术为Gerdau Açominas钢厂(位于巴西 Minas Gerais 州 Ouro Branco)建造了一套板卷组合轧机。该轧机于2013年投产，能够生产最宽2.1 m、最薄2 mm的带钢和最宽3.6 m的中厚板。

优异的轧机性能

普锐特冶金技术采用先进技术为USIMINAS建成世界一流的热带钢轧机

普锐特冶金技术为巴西圣保罗州Cubatão的Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S.A. (Usiminas)提供了一套热带钢轧机。这套于2012年投产的轧机采用了先进技术，包括配备了轧机稳定装置以减轻振动的第三代对辊交叉执行机构，完全满足了不同厚度众多钢种的带钢凸度和板形指标要求。

巴西USIMINAS二号
热带钢轧机的精轧机架

长期以来，为了扩大产量，人们一直在努力提高轧制速度。同时，为了能够以大压下量轧制高强钢种，需要的轧制力也越来越大。这些方面的共同作用加剧了轧机的振动，对机械部件寿命、运行稳定性和轧机产能都造成了不利影响。

与传统钢种相比，特殊产品的轧制，比如管线钢、双相钢(DP)、相变诱发塑性钢(TRIP)、高强度低合金钢(HSLA)、无间隙原子钢(IF)和电工钢，需要轧机能够达到更大的带钢凸度控制范围。因此，对新建热带钢轧机的带钢凸度控制能力提出了越来越高的要求。有鉴于此，普锐特冶金技术将成熟的对辊交叉轧机技术和新型轧机稳定装置(MSD)结合起来，以满足如今的热轧要求。

供货范围和轧机参数

Usiminas二号热带钢轧机是全世界的同类型轧机中最先进的之一，采用了对辊交叉轧制技术和MSD方案。普锐特冶金技术提供了整条轧制线，包括了土建设计和配套设施，比如轧辊间设备、水处理系统、压缩空气站、天车、通风和空调系统以及消防灭火系统。表1归纳了轧机和产品的主要数据，图1示意了轧制线的主要配置。

轧制线设备

轧制线包括了一套4辊可逆式粗轧机(R2)，它采用了液压辊缝控制，还在入口侧配备了立辊轧机(图2)。长行程液压自动宽度控制(HAWC)保证了宽度的精确性，还具有易维护的特点。安装在精轧机前的差速式转鼓切头飞剪保证了中间坯的规整(图3)。

精轧机由6个串列式布置的4辊机架(F1 – F6)组成。所有精轧机架都配备了液压自动厚度控制(HAGC)，以调节工作辊辊缝。配备了MSD的对辊交叉辊安装在机架F1 – F4上。机架F5和F6配备了工作辊窜辊，能够在带钢宽度相同的轧制规程内延长轧辊寿命，因为周期性窜动能够避免工作辊局部磨损和产生台阶。为了有效控制平直度，机架F5和F6采用了工作辊正弯辊和负弯辊制度。F5和F6还安装了MSD。 »

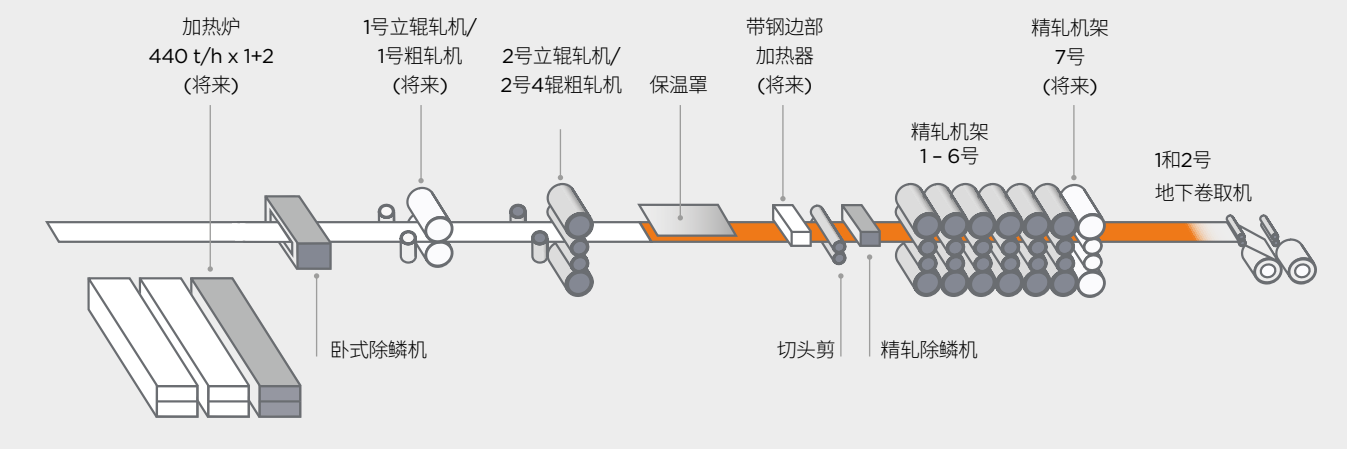
表1:

热带钢轧机数据

热试开始时间	2012年3月
生产能力	230万 t/a (将来480万 t/a)
钢种	碳钢，管线钢，HSLA， DP，TRIP，电工钢
带钢厚度	1.5 mm – 20 mm (将来1.2 mm – 20 mm)
带钢宽度	750 mm – 2,050 mm

Usiminas二号热带钢轧机是全世界的同类型轧机中最先进的之一。

图1: USIMINAS二号热带钢轧机投产时的配置



对于以出色的带钢凸度和板形控制能力轧制薄规格先进钢种的大压下量轧机的各方面要求全部得到满足。

图2： 配有立辊轧机的二号热带钢轧机粗轧机架

图3： 差速式转鼓切头飞剪

每个机架间区域都布置了液压活套，以进行质量流控制和速度调节。作为每个活套反馈控制的基础，机架间带钢张力根据液压力和/或压头数据计算得到。每个机架入口侧的轧制油给油器进一步减轻了轧辊磨损和减少了带钢表面缺陷。而且，给油器还降低了电耗。

在精轧机之后的层流冷却段，喷嘴向带钢的上下表面喷水。总共安装了15个不同的冷却回路，它们分成提供快速冷却的强力冷却回路、用于常规冷却的普通冷却回路和用于卷取前温度控制的精密冷却回路(图4)。冷却段的长度和水流量既满足DP和TRIP钢的生产需要，也适用于传统碳钢钢种的生产。

热轧线安装了两台地下卷取机。采用快速打开控制(QOC)技术的三组助卷辊保证了顺利和高质量的卷取。QOC技术使每根助卷辊都能随带钢头部引起的厚度突变而抬步，从而减少内层带钢上的带头压痕。芯轴能够卷取厚规格的高强度带钢，还采用了一种称为无级膨胀的独特设计，有利于提高卷取的质量。其特点是，在带钢卷取过程中芯轴直径能够连续增大，而在等待带钢时芯轴直径设定在小于正常值。芯轴在第二层完成卷绕后开始膨胀，从而有助于带钢紧密地卷绕。依靠这一设计，在卷取过程中很早就能建立卷取张力，从而避免松卷。

配备轧机稳定装置的对辊交叉轧机

热轧带钢的凸度主要由轧辊的弹性变形而引起。由于轧制工艺不可避免地存在这个问题，需要增加一种执行机构，以便可靠和精确地轧制出具有合适凸度的带钢。尤其是在轧制规程改变或其他原因造成工艺条件波动的情况下，这一点更加重要。

对辊交叉轧机通过交叉布置轧辊而在上下工作辊之间形成一个变化的辊缝，从而控制凸度。

图4： 带钢层流冷却

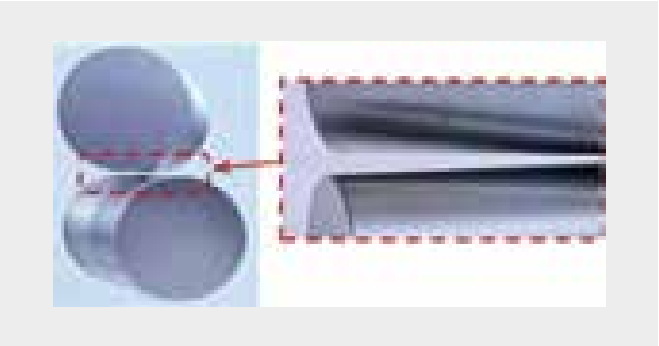


图5： 通过交叉布置工作辊而改变辊缝

成对交叉辊轧机通过交叉布置轧辊而在上下工作辊之间形成一个变化的辊缝，从而控制凸度(图5)。每根工作辊的中部稍细，两端逐渐变得略粗。不仅工作辊，而且支承辊也是交叉布置，对辊交叉由此得名。通过使相互接触的工作辊和支承辊保持平行，二者之间的推力和磨损降至最低水平。

对辊交叉轧机最早开发于上世纪80年代，此后不断进行设计改进。Usiminas轧机采用了第三代成对交叉辊系统，与之前的系统相比有如下优点：

- 只靠对辊交叉轧机本身就能提高带钢凸度和平直度的控制能力
- MSD的配置在要求严格的轧制条件下提高了运行的稳定性
- 需要的部件数量减少了75%，简化了维修

全面满足要求

普锐特冶金技术为Usiminas提供的二号热带钢轧机采用了一些世界上最先进的热轧技术，对于以出色的带钢凸度和板形控制能力轧制薄规格先进钢种的大压下量轧机的各方面要求全部得到满足。该轧机的特点是产能大，运行稳定，维护少。

Taroh Satoh, 热轧项目部工程师[1]

Jiro Hasai, 热轧项目部总经理[1]

Frank Beddings, 销售副总裁[2]

[1] 普锐特冶金技术日本　[2] 普锐特冶金技术美国

轧机稳定装置

抑制热带钢轧机的振动

通过为传统的轧辊轴承座配备普锐特冶金技术液压轧机稳定装置，热带钢轧机穿带时对精轧机架的冲击力能够降低一半左右，轧机的振动幅度大大减小。

如今的市场要求将高强钢种轧制到更薄规格并达到出色质量，这就需要提高轧制力。带钢在更大轧制力的作用下以更快的速度通过轧机，因而在穿带时产生了更大的冲击力，造成轧机振动幅度加大。这种冲击力或轧机振动不仅会缩短机械部件的使用寿命，而且会降低运行稳定性和轧制效率。

通过对工作辊轴承座的行为进行研究，发现它们在轧制过程中并不稳定，存在着活动的现象。产生较大冲击力的原因是：由于支承辊比工作辊的惯量大，穿带时工作辊的相对速度小于支承辊的速度，这就产生了一个朝向牌坊入口侧的水平力。如果工作辊轴承座和轧机牌坊之间存在间隙的话，这个力会使工作辊朝牌坊入口侧方向明显移动。当工作辊轴承座撞到牌坊入口侧时产生很大的冲击力，并开始掉转方向朝牌坊出口侧移动。轧机振动现象可以解释如下：上、下工作辊以相反方向振动，主要发生在水平方向上。当工作辊轴承座和轧机牌坊之间存在间隙时，机架容易在压下量大的情况下产生振动。如上所述，工作辊轴承座和牌坊之间的间隙是造成不稳定的主要原因。

巧妙的方案

为了解决这方面的问题，普锐特冶金技术开发了轧机稳定装置(MSD)，它消除了轧辊轴承座和牌坊之间的间隙。MSD安装在轧辊轴承座和轧机牌坊之间，由带有阻尼孔的液压缸组成，能够有效地减轻冲击(图1)。

这种巧妙的方案首先在一套装有压头的测试用轧机上进行了试验，并在冲击力与时间关系图上比较了MSD关闭和打开时的穿带冲击力。在MSD关闭时，每根辊的冲击力是13.2吨；而当MSD打开后，每根辊的冲击力降至7.45吨(图2)。

普锐特冶金技术为台湾中龙钢铁公司提供的热连轧精轧机架上安装了**轧机稳定装置**

轧机稳定装置消除了轧辊轴承座和牌坊之间的间隙。

MSD用于实际轧机生产的结果

在浦项光阳厂，用安装在一套热连轧精轧机架牌坊入口和出口侧立柱上的加速度计测量了轧制方向上的冲击加速度。当MSD关闭时，带钢穿入机架产生了很大的冲击加速度；而当MSD打开时，加速度大幅度减小(图3)。这就显著减轻了工作辊轴承座周围机械部件的磨损，从而降低了维修成本。

轧制生产中轧机振动的改善

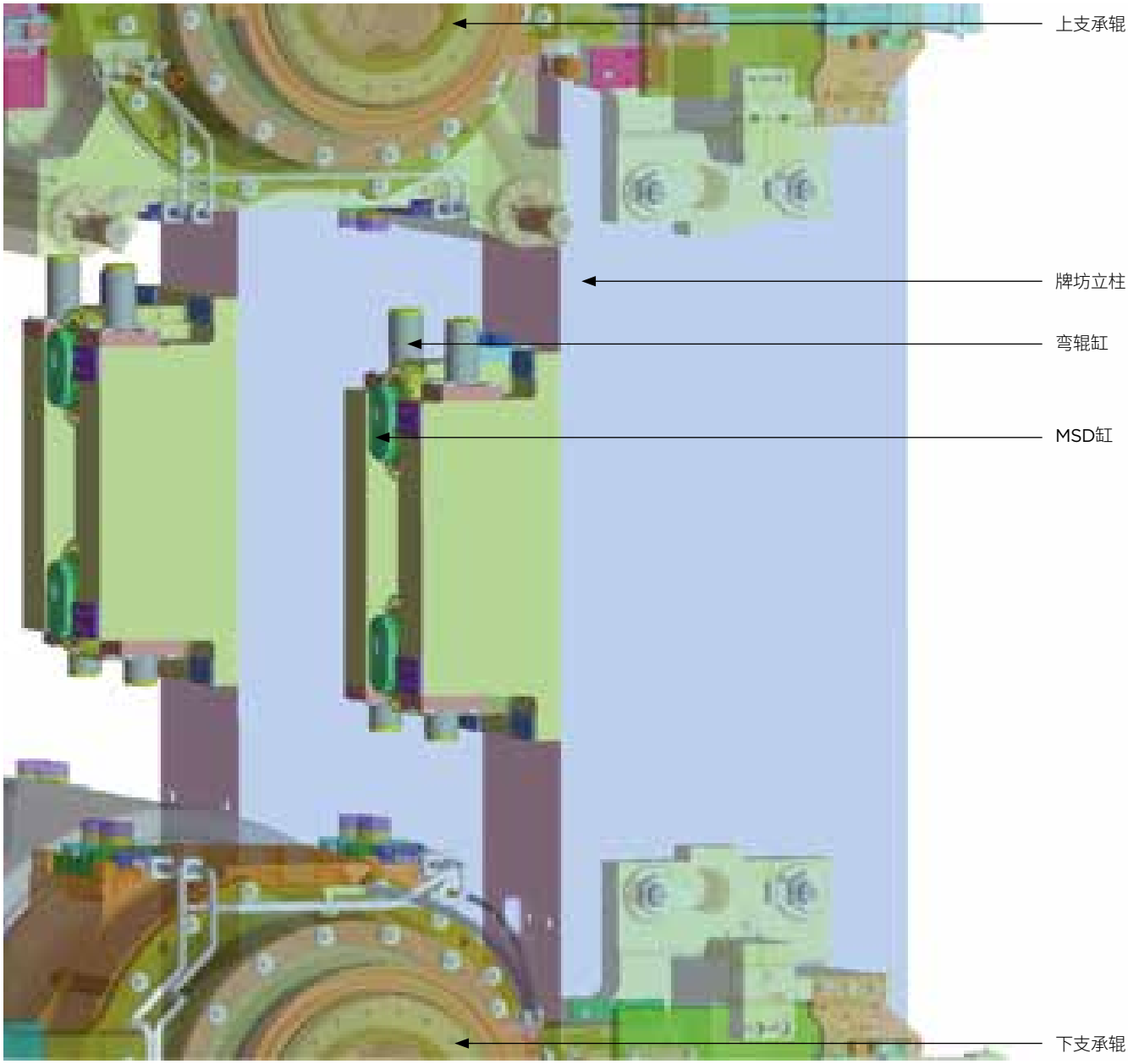
随着压下量增大和带钢速度加快，轧机机架容易突然开始剧烈振动。这是由于上、下工作辊以相反方向振动(主要沿水平方向)而造成的。 »

MSD的应用带来了下列优点：

- 降低带钢头部穿入轧机机架时的冲击力，因而减轻磨损和节省维修成本
- 减小轧机振动，能够达到更大压下量
- 提高轧机运行的稳定性
- 穿带和甩尾时使带钢方向保持稳定
- 易于安装在各种类型轧机上，也可用于现有轧机的改造

自2000年以来，已有将近160套轧机稳定装置安装在PC轧机和其他类型轧机的工作辊和支承辊上。

图1： 轧机稳定装置
三维CAD示意图



这种振动属于自激式，频率主要在60 Hz – 90 Hz范围内。轧机振动发生在一条由轧制速度和参数“*单位宽度轧制力 x 厚度压下量*”确定的标准曲线上方。

这条标准曲线受水平方向上动态刚度的影响。由于MSD消除了轧辊轴承座和牌坊之间的间隙，动态刚度得以增大。受压流过阻尼孔的液压油的粘性提供了大部分减振作用。

因此，随着振动加剧，阻尼作用也增强。MSD打开时的动态刚度大约是关闭时的两倍。在浦项光阳厂，用安装在一套热连轧精轧机架工作辊轴承座上的加速度计测量了轧机振动的加速度。当MSD打开后，轧机振动能够减轻(图4)。这意味着能够轧制硬度更高和规格更薄的材料。

PC轧机的设备组成

为人熟知的PC轧机开发于上世纪80年代，目的是改善带钢凸度和板形控制。现在，这种已经发展到第三代的轧机用液压缸取代了入口侧的机械式轧辊交叉机构。液压缸属于MSD系统的组成部分，用以将工作辊推向牌坊出口侧，从而消除工作辊轴承座和牌坊之间的间隙。

具有突出优点的成熟方案

自2000年以来，已有将近160套MSD安装在PC轧机和其他类型轧机的工作辊和支承辊上(图5)。当支承辊也配备MSD后，支承辊轴承座和牌坊之间的间隙也得以消除，保证了支承辊和工作辊之间更好地对中。因此，减小了轧辊轴向的推力，从而降低了传动侧和工作侧之间的轧制力偏差，其结果是提高了带钢方向的稳定性。MSD能够方便地安装在新建轧机以及改造轧机上。●

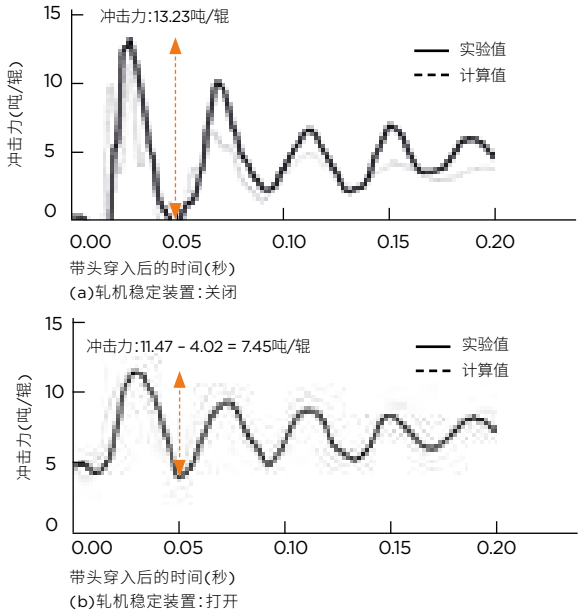


图2： MSD关闭和打开时穿带冲击力随时间的变化

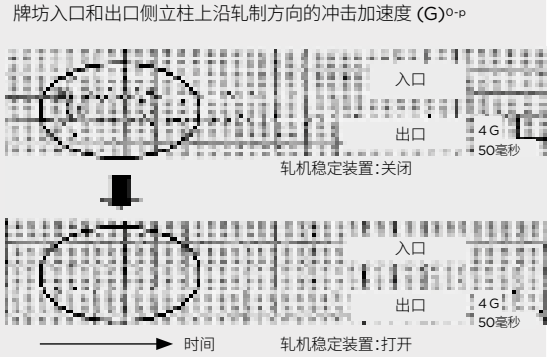


图3： 韩国浦项光阳厂一套热连轧精轧机架上测量的MSD关闭和打开时的冲击加速度

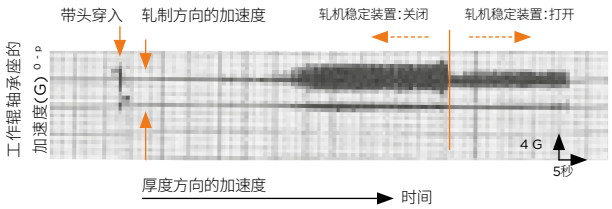


图4： 韩国浦项光阳厂一套热连轧精轧机架上测量的MSD关闭和打开时的工作辊轴承座加速度

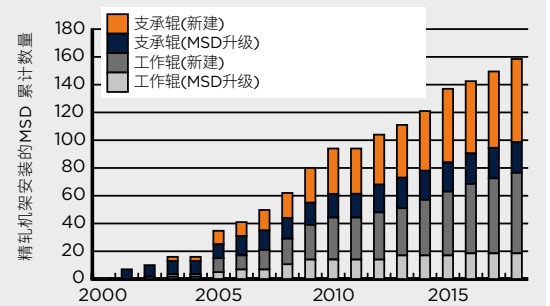


图5： 2000年以来轧机稳定装置的累计安装数量

Hideaki Furumoto, 技术开发部研发总经理[1)]
Kanji Hayashi, 技术开发部研发处研究员[1)]
Takao Owada, 设备设计和规划部高级工程师[1)]
Frank Beddings, 销售副总裁[2)]
Shinya Kanemori, 系统技术开发部控制系统主管经理[3)]
[1)] 普锐特冶金技术日本
[2)] 普锐特冶金技术美国
[3)] 三菱重工

图1: 安装在最后精轧机架入口侧的活套式板形仪

让您的带钢保持板形

利用活套式板形仪提高带钢板形控制精度

高抗拉强度钢种的市场需求稳步增长，意味着热带钢轧机必须轧制更高硬度和更薄规格的产品。精确的在线带钢板形测量是可靠的带钢板形控制系统的基础。传统的光学测量装置就是这个用途，不过，它们有一个很大的缺点：因承受张力而使板形受到影响的带钢大部分长度都被遮挡，使测量难度大大增加。有鉴于此，普锐特冶金技术开发了一种称为活套式板形仪的替代性测量系统，其有效性自2006年以来已在恶劣的轧机环境中得到验证(图1)。

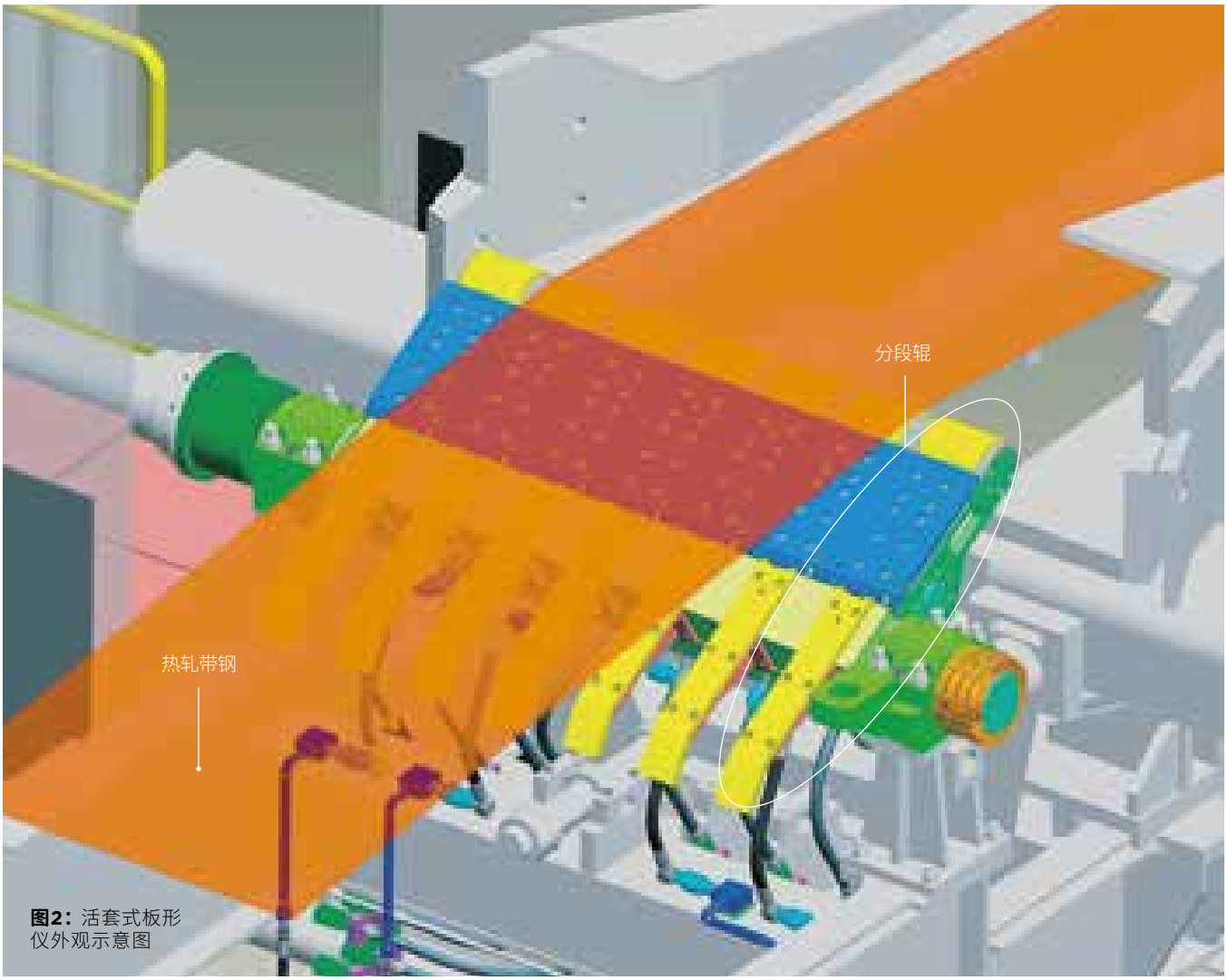


图2： 活套式板形仪外观示意图

活套式板形仪坚固耐用，即使是恶劣的热轧条件也能适应。

套式板形仪(LSM)是一种基于转矩测量的带钢板形测量系统，能够精确地测量沿带钢宽度方向的张力分布。已经证实，转矩测量与带钢实际板形有着密切的关联。LSM替代了目前的精轧机活套。 它包括了7个沿带钢宽度均匀布置的辊段，每个辊段中心块的两端均装有转矩计(图2和3)。每个辊段承受的张力通过支臂直接传到转矩计。这样，就能够测出反映了辊段上张力分布的转矩。

各个转矩计均有盖板保护，还进行空气吹扫，以防止水和灰尘进入。为了避免热轧带钢的热辐射对转矩计造成影响，中心块和中心块上方的护板均采用内部水冷。

为了保证测量精度，必须尽可能减少滑动部件造成的滞后。由于LSM直接使用转矩计测量张力分布，因此滑动部件数量很少，滞后引起的测量误差减小到最低水平。另外，由于LSM传感器采集的是关于带钢板形的完整信息，精确性远远高于带钢板形测量经常使用的光学系统。

LSM的14个转矩计将测量数据发送至板形计算装置。与此同时，活套角度、带钢速度、带钢厚度、带钢宽度和其他有关数据也从一级和二级控制器发送至板形计算装置。 »

第一套LSM在热连轧机组上从2006年使用至今，使该方案得到充分验证。

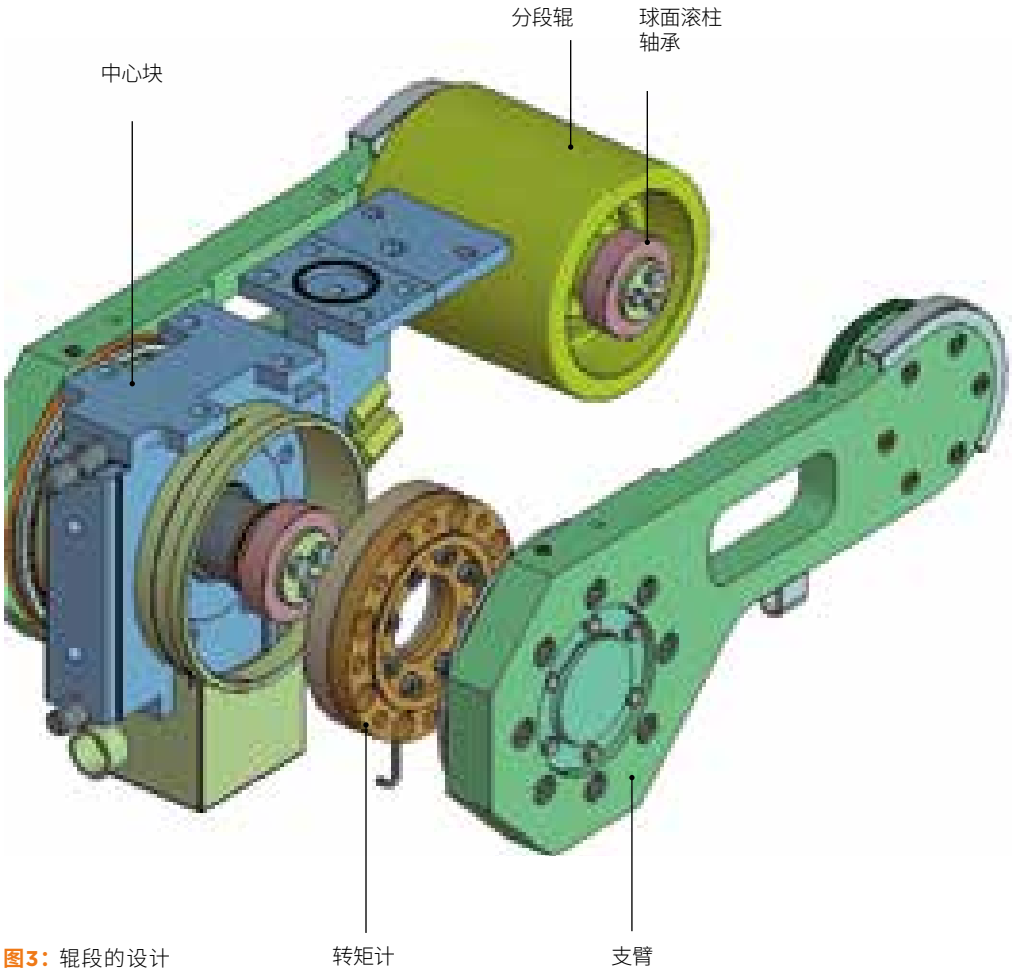


图3： 辊段的设计

带钢板形的计算结果被传送至控制室，并显示在操作画面上。这些结果对于操作人员控制机架调平和弯辊力调节非常有用，有助于稳定带钢甩尾，避免板形缺陷和带尾折叠。

成熟的方案

第一套LSM在热连轧机组上从2006年使用至今，使该方案得到充分验证。结果表明，LSM坚固耐用，即使是恶劣的热轧条件也能适应。举例来说，在一次温度测试中，在大约10分钟的连续轧制期间，转矩计一直保持在25°C左右，而带钢温度接近900°C。轧制后，LSM没有任何进水或进灰的迹象，仍然保持良好状态。

热连轧活套式板形仪业绩实例

样板厂	项目类型
塔塔钢铁公司 Ijmuiden，荷兰	改造项目
现代钢铁公司，韩国	改造项目
塔塔钢铁公司，印度	新建轧机

测试结果

图4给出了LSM测试的结果。带钢的最终厚度为2.44 mm，宽度为1,513 mm。带钢边部和中部转矩值最高，两肋区域转矩值较低(a)。由此得到的带钢板形计算结果表明，工作侧有一个较小的延伸率，还有中间浪和1/4边浪(b)。它们可以分离出一次、二次和四次分量，分别如(c)、(d)和(e)所示。

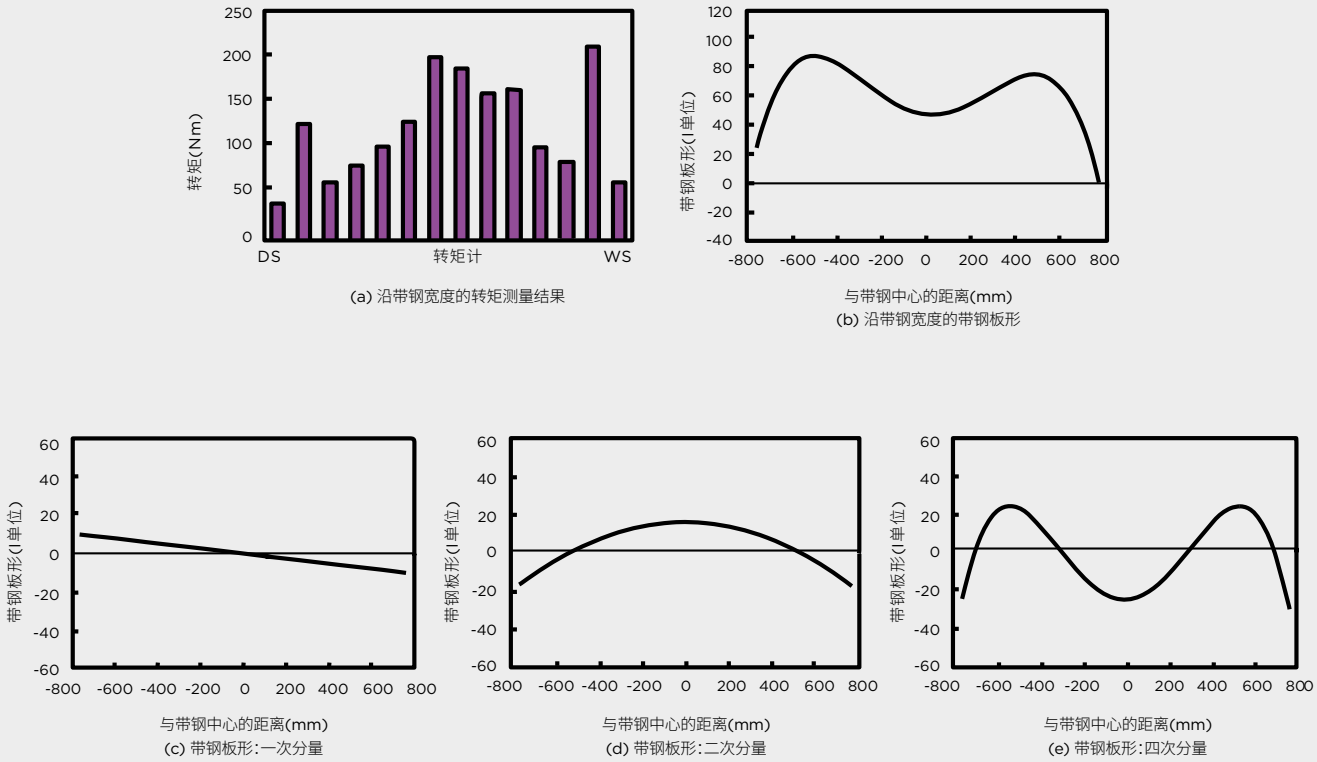


图4： 活套式板形仪测试结果

随着市场对于热轧带钢——尤其是高抗拉强度钢种——的需求持续增长，LSM技术将成为提高带钢板形控制精度，稳定带钢轧制和甩尾条件，从而扩大生产能力的有效方案。

Hideaki Furumoto, 技术开发部研发总经理[1)]

Kanji Hayashi, 技术开发部研发处研究员[1)]

Ryohei Kinose, 技术开发部总经理[1)]

Naoto Migakida, 项目管理部热轧项目处工程师[1)]

Takao Owada, 设备设计和规划部高级工程师[1)]

Shuji Maniwa, 电气/自动化集成工程师[2)]

Shinya Kanemori, 系统技术开发部控制系统主管经理[3)]

Shigeki Sueda, 实验室材料研究二部副经理[3)]

[1)] 普锐特冶金技术日本
[2)] 普锐特冶金技术德国
[3)] 三菱重工

追求卓越

墨西哥TERNIUM的酸洗冷轧联合机组

2013年8月，普锐特冶金技术提供的一套酸洗冷轧联合机组(PLTCM)在墨西哥蒙特雷的Ternium公司(Ternium Mexico)投入运行。该机组的年产能力为150万吨，属于Ternium执行的一个旨在面向不断发展的汽车市场生产先进钢种的重大投资项目的组成部分。以下介绍该机组的设备组成、产品和优点。

墨西哥Ternium的新建PLTCM在合同签订后仅26个月就成功投产，而且两年多以来一直保持着出色的运行水平。这套先进的机组能够生产许多优质产品，包括厚度仅为0.18 mm的薄规格带钢，抗拉强度高达980 MPa的汽车钢，汽车外板钢种，还有电工钢(见附表)。普锐特冶金技术采用的技术包括喷淋酸洗、动态调宽(FWC)切边剪和工作辊窜辊6辊万能凸度控制轧机(UCMW)。加上由日立提供的先进电气控制系统，这套高性能机组生产的带钢达到了极高的厚度精度和平直度指标以及出色的边部形状。

酸洗和冷轧工艺联机为Ternium带来了产能、带钢质量、收得率和生产成本等许多方面的优点。取消穿带和甩尾意味着大幅度提高产能，延长工作辊寿命，减少工作辊更换。连续运行显著减少了带头和带尾，从而减少了带钢超差的频率。这些特点使维修需要的人力成本明显降低。

墨西哥TERNIUM酸洗冷轧联合机组的技术数据

钢种	普通钢(CQ)，冲压钢(DQ)，深冲钢(DDQ)，超深冲钢(EDDQ)，无间隙原子钢(IF)，先进高强钢(AHSS)，结构钢，电工钢
入口厚度	1.5 mm–6.5 mm
出口厚度	0.18 mm–3.5 mm
带钢宽度	700 mm–1,850 mm
卷重	35,000 kg
酸洗速度	Max. 210 m/min
轧制速度	Max. 1,250 m/min
带钢剪切速度	Max. 300 m/min
焊机类型	内置激光焊机
酸洗系统类型	喷淋酸洗
轧机类型	5机架6辊UCMW(短行程窜辊)

墨西哥Ternium酸洗冷轧联合机组主控室

酸洗段

PLTCM入口段的热轧卷搬运和装卷操作全自动进行。该段设备包括了两台开卷机、一台切头剪、一台称、一台激光焊机和一个入口活套。激光焊机之所以被选中，是因为它能够焊接很多钢种，比如无间隙原子钢(IF)钢、高抗拉强度钢和电工钢。酸洗前的表面质量监测能够发现任何带钢缺陷，从而避免生产线在运行中出现问题。

安装了一台张力矫直机式破鳞机进行预破鳞。采用了辊盒式换辊装置以进行快速换辊操作——甚至能够在穿带时换辊。普锐特冶金技术开发的喷淋酸洗专利技术保证了酸洗的高性能和出色的酸洗效果。每个PP（聚丙烯）酸洗槽内都安装浸没式喷嘴。槽盖带有水封，最大限度减少了酸液与大气的接触、挥发和能量损失。另外，基于工艺模型的酸液浓度自动控制保证了带钢酸洗质量，避免了酸液消耗过多。

酸洗后对带钢进行切边。切边剪入口和出口侧都装有活套。切边剪入口侧和串列式冷轧机(TCM)入口侧的双纠偏(CPC)保证了带钢精确对中。另外，紧靠1号机架前方安装了一套3辊张紧装置，保证了可靠地将带钢穿入辊缝。

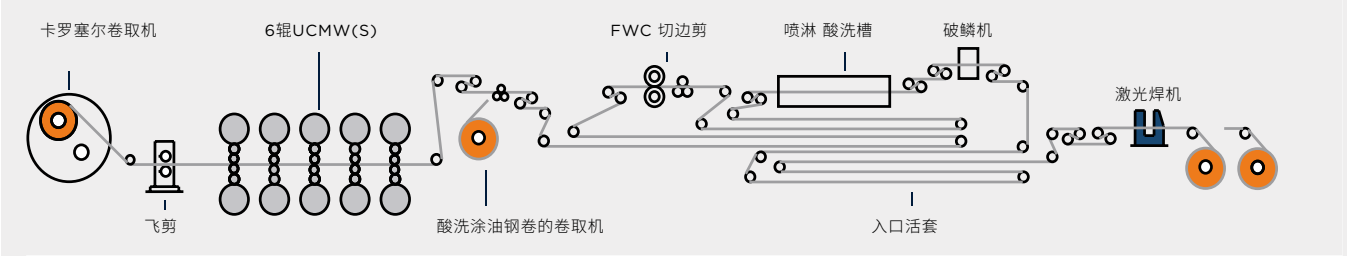
冷轧机

5机架6辊UCMW轧机配备了工作辊窜辊以补偿边降。UCMW轧机的板形控制方案还包括了工作辊和中间辊弯辊以及中间辊窜辊。在大多数轧制生产中——包括高强钢轧制在内——工作辊、中间辊和支承辊都使用无凸度平辊。轧制电工钢时，使用的工作辊形状有助于改善带钢边降。一般来说，电工钢要求带钢板形非常平整，因为它们要用在叠层结构中，每层之间的缝隙必须尽可能减小，以保证良好的电磁性能。通过在轧制过程中动态窜动轧辊位置和调节工作辊辊缝，能够减小冷轧带钢的边降。这样还能提高收得率。

普锐特冶金技术提供两种类型的UCMW轧机：一种短行程[UCMW(S)]和一种长行程[UCMW(L)]。类型的选择取决于产品大纲。 »

墨西哥Ternium的新建PLTCM在合同签订后仅26个月就成功投产，而且两年多以来一直保持着出色的运行水平。

图1： 酸洗冷轧联合机组的配置



墨西哥Ternium之所以安装UCMW(S)——窜辊行程约为150 mm ——是考虑到电工钢产量较少和需要轧制较宽的产品(比如汽车钢)。在轧机出口处，一台飞剪将酸洗线入口焊接产生的带钢焊缝段切除。

卷取机采用了卡罗塞尔卷取机。由于在串列式冷轧机附近开始卷取的位置总是相同，采用卡罗塞尔卷取机而不是两个张力卷取机具有减少带钢缺陷和缩短带钢切换距离的优点。完成卷取后自动将带卷称重，打捆和贴标。在配有带卷车和开卷机的离线检查台对带卷进行检查。图1示意了酸洗冷轧联合机组的配置。

轧机控制

带钢的自动厚度控制(AGC)主要有传统的前馈式AGC(FF-AGC)、基于测厚仪式的轧辊位置控制AGC(BISRA-AGC)和监控式AGC。除此之外，还有质量流量式AGC和基于解耦控制的AGC系统。秒流量式AGC利用安装在1 – 5号机架出口处的激光测速仪测量带钢的实际运行速度，根据测量数据的反馈进行厚度控制。这种方法有助于提高厚度控制精度，尤其是在提速和降速阶段。解耦控制是一种将带钢厚度和轧制力变化所引起的机架间张力波动的干扰予以消除的方法，它能够提高正常轧制条件下的带钢厚度精度。另外，与利用已轧制带钢的数据进行初始设定的传统控制方法不同，日立的系统根据当前轧制数据动态修改轧制规程。这样能够动态调整每个机架出口厚度的设定值，从而使各个机架之间达到最佳的负荷平衡。这对提高工艺稳定性和设备效率非常有利。

喷淋酸洗槽

动态变规格(FGC)必须快速而精确地实现，对于低速轧制的材料尤其如此。在这种情况下，准确的厚度控制较为困难，但厚度精度是达到高收得率的必要条件。动态变规格引起的轧制力波动对带钢板形的控制有很大影响。UCM轧机的横向刚度大于4辊和其他类型的6辊轧机，从而解决了这个问题。因此，动态变规格后轧制力波动造成的带钢凸度偏差大幅度减小。还采用了一种新型液压辊缝控制器自动响应调节系统。它具有能够测量一系列预设控制增益的自动监测功能，和能够找到合适控制增益的自动调节功能。由于该系统与轧机控制器相连，可以在特定的时间开始测量并获得实际轧制数据。

客户反馈

PLTCM两年多的成功运行使墨西哥Ternium对机组的高性能赞不绝口，它让公司有能力积极应对市场需求的变化。这种高性能得益于多方面因素，其中之一是高速自动化的生产线最大限度减少了人工干预。负责计算工艺设定值的服务器是另一个重要因素，它能够利用预设值、数学模型、统计分析和Ternium提供的带卷信息在非常短的时间内迅速处理大量数据。由于通信结构和可追溯性要求十分明确，Ternium和日立的系统接口也非常成功。最后，日立系统网络内部的通信协议非常稳定，保证了向PLTCM的所有设备及时提供每一个预设值。在所有这些因素的共同作用下，生产出了厚度、平直度和边降指标出色的高质量产品，并且达到了高产能。

Motoyuki Fujii, Ichiro Maeno, Yoichi Kai
(均来自普锐特冶金技术)

墨西哥Ternium酸洗冷轧联合机组酸洗段入口全貌

从合同签署到带卷生产
仅21个月

唐钢新建酸洗冷轧联合机组

2013年4月，普锐特冶金技术奥地利和中国最大钢铁企业河北钢铁集团下属的唐山钢铁集团有限责任公司(唐钢)签订了提供一套冷轧机组的合同。新轧机的目标很明确：在尽可能短的时间内开始面向汽车工业生产最高质量的冷轧卷。这个雄心勃勃的目标现已顺利实现：2015年1月15日，在合同签署仅仅21个月后，成功生产出了第一个带卷(图1)。

图1： 2015年1月15日，唐钢生产出了第一个冷轧卷

图2： 从合同签字到初步验收的项目进度表。自左至右：冷轧机组区的施工；切边剪的制造厂测试；串列式冷轧机的安装；建成后的冷轧机；准备上市销售的优质冷轧卷

中国汽车工业对优质钢卷的需求持续增加。为了满足这一需求，唐钢启动了一项扩建现有冷轧和带钢处理设施的工程，开始新建第二冷轧厂。项目内容包括一套额定产能为160万t/a的酸洗冷轧联合机组(PLTCM)、一条440,000 t/a的连续镀锌线和一条750,000 t/a的连续退火线。这个冷轧厂还包括了一个新的轧辊间，另外还有一个酸再生车间，能够满足每年超过200万吨带钢的酸洗需要。

PLTCM入口的热轧卷宽700 mm – 1,620 mm，厚1.5 mm – 6.0 mm。镀锌线和退火线能够处理的带钢宽度为700 mm – 1,600 mm，厚度为0.2 mm – 2.5 mm。冷轧机采用了5机架6辊设计，配备了SmartCrown中间辊窜辊系统以控制平直度。其他平直度执行机构还包括了工作辊和中间辊弯辊系统。5号机架专门安装了分区冷却系统。为了满足先进高强钢的生产需要，每个机架都能够施加35,000 kN的轧制力。轧机的总装机功率为32,000 kW。轧机出口处的轧制线下方安装了一台卡罗塞尔卷取机。这样的布置保证了通过用5号机架之后的飞剪切割样品而对成品带钢进行在线检查。

快速而顺利的设备交付、投产、调试和达产

该项目的一个亮点是执行期很短，从合同签字到生产出第一卷只用了21个月(图2)。从项目前期到项目执行期过渡得很顺利，优化的设计和供货方案考虑了大比例的国内制造，为取得这一成果提供了保障。

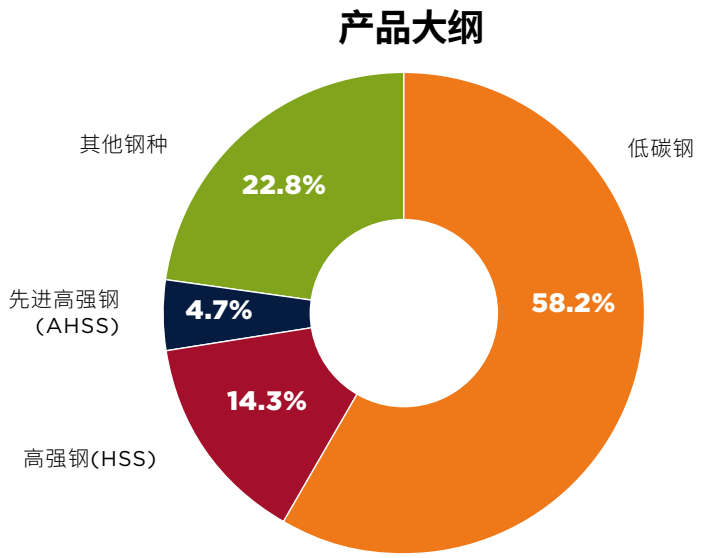


图3： 唐钢第二冷轧厂的产品大纲

普锐特冶金技术中国公司全面负责国产设备的供货，进一步加快了项目进度。运输时间大幅度缩短，对按时开始施工安装起到了至关重要的作用。而且，从项目一开始就同客户展开深入的设计讨论，使关键问题都能够及早彻底解决。还有一个成功的因素是，普锐特冶金技术中国公司全程参与项目的所有阶段——从设计和制造直到设备投产和调试。另外，唐钢和普锐特冶金技术双方技术人员的密切合作，保证了从一开始就执行中国制造标准，因而无需进行图纸转化。

为了确保设备制造的高质量，普锐特冶金技术的中国和欧洲团队联合执行了监制，最终检验时还有客户一道参加。为了达到自动化系统的严格要求，先进的电气和自动化方案都在普锐特冶金技术德国Erlangen进行的集成测试中得到全面的预测试，而唐钢项目团队同样参加了这项工作。唐钢还对安装公司的工作进行了监督，保证了紧凑的时间表得到严格执行。

最终安装阶段的出色协调使项目顺利进入冷调试阶段。所有上述因素都对2015年1月15日第一个质量合格带卷的成功轧制起到了决定性作用。生产出第一卷后，唐钢和普锐特冶金技术紧锣密鼓地进行了调试，使轧机稳步增产，很快就达到了额定产能。在轧制第一卷后仅仅14天，生产能力就提高到了300 t/h和以上。在短短6个月的时间内，在市场上售出的带卷数量就超过了13,000个。在性能考核成功结束后，客户于2015年9月签发了初步验收证书(PAC)。

优质的产品

新建第二冷轧厂投产伊始，就为满足市场需求而重点拓展产品大纲。除了高质量的普通产品，日常生产计划中还包括了无间隙原子(IF)钢和先进高强钢(AHSS)。在这样的情况下，持续优化产品质量参数，就成为了唐钢技术人员和操作人员及普锐特冶金技术共同的工作重点。薄规格产品的轧制也是关注重点之一。到目前为止，出口厚度0.2 mm的产品已经轧制成功。不过，客户宣布的目标是轧制出厚度为0.18 mm的产品，这甚至低于冷轧机最小带钢厚度的设计值。

展望未来

唐钢冷轧厂的建成是公司汽车板生产的一座里程碑。展望未来，唐钢的目标是进一步扩大产品范围，增加品种，打入特殊钢市场(图3)。因此，普锐特冶金技术专家正在研究制定拓展产品大纲必需的上游设备方案。目前，已经向唐钢提供了增加了内容的生产诀窍方案包，将使客户能够扩大产品范围和全面优化生产。

Roland Kellermayr, 冷轧销售经理

Christian Westermayer博士, 热轧和冷轧技术创新负责人

(两人均来自普锐特冶金技术奥地利)

迎接
明天的市场

湖南华菱新建汽车板酸洗冷轧联合机组

在2014年，普锐特冶金技术向中国的汽车钢生产企业华菱安赛乐米塔尔汽车板有限公司(VAMA)提供了一套酸洗冷轧联合机组(PLTCM)。该机组是中国湖南省娄底市一家新建冷轧厂的组成部分。普锐特冶金技术负责设备供货及安装和调试指导。如今，该机组正以设计指标保持运行，生产出了许多满足厚度和平直度要求的先进钢种。

包括液压、气动和安全系统等配套设施在内，PLTCM的机械和电气设备全部由普锐特冶金技术设计和供货。该机组配备的先进自动化系统包括了基础(1级)自动化、过程优化(2级)和特殊工艺模型。这些系统在整个产品大纲范围内保证了稳定的生产运行，最大设备作业率，极高的产品收得率，和出色的产品质量。项目的一大亮点是，在项目执行仅仅21个月后就开始了冷调试和热调试，随后于2014年6月3日成功轧制出第一个带卷，此时距离合同签字只有24个月。

酸洗线的特点

新PLTCM的初始年产能力设计为150万吨冷轧卷，原料为宽900 mm – 1,890 mm、厚1.8 mm – 6.0 mm的热轧带钢。入口段的一台开卷机向酸洗线连续提供带钢。酸洗线包括一台破鳞机和三个悬链式酸洗槽(图1)，并采用Faplac酸洗工艺模型自动控制酸液浓度和铁含量。酸洗后，一台转塔式切边剪执行带钢切边操作。

4机架6辊串列式冷轧机，中国VAMA

如今，该机组正以设计指标保持运行，生产出了许多满足厚度和平直度要求的先进钢种。

串列式冷轧机的特点

冷轧机目前包括四个6辊机架。通过两个独立回路提供轧制乳化液，其中，一个专门用于1 – 3号机架，另一个用于4号机架。1和2号机架还额外配备了直喷系统，能够在轧制困难钢种(比如先进高强钢AHSS)时(根据钢种需要)灵活地采用浓度更高的乳化液进行润滑。然后，带钢由一台带有两个卷筒的卡罗塞尔卷取机中的一个卷筒进行卷取。为了检查表面质量，设置了一个在线检查站和一条离线检查线。轧机的设计考虑了二期扩建，能够通过增加第二个开卷机、第四个酸洗槽和第五个机架而将产能提高到200万t/a。 »

图1： 酸洗线概貌

每个轧机机架的装机功率为7,000 kW，最大轧制力为35,000 kN，能够以很小的厚度公差指标轧制高强钢。平直度控制系统采用了SmartCrown、专用执行机构和控制器，能够极其精确地达到最终产品平直度保证值的要求。

SMARTCROWN执行机构

出色的平直度指标应当归功于SmartCrown平直度控制系统的中间辊和支承辊特殊辊形专利技术。系统在凸度和高阶板形控制方面具有明显的优点。轧辊形状系数的确定原则是，在任何窜辊位置形成的无载辊缝形状总是余弦曲线。瓶形中间辊的横向窜动保证了辊缝形状的连续渐进式调节。除了窜辊和弯辊，最后机架的分区冷却也是修正所有阶的任何残余形状缺陷的强有力执行机构。

出色的平直度指标应当归功于SmartCrown平直度控制系统的中间辊和支承辊特殊辊形专利技术。

新建PLTCM让VAMA作好了充分准备，能够在极具竞争性的市场环境中稳步发展和获取效益。

VAMA一瞥

华菱安赛乐米塔尔汽车板有限公司(VAMA)成立于2010年9月，是由安赛乐米塔尔与中国的华菱钢铁集团有限责任公司和湖南省汽车行业共同组建的一家合资企业。位于湖南省娄底市的新建冷轧厂将满足中国汽车供应商对于高强钢不断增长的需求，尤其是国产汽车项目的需要。

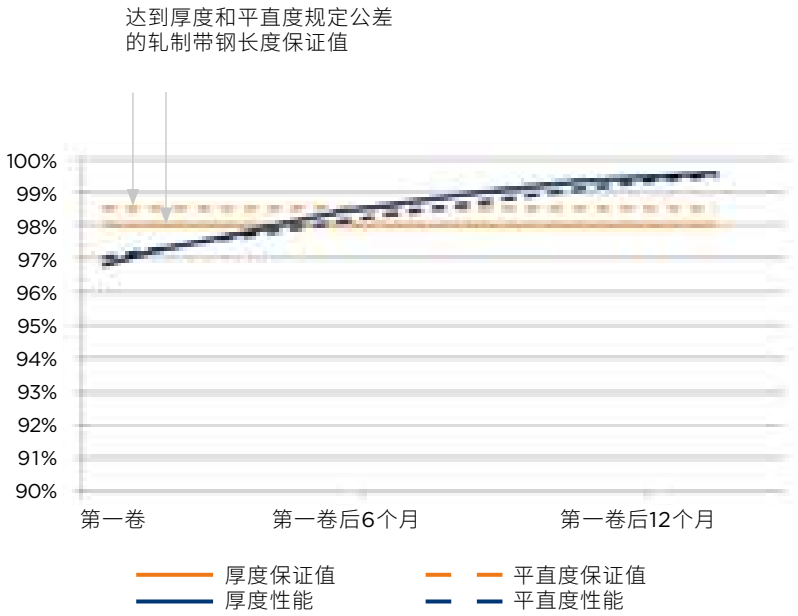


图2：轧机投产后的带钢厚度和平直度性能

生产目标

为了满足变化的市场需求，该机组能够生产许多钢种，包括低碳钢、高强钢(抗拉强度高达1,200 N/mm2)、低合金钢、无间隙原子(IF)钢、双相(DP)钢、相变诱发塑性钢(TRIP)钢和烘烤硬化(BH)钢。包括高强钢在内，所有计划生产的钢种均已按照要求的厚度和平直度公差轧制成功。目前，VAMA轧制设施正处于质量评估阶段，以使公司能够向当地汽车行业提供这些产品。

在PLTCM投产初期，就已经具备了获得出色的厚度和平直度性能结果的能力。自从第一卷轧制成功以来，轧制带钢总长度的99%以上都达到了合同规定的额定出口厚度0.5%以内的厚度公差指标，而达到5 IU平直度公差指标的带钢也超过了轧制总长度的99%。这两个参数指的都是带卷本体的长度，它们达到的平均超差总长度仅为每个带卷3 m(图2)。

迎接明天的市场

近年来，汽车工业对于加工性能出色的新钢种的需求和高强钢的产量都已大幅度增加，而且，预计这一趋势将会持续。这意味着，这些钢种在典型的冷轧产品大纲中将占到越来越大的比例。新建PLTCM让VAMA为迎接明天的市场作好了充分准备。

Martin Bergmann博士，热轧和冷轧技术创新负责人
(普锐特冶金技术奥地利)

出色的技术
出色的成果

世界首套6机架串列式冷轧机在现代钢铁成功投产

为了更多地生产抗拉强度和屈服强度越来越高的高强钢带钢，韩国现代钢铁公司建成了世界首套6机架6辊串列式冷轧机。该项目仅用23个月即已完工，先进的万能凸度控制轧机与创新性的酸洗线联机，确保了产品的出色结果。

现代钢铁公司依靠普锐特冶金技术提供的一套先进的酸洗冷轧联合机组(PLTCM)生产高强度汽车钢。该机组的特点是，采用了iBox(浸没箱)酸洗槽和6个6辊万能凸度控制轧机(UCM)机架(图1)。以入口厚度1.5 mm – 5.0 mm、宽度800 mm – 1,650 mm的带钢为原料，6机架轧机能够将高强度的汽车钢和其他钢种轧制到0.30 mm – 2.3 mm的最终厚度。在调试期间，成功地轧制出了厚度为0.8 mm的1,180 MPa汽车钢。UCM轧机技术，加上响应性出色的液压厚度控制(HYROP-F)，保证了厚度和平直度的精确控制。

这套新机组是现代钢铁公司建成的第三套PLTCM(普锐特冶金技术提供了三套机组中的两套)，能够面向汽车和建筑业每年生产180万吨优质冷轧带钢。图2示意了这套PLTCM的布置。

iBOX酸洗槽

轧机入口侧与普锐特冶金技术提供的一条采用iBox酸洗槽的酸洗线联机。iBox酸洗技术的特点是：紊流酸洗，除锈效率高，节省能源，维护少。这种独特的酸洗方案不需要像其他循环型酸洗槽那样利用泵使酸液保持连续循环，酸洗槽盖的特殊设计降低了蒸汽消耗(图3)。

现代钢铁公司主要生产高硅含量的高强钢，而提供的iBox酸洗槽避免了使用传统槽型时硅泥堵塞的问题。一般来说，传统循环型酸洗槽的外置换热器在工艺侧设有小孔，它们容易被硅泥堵塞，从而影响酸洗线的运行。采用iBox技术后，换热器沿酸洗槽侧壁安装，大大方便了酸洗槽的靠近和维修(图4)。酸洗槽内硅泥的积聚不会对酸洗线的运行造成影响，换热器易于拆下维修和清理。

图1：现代钢铁公司新建6机架串列式冷轧机的所有机架均采用万能凸度控制

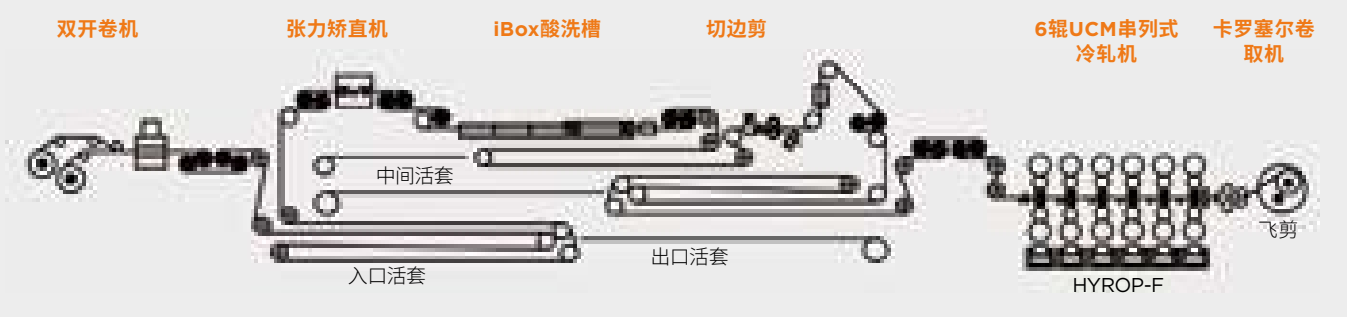


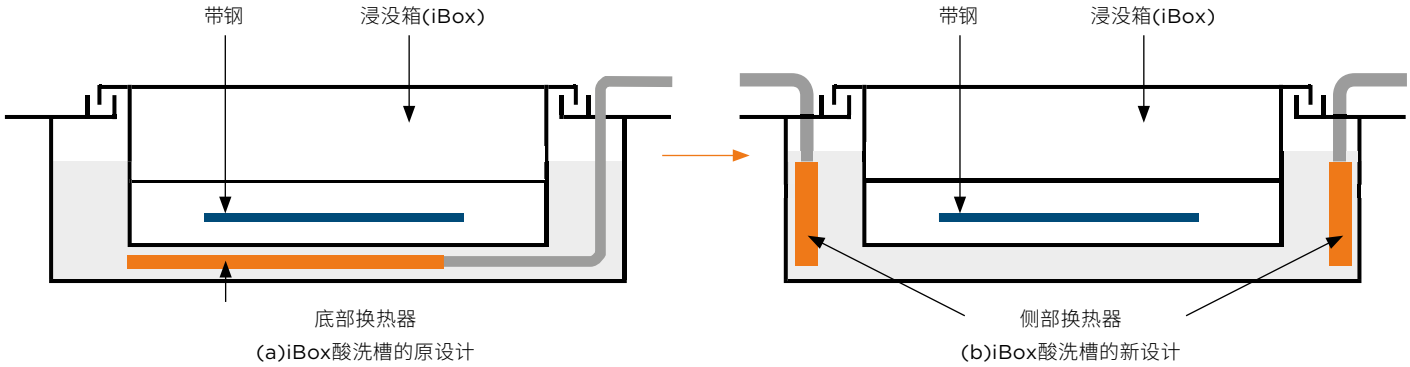
图2：现代钢铁公司新建PLTCM的布置

万能凸度控制轧机

为了满足更高强度钢种的预期市场需求，现代钢铁公司决定新建一套6机架6辊PLTCM。UCM轧机技术之所以被选中，是因为它在轧制先进钢种时具有明显的优势。根据带钢宽度的不同，中间辊轴向窜动，以防止工作辊和支承辊之间发生不希望的接触。UCM轧机方案带来了带钢形状控制性能的极大改善，保证了带钢形状的稳定性。轧机机架还具备工作辊和中间辊弯辊功能，在快速改变厚度或宽度时进一步提高了带钢形状控制水平。 »

图3： IBOX酸洗槽

图4： 采用侧面安装换热器的IBOX改进设计



UCM轧机的创新性轧辊布置方案是另一个至关重要的优点。它可以利用小直径的直工作辊(没有初始凸度)轧制所有钢种。采用直工作辊的UCM轧机在带钢形状变化时的平直度改善能力大幅度减少了堆钢以及连带的轧辊损坏和带钢断裂。带钢在剪切后也能稳定地到达卷取机。使用小直径工作辊意味着，每个轧制道次都能够达到更大的带钢厚度压下量。根据产品大纲和成品带钢的目标尺寸，有时甚至能够使需要的机架数量减少一个，从而显著降低投资成本。更换工作辊和中间辊时可以不必将带钢从轧机中移走，这对提高生产效率有重要的作用。换辊系统全自动操作，缩短了换辊时间。

图5示意了UCM轧机的功能原理。UCM轧机和最新开发成果——Hyper UCM——的其他特点和优点将在下一篇文章中介绍。

液压轧辊定位装置

厚度精度在很大程度上取决于轧辊定位装置的性能。普锐特冶金技术率先推出了液压轧辊定位装置(HYROP-F)，并将其安装在世界各地的600多个机架上。它由液压缸、强力马达阀(FMV)、响应性出色的直动式伺服阀和精度高达1微米的位置传感器组成。HYROP-F的采用使自动厚度控制更加精确，超差带钢的长度大幅度缩短，总收得率明显提高。

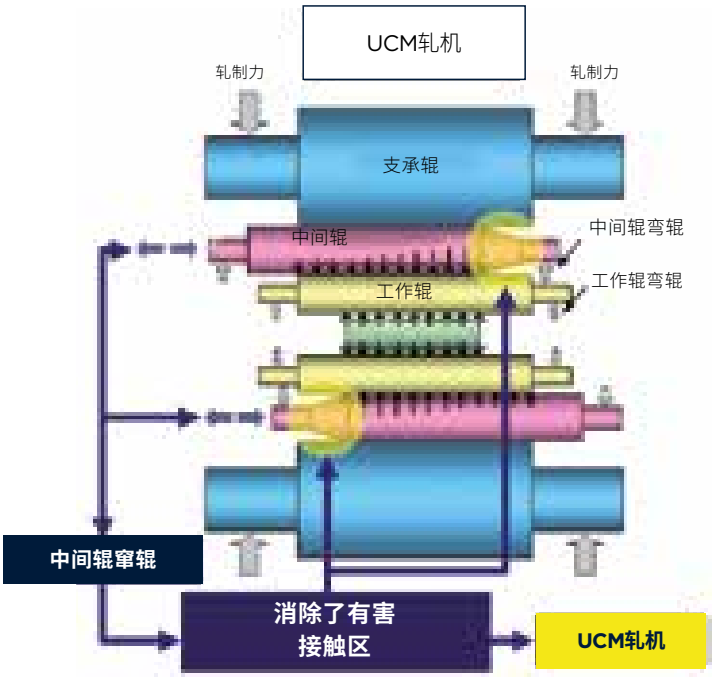


图5： UCM轧机
机架的功能原理

UCM轧机轧辊布置的优点

- 减少工作辊挠曲
- 可采用无凸度的平直工作辊
- 减小带钢凸度和边缘形状偏差
- 能够大幅度减少工作辊库存量
- 可以使用小直径工作辊
- 工作辊和中间辊弯辊效率高

仅仅用了6个月多一点的时间，新建PLTCM的产能水平就已经超过了100%，而且带钢形状和厚度均达到出色指标。

轧机出口区、带卷运输系统和检验区

轧机出口安装了一台转鼓式高速飞剪、一台皮带助卷器和一个卡罗塞尔卷取机。与双卷取机方案相比，卡罗塞尔卷取机只有一个靠近最后机架的卷取位置，对安全和高速地卷取十分有利。冷轧带钢能够连续卷取，带卷切换时不产生任何停顿。带卷运输系统由带卷车和步进梁组成。另外还有一辆运输车，用以节省向检查站运输带卷的时间。新设计的检查站能够方便地进行带钢双面的仔细检查。

令人印象深刻的项目调试

从2011年6月的合同签署到2013的轧机如期投产（热试），中间只隔了23个月。仅仅用了6个月多一点的时间，新建PLTCM的产能水平就已经超过了100%，而且带钢形状和厚度均达到出色指标。这一成就要归功于先进而成熟的技术，丰富的轧机经验，以及现代钢铁和普锐特冶金技术项目团队之间的密切合作。

Akihiro Yamamoto, 项目管理部冷轧项目处高级工程师

Kosei Tsuji, 项目管理部处理线项目处高级工程师

（两人均来自普锐特冶金技术日本）

新一代轧机机架

新型大压下量超级万能凸度控制冷轧机的特点和优点

Hyper UCM 能够以较少的轧机机架将更高强度的材料轧制到更薄规格。

普锐特冶金技术开发了一种新型万能凸度控制轧机(Hyper UCM)，其工作辊直径比普通UCM轧机减小了20% – 40%。这使冷轧工艺能够达到更大的压下量，对先进高强钢的轧制尤为重要。直径更小但转矩更大的工作辊传动轴的开发使小直径工作辊的采用成为可能。结果，在串列式冷轧机减少一个机架的前提下能够达到目标带钢厚度，意味着大幅度降低投资和维护成本。

第一套采用Hyper UCM 技术的可逆式冷轧机在中国马鞍山钢铁公司投入运行

汽车工业对于高强钢(HSS)的需求持续增加。

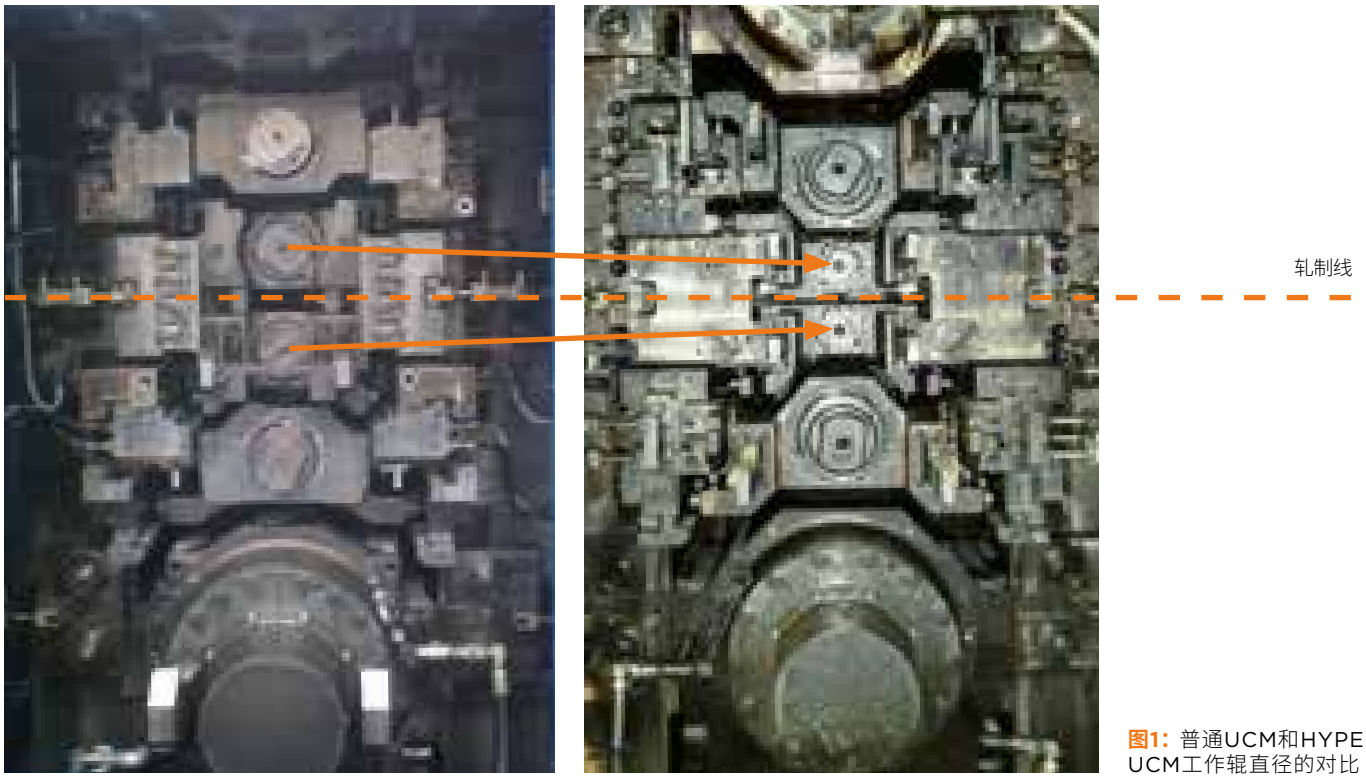


图1： 普通UCM和HYPER UCM工作辊直径的对比

汽车工业对于高强钢(HSS)的需求持续增加。薄规格材料的使用不仅提高了燃油经济性，汽车抗撞击能力和乘客安全性也能够提高。同时，为了满足日益严格的排放规定，高效电机需要的优质硅钢片的需求量也越来越大。

高强钢通常采用工作辊直径在420 mm – 630 mm之间的4辊或6辊串列式冷轧机(TCM)轧制，980 MPa以上高强钢的轧制更是需要对TCM进行增加一个机架的扩建。不过，对于高达1,500 MPa的先进高强钢(AHSS)的需求几乎不可能通过简单地增加机架数量而得到满足，需要采用能够降低轧制力的小直径工作辊才能解决问题。

高质量硅钢片通常采用多辊可逆式轧机(ZR轧机)生产。不过，人们已在TCM上进行过电工钢的试生产，目的是提高产能。为了能够在TCM上使用小直径工作辊，普锐特冶金技术进行了一项研究，比较了串列式冷轧机工作辊直径同压下率、形状控制能力和赫兹应力之间的关系。

普通UCM

小直径工作辊挠曲的主要原因是带钢宽度以外部分与支承辊的接触。由此造成的工作辊挠曲使得带钢难以保证必要的平直度。

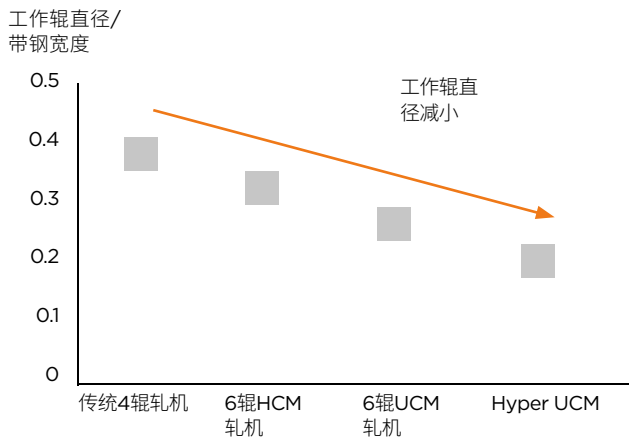


图2： 传统4辊轧机、高凸度控制轧机(HCM)、万能凸度控制轧机(UCM)和HYPER UCM工作辊直径的对比

图3： HYPER UCM的新型大扭矩传动轴

对于传统的1,828 mm(72英寸)宽4辊轧机，工作辊直径与带钢最大宽度之比在0.33左右。对于6辊UCM，通过根据带钢宽度增加中间辊轴向窜辊而将这一比值减小到大约0.25。这样就减小了带钢宽度以外的工作辊挠曲，还能够最大限度发挥工作辊和中间辊弯辊的作用(参见上一篇文章的图5)。

UCM轧机的重要特点包括：

- 所有工作辊均为平辊，减少了轧辊库存
- 使用小直径工作辊能够达到更大的压下率
- 在轧制力变化的情况下能够保持带钢形状稳定
- 能够提高带钢形状控制能力
- 因减小了边降而能够提高材料收得率

Hyper UCM

如果使用直径更小的工作辊，使工作辊直径与带钢最大宽度之比减小到0.25以下，那么，由于更细工作辊需要的直径更小的传动轴强度不够，普通UCM轧机就必须采用带传动的中间辊。但是，中间辊传动有两大缺点，即：1)工作辊和中间辊之间打滑；2)作用在工作辊上的切向驱动力引起水平方向上的挠曲，导致带钢平直度恶化。

一项关于轧辊直径最佳组合的研究表明，在带钢最大宽度约为1,500 mm – 1,900 mm时，UCM轧机在工作辊直径在300 mm – 400 mm范围内变化时能够达到最大带钢压下率。因此，1,828 mm(72英寸)宽UCM轧机工作辊直径与带钢最大宽度之比应在0.16 – 0.21之间，这意味着工作辊直径减小20% – 40%(图1和2)。

所以，由于直径更小，需要强度更高的传动轴。通过优化设计，传动轴的结构和材质都得到改进，使其强度大幅度提高，能够传递比传统的万向节式传动轴高出2.7倍的大扭矩(图3)。

这种新一代UCM被称作Hyper UCM，工作辊直径为340 mm。与之相比，普通UCM的直径为475 mm。当采用5机架普通UCM轧机时，如果从1号机架开始的轧制力都要限制在允许范围内的话，5号机架的轧制力最终将会超过最大极限值。这会导致带钢无法成功轧制到期望厚度，必须安装第6个机架才能将轧制力保持在极限范围内。与之形成对照的是，Hyper UCM能够用5个机架轧制到期望厚度，同时轧制力仍然保持在限度内。

光明的未来

作为总结，Hyper UCM 能够以较少的轧机机架将更高强度的材料轧制到更薄规格。这意味着大幅度降低串列式冷轧机的投资和维护成本。对于可逆式轧机，减少达到期望的最终带钢厚度必需的轧制道次数能够提高产能。

第一套采用Hyper UCM技术的单机架可逆式冷轧机已于2013年在中国马鞍山钢铁公司(马钢)投入运行，用以轧制厚度为0.35 mm – 0.65 mm、宽度为800 mm – 1,280 mm的硅钢产品。

Hajime Higuchi, 经理，普锐特冶金技术日本

Shinichi Yasunari, 总经理，普锐特冶金技术日本

Ichiro Maeno, 高级副总裁兼下游技术主管，普锐特冶金技术英国

交叉缝焊机(CSW)
安装在日本广岛普锐特冶金技术冷连轧测试设施内的CSW试验设备

高收得率
高效益

交叉缝焊机和一种创新性冷轧方法介绍

每年，可逆式冷轧机上都有数以千吨计质量出色的带钢作为废料被切掉。一种新型焊接方案，即交叉缝焊机(CSW)，和一种创新性轧制方法，能够减少废料量，使轧机收得率提高6%以上。日本JFE钢铁公司已经率先订购了第一批CSW。

交叉缝焊机(CSW)和一种创新性轧制方法能够减少废料量，使轧机收得率提高6%以上。

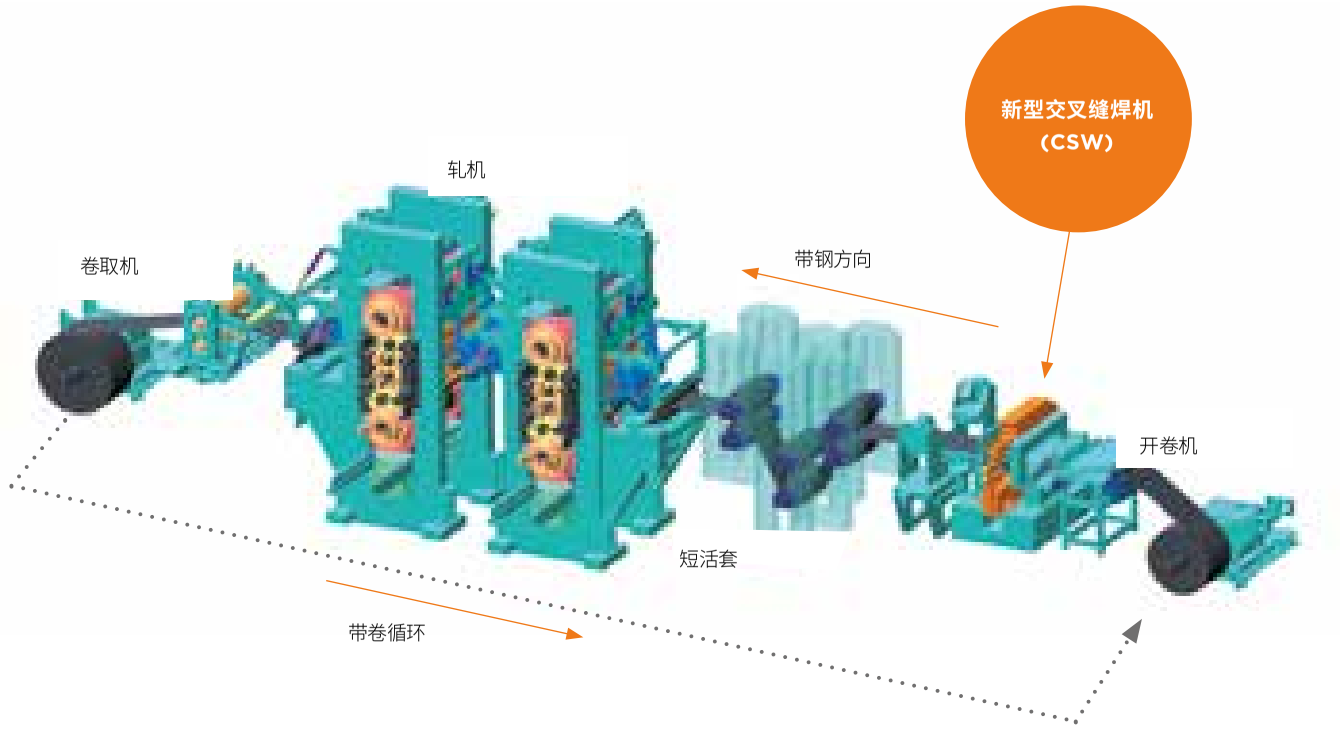


图1： 连续单向轧制原理

600,000 t/a – 800,000 t/a之间的冷轧生产通常采用一套双机架可逆式冷轧机(2RCM)或两套单机架可逆式冷轧机(RCMs)的配置。这样的生产工艺连续轧制到最后道次，而带钢头尾两端始终卷取在卷筒上。带钢两端未被轧制的部分被切除报废。2RCM产生的头尾废料量一般约占总产量的6.5%，而两套RCM的废料量在2.5%左右。

为了提高可逆式冷轧机带钢轧制的总收得率，普锐特冶金技术工程师开发了一种采用连续单向轧制的新型冷轧系统。每轧完一个道次后，带卷均返回开卷机处接受下一个道次的轧制，直至达到预定带钢厚度(图1)。这种系统能够将废料量减少到仅仅0.3%，意味着2RCM的收得率提高幅度超过了6%。连续单向轧制的主要特点是带卷循环，带卷接合，超低速轧制，新型交叉缝焊机(CSW)能够接合厚达6.5 mm的带钢。

CSW焊机介绍

CSW焊机类似于传统的窄搭接焊机(MSW)，也属于电阻焊。图2示意了CSW焊接原理。采用这种焊接方法时，前一个带卷的尾端和下一个带卷的头端均被夹钳固定，用一台双切剪(图中未标)同时切掉，然后将切割端搭接(图2中的A视图)。搭接部分被电极滚轮压紧后通电，电阻产生的热量使搭接段接合在一起。焊机沿带钢宽度方向移动，并在移动过程中完成焊接。 »

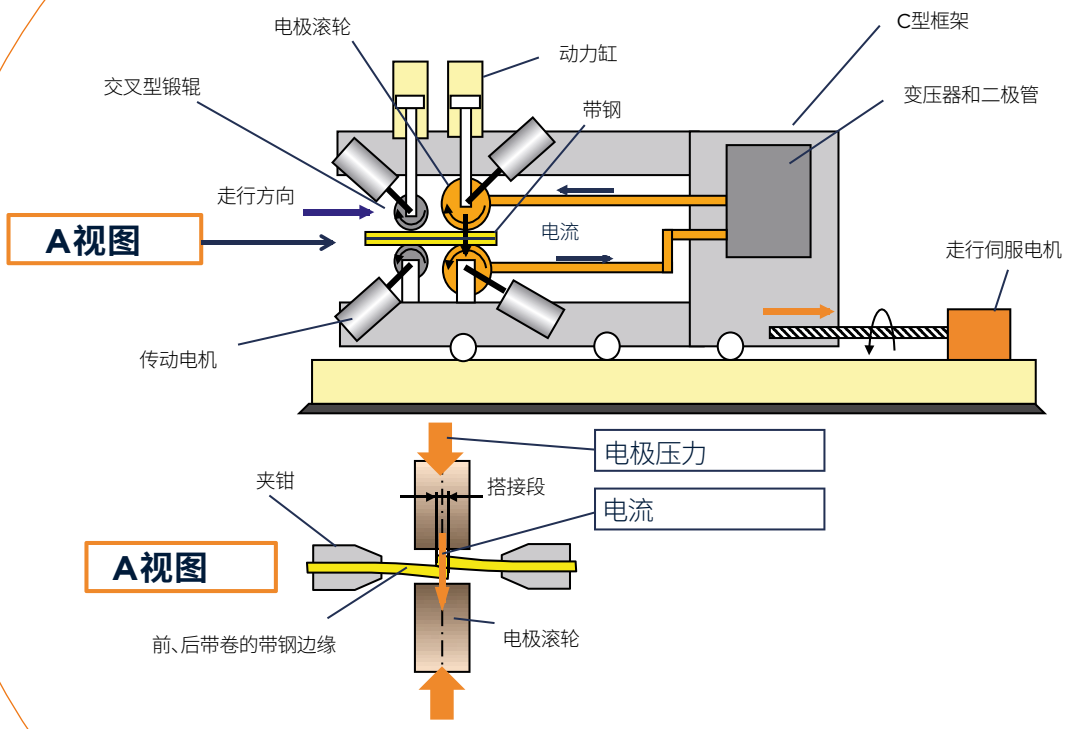
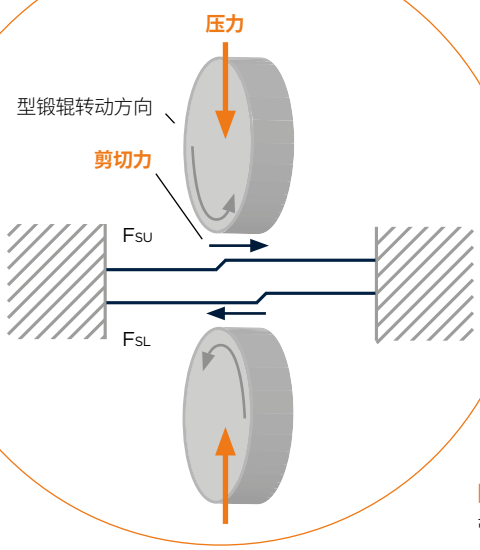


图2：交叉缝焊机的原理



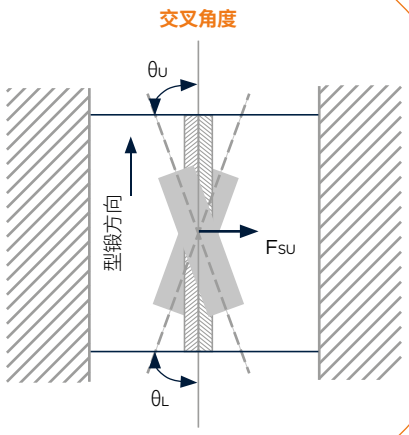


图3A和3B：
带钢焊缝交叉型锻原理

与CSW相比，传统窄搭接焊机有两个主要缺点：一个是焊接厚度有限，最多4.5 mm；另一个是焊后焊缝处有台阶。CSW则通过采用一种称为交叉型锻的技术和施加更大的电流解决了这些问题(图3a和3b)。后者使焊接部位软化，从而更容易在高温下使焊缝较厚部分变形。因此，CSW能够达到完全没有台阶的接合效果，非常适合于冷轧工艺(图4a – 4c)。大电流的采用使得能够焊接的带钢厚度达到6.5 mm左右(图5a – 5c)。另外，由于CSW的设计在很大程度上是以MSW为基础，因而还具有成本低和结构紧凑等其他优点。

CSW的其他应用可能性

除了适用于可逆式冷轧机，CSW还能用于酸洗线。普锐特冶金技术工程师进一步拓展了CSM的可能应用范围，将其推广到串列式冷轧机。在传统工艺中，热轧带卷被送到酸洗线，以在冷轧前去除氧化皮。在进入酸洗线之前，用焊机将带钢接合在一起，以实现连续酸洗。几十年来，许多厂一直使用闪光对焊机。不过，这类焊机一般体积大，价格高，因而不太适合于中小型企业使用。闪光对焊机的另一个缺点是不能焊接市场需求稳步增长的高抗拉强度钢种(HSS)和其他先进钢种。因此，现有酸洗冷轧联合机组中的闪光对焊机迟早会被淘汰。如果普锐特冶金技术正在进行的HSS和特殊钢焊接试验最终获得成功，那么，新型CSW也许会成为满足钢铁企业未来焊接需要的选择。

CSW的优点和第一个工业项目

普锐特冶金技术的新型交叉缝焊机为生产企业酸洗冷轧联合机组上使用的闪光对焊机和激光焊机带来了一种大幅度节省投资成本的可选替代方案。除了能够焊接厚带钢(达到6.5 mm)，CSW能够焊接的钢种类型也更多。在可逆式冷轧机上，新开发的连续轧制工艺和CSW的结合能够让客户从数千吨避免被浪费的产品中获得明显收益。

CSM的第一份订单来自日本JFE钢铁公司位于日本西部的仓敷厂。这台CSM安装在该厂的1号连续酸洗线上，并已于2015年4月投入运行。第二台CSM的订单来自JFE位于日本东部的千叶厂，将安装在该厂的5号连续酸洗线上，计划于2016年4月投入运行。●

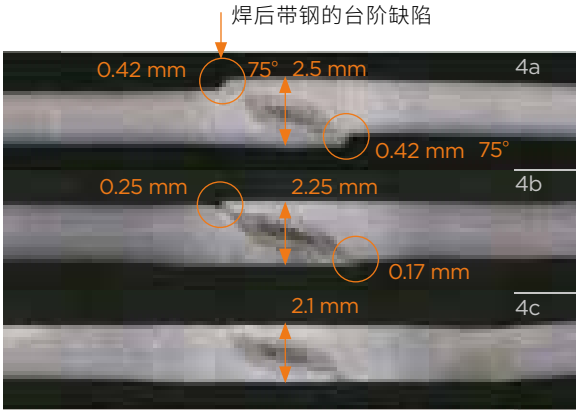


图4A – 4C：2 MM厚带钢焊接交叉碾压的效果：
4A：焊后带钢横截面的宏观结构
4B：焊接后碾压辊立刻互成0度角轴向转动的结果
4C：焊接后碾压辊立刻互成3度角轴向转动的结果

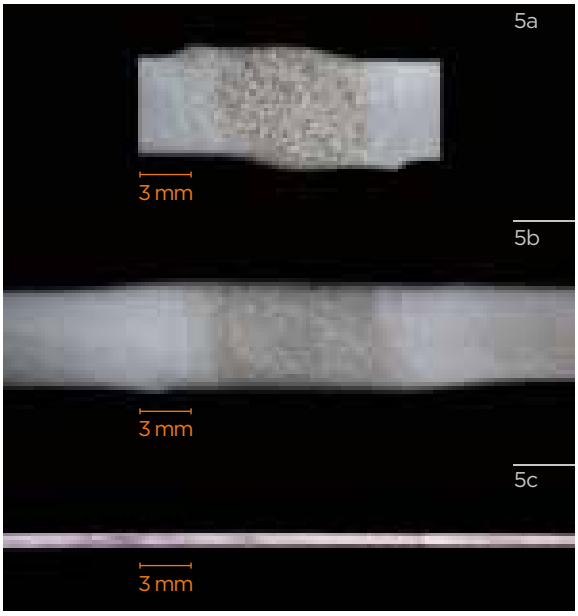


图5A – 5C：将带有交叉型锻焊缝的6.0 MM厚带钢轧制到1.0 MM最终厚度的结果：
5A：焊后带钢横截面的宏观结构
5B：带有交叉碾压焊缝的带钢横截面的宏观结构
5C：轧制到1.0 MM后的带有交叉碾压焊缝的带钢

Noriaki Tominaga, 技术开发部总经理

Hisayoshi Ishii, 设备设计部经理

(两人均来自普锐特冶金技术日本)

这是您产品遇到的问题么?

铝热轧产品表面质量的改善方案

市场对于铝板带，尤其是表面无划伤或污染的产品需求量持续增加。普锐特冶金技术提供针对铝热轧机典型问题的实用性创新方案，能够达到近乎完美的表面质量。

以浇铸并经过铣面的厚铝板坯为原料，铝在300°C – 550°C温度下由单机架热粗轧机或厚板轧机轧制成中间坯，然后再轧制成铝卷和铝板。热轧机前后的辊道被用来支承产品，最佳效果是在热轧过程中的任何时间都不使下表面损坏、划伤或污染。一般来说，铝板坯只使用双锥度或组合锥度实心辊、双锥度管状辊或斜向圆柱辊支承边缘。图1示意了这种方案的原理。锥度角通常在1.30° – 3.60°之间，具体同最终产品的厚度、宽度和在高温下的强度有关。对于铝板产品，习惯上采用较小的角度，以尽量减小实心辊沿辊身长度方向圆周速度的差别，因为很薄或很宽的铝板肯定无法支承住自身的重量。对于铝带产品，由于任何底部印痕都会导致材料报废，所以往往采用较大的角度。不过，中间坯的最小厚度也受到限制——其值取决于宽度——目的是保证产品不会过度下垂，以免中间或边缘内侧与辊面接触(图2)。

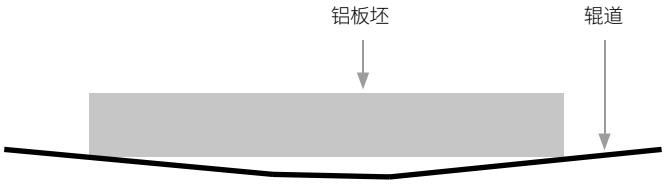


图1： 铝板坯只在边缘处得到支承，以防止表面损坏、划伤或污染

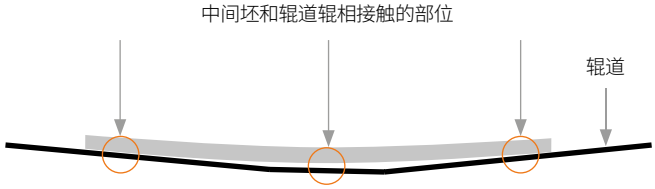


图2： 中间坯下垂引起与辊面接触，导致表面产生印痕

利用模拟手段减少与辊面的接触

在执行新建和改造项目时，普锐特冶金技术都会针对拟轧制的产品范围计算最佳锥度角。不过，在轧机的使用寿命期间，被轧制的产品将会变化，最初设计的角度可能无法满足将来的产品需要。保持产品对中的导向力也会增加产品变形，其影响也根据设定导向力和导向板长度进行计算。产品头部与辊道辊的碰撞也增大了产品下表面与辊面接触的风险。普锐特冶金技术采用有限元模拟来确定这种碰撞的影响，在计算中要根据速度的不同而考虑一个适当的安全系数(1.5 – 2)。另外，由于温度较高，材料蠕变使产品下垂幅度增大，尤其是在长中间坯的末端。这种蠕变的影响还需要进一步研究，因为目前只是采用安全系数来减少与辊面的接触。

划伤和变色的铝表面特写

优化辊道辊装配设计的方案

考虑到铝板坯厚度的因素，在接近粗轧机或厚板轧机出入口侧必须使用大直径实心辊。这些辊通常采用单件锻造金属制成，因此，较大的锥度角使得辊面圆周速度相差较大。离出入口侧越远，产品变得越薄，因此可以使用锥度角较大的半宽斜向管状辊，从而消除辊面圆周速度的差别。

由于重型半宽实心圆柱辊或轻型管状辊的辊面圆周速度一致，它们显然都是最好的技术方案。不过，由于可靠性的原因，辊道辊最好采用单独传动而不是基于滚子链、齿形带或齿轮的成组传动。普锐特冶金技术开发了一种低成本方案，用一种专有连接器连接半宽辊，这样不仅能够采用较大的锥度角，而且每个全宽辊装配只要一个传动电机。

为一家客户的铝板轧机实施的表面质量改善方案

普锐特冶金技术近期执行的一个铝板轧机项目采用了小锥度角(1.30°)整体式实心辊道辊，铝板最小厚度为6 mm，最大宽度为3,800 mm。厚度在10 mm左右时，宽度为1,700 mm或以上的铝板的下垂幅度将会很大，即使在大约300°C的较低温度下也是如此。这就造成了有害的辊面接触。

通过在所有辊道辊上喷淋冷却润滑液，辊面圆周速度变化引起的划伤大幅度减少。不过，随着辊表面残留的冷却液中水分的蒸发，辊面会形成一层油状物，导致铝板下表面染上黑色，而这是最终用户无法接受的。为了避免这些黑色印记，需要用加热(60°C)的冷却液清洗辊面，以在产品通过辊道辊之前使油状物溶解。为此，普锐特冶金技术对辊道辊润滑系统进行了一些细致的改动：

1.利用专门的泵和带保温的连续回路使冷却液沿整个辊道长度保持热度，即使在辊道末端也能够达到要求的温度。

2.喷淋集管不设后续回路，加上采用自动排放阀，保证了加热的冷却液立刻从喷嘴喷出。

3.增加额外的喷嘴以保证整个辊身长度的完全覆盖/清洗；并使用较大的喷嘴以避免堵塞。

4.修改控制系统软件，以确保在铝板通过每段辊道前排空喷淋集管后再启动。

收得率、产品质量和客户满意度的提高

上述方案不仅改善了铝板和铝带产品的表面质量，而且提高了产品收得率。无划伤和污染的产品满足了最严格的表面质量要求，能够在市场上溢价销售，为客户带来更大收益。

Stuart Leflay, 铝轧制技术经理

为了优异的质量

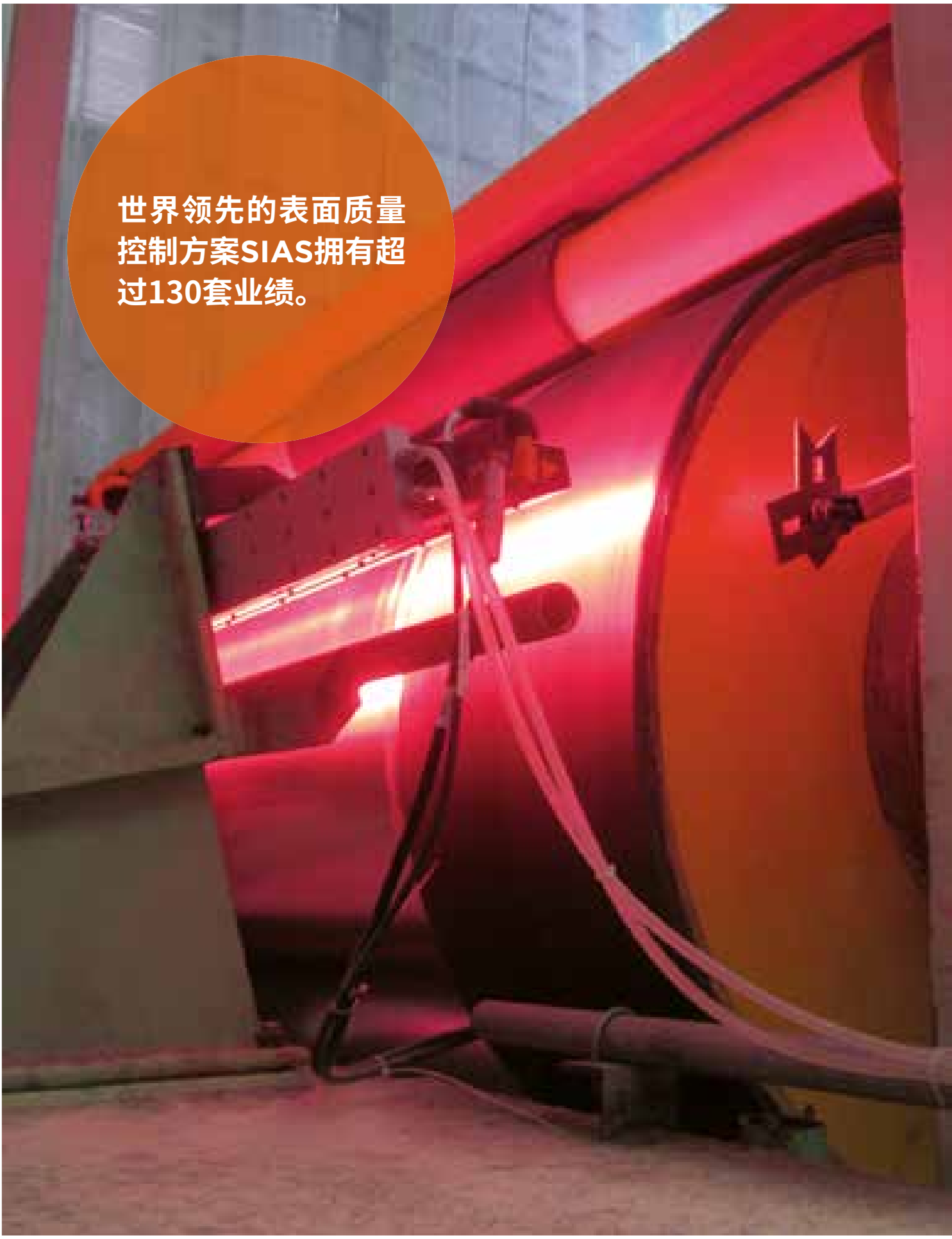
丰富多彩的带钢处理线方案

普锐特冶金技术带钢处理线以高效率和低成本而享有盛誉，能够帮助用户全面满足汽车、建筑和白色家电等行业对于高端产品的需求。公司的处理线方案包括连续式或推拉式酸洗线、连续镀锌线和其他金属涂镀线、彩涂线、连续退火线、不锈钢处理线、精整线以及质量监测专家系统。另外，普锐特冶金技术提供的冶金技能和工艺诀窍也将使客户受益，帮助它们紧跟最新产品技术趋势和市场需要。

图1： 美国密歇根州迪尔伯恩AK钢铁公司一套酸洗冷轧联合机组(PLTCM)中的IBOX酸洗槽

图2： 安装在唐钢的连续镀锌线用于生产先进高强汽车板

扁平材生产企业越来越多地被要求满足零缺陷的表面质量要求。


世界领先的表面质量
控制方案SIAS拥有超
过130套业绩。

普锐特冶金技术提供全面的集成方案，以满足对于质量、产能和成本效益不断提高的要求。

图3： 酸洗冷轧联合机组上安装的SIAS表面检验系统实例

生产企业对于改善产品质量、降低生产线能耗和减少设备维护的要求越来越高。为了满足市场对于顶级质量水平的要求，客户需要生产出表面质量出色，平直度指标优异，尺寸公差严格，机械性能稳定，镀层附着力强的带钢。

普锐特冶金技术提供全面的集成方案，以满足对于质量、产能和成本效益不断提高的要求。这些方案是长期操作和设计经验以及与世界各地领先钢铁企业密切合作的结果。另外，长期注重研究开发，也保证了新方案的推广应用，比如高效率的iBox酸洗工艺(图1)，成本优化的紧凑型热轧和冷轧带钢镀锌和退火线(图2)，气刀带集成的带钢稳定器，薄规格和厚规格激光焊机，汽车板镀锌线，SIAS自动表面检测系统(图3)，等等。以下概要介绍普锐特冶金技术带钢处理线方案：

酸洗线

普锐特冶金技术连续式和推拉式酸洗线采用模块化设计，酸洗效率高，运行成本低，高速酸洗有先进技术作保证。连续酸洗线配备了紧凑式除鳞机、先进的厚规格激光焊机、重载切边剪和碎断剪以及浅槽设计。采用iBox酸洗槽系统时酸洗线速度能够高达400 m/min，而且不需要复杂的酸液循环系统，还可以采用配有侧喷的隧道式酸洗槽。酸液浓度控制系统自动调节酸洗工艺段，在产能、质量、操作管理和运行成本各方面带来了明显优点。表1列出了最新酸洗线业绩和项目实例。 »

表1： 近期酸洗线业绩和项目(新建)一览
(VAMA = 华菱安赛乐米塔尔汽车板有限公司；PLTCM = 酸洗冷轧联合机组，CPL = 连续酸洗线)

客户	国家	项目	投产时间	产能(t/a)	最高工艺速度(m/min)	厚度(mm)	最大宽度(mm)	酸洗类型
Tosyali-Toyo	土耳其	PLTCM	2017	670,000	180	1.6–4.0	1,270	iBox
日照钢铁	中国	CPL	2015	2,000,000	400	0.8–4.0	1,600	喷射隧道式
广西钢铁	中国	PLTCM	2015	2,270,000	250	1.8–6.0	1,880	iBox
包钢稀土	中国	PLTCM	2015	2,000,000	270	2–6.0	1,880	iBox
唐钢	中国	PLTCM	2014	1,345,000	280	1.5–4.0	1,600	喷射隧道式
VAMA	中国	PLTCM	2014	1,500,000	300	1.8–6.0	1,890	浅槽
Zaporizhstal	乌克兰	CPL	2014	1,350,000	240	1.5–6.0	1,580	悬链式

对于每年大约100万吨的带钢酸洗，推拉式酸洗线在投资成本和操作灵活性方面优势明显，尤其是在需要频繁改变带钢规格和钢种的情况下。普锐特冶金技术提供设计独特的V形浅槽，提高了带钢通过酸洗槽时的稳定性。

退火和镀锌线

普锐特冶金技术提供间歇式和连续式退火线。后者采用灵活的分区炉设计，能够处理众多钢种和规格的产品。碳钢和镀锡板均可采用连续式退火线进行处理。镀锌线的主要构成包括加热炉、搭接焊或激光焊机、清洗段、气刀、光整机和张力矫直机、切边剪和碎断剪、飞剪、辊涂机、静电涂油机以及SIAS自动表面检验系统。连续式处理线的特点是产量大，收得率高，节能效果好，能够生产满足高端应用需要的优质产品。

热轧和冷轧带钢都有定制型热镀锌方案(图4)。面向汽车板、外板、白色家电和建筑等应用生产的一流材料能够满足最为严格的市场要求。所有类型的镀层均可涂覆，比如纯锌、锌铁合金(ZnFe)、锌铝合金(Zn95 Al和Al55Zn)和铝(AlSi或Al)等仅举几例，从而达到保护带钢的各种要求。表2列出了最新退火和镀锌线业绩和项目实例。 »

面向汽车板、外板、白色家电和建筑等应用生产的一流材料能够满足最为严格的市场要求。

图4：日本新日铁住友金属公司(原住友金属工业公司)三号连续镀锌线

客户	国家	项目	投产时间	产能(t/a)	最高工艺速度(m/min)	厚度(mm)	宽度范围
Erdemir	土耳其	CGL No. 2	2018	350,000	150	0.4–2.0	700–1,900
唐钢	中国	CGL No. 5 CGL No. 6	2017 2017	250,000 400,000	180	0.18–1.5 0.5–3.0	850–1,300 850–1,600
Tosyali-Toyo	土耳其	CAL	2017	240,000	500	0.16–0.8	1,270
JFE钢铁公司	印尼	CGL	2015	460,000	180	0.4–2.3	1,880
攀钢	中国	CGL	2015	450,000	160	0.5–3.0	1,650
唐钢	中国	CGL No. 4	2015	420,000	180	0.2–2.5	1,600
唐钢	中国	CAL	2014	976,000	420	0.2–2.5	1,600

表2：近期镀锌和退火线业绩和项目(新建)一览 (CGL = 连续镀锌线，CAL = 连续退火线)

不锈钢轧制、退火和酸洗线

普锐特冶金技术不锈钢处理线将传统上分离的轧制、清洗、退火、酸洗、光整和矫直工艺组合到一条集成工艺线中。热轧后的不锈钢带钢先经过退火和酸洗，然后用20辊可逆式冷轧机，或者6辊或18辊串列式冷轧机进行冷轧。冷轧带钢再送回退火和酸洗段处理并光整。对于最薄的规格，必须进行二次轧制。表3列举了普锐特冶金技术提供的下游处理线组合，表4则给出了不锈钢组合处理线的最新业绩。

另外，提供的这些处理线均配备连续工艺所需的所有设备，比如激光焊机、水平活套、切边剪和碎断剪、飞剪及SIAS自动表面检验系统。

冷轧段：近年来被普锐特冶金技术改进后以Power X-HI Mill的名称推出的18辊机架方案，在很多方面都有独特之处。由于不锈钢具有明显的加工硬化现象，需要采用小直径工作辊以达到必要的压下量。该技术增加了侧向支承辊，以确保轧制的稳定性和可控性。中间辊的窜辊和正、负弯辊使带钢形状能够得到精确的控制。轧机配备了工作辊和中间辊自动换辊车，因而能够在工艺段运行过程中完成换辊操作。

清洗段：带钢表面质量是不锈钢扁平材的一个关键指标，因此，进入退火炉前或离开冷轧机后的带钢清洁度至关重要。性能可靠的在线脱脂段保证了带钢清洁度达到要求，为提高产品质量奠定了基础。

退火和酸洗段：加工硬化的带钢需要退火和去除表面氧化皮。隧道式炉和酸洗段承担了这些任务。对于热轧带钢，普锐特冶金技术还提供喷丸和除鳞设备，它们安装在退火炉和酸洗段之间，用以去除氧化皮。图5展示了普锐特冶金技术提供的一条不锈钢退火酸洗组合线。 »

图5：普锐特冶金技术不锈钢退火酸洗线实例，中国四川省广汉市天成不锈钢制品有限公司

处理线类型	冷轧	清洗	退火	酸洗	光整	张力矫直
热带退火酸洗线(HAPL)		✓	✓	✓		
直接轧制退火酸洗线(DRAP)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
串列式冷连轧机(CTCM)	✓	✓				
冷轧退火酸洗线(CAPL)		✓	✓	✓	✓	✓

表3：普锐特冶金技术不锈钢处理线的可能组合

表4：近期不锈钢组合处理线业绩一览（TCSS = 天成不锈钢制品有限公司，JISCO = 酒泉钢铁(集团)有限责任公司）

客户	国家	项目	投产时间	产能(t/a)	最高工艺速度(m/min)	厚度(mm)	最大宽度(mm)
北海诚德不锈钢有限公司	中国	CTCM	2015	600,000	400	1–5	1,250
宝钢福建德盛镍业有限公司	中国	DRAP	2014	372,000	125	2–5	1,250
TCSS	中国	CAPL	2013	250,000	100	0.3–3	1,300
JISCO	中国	CAPL	2012	500,000	160	0.3–4	1,600

图6：一条连续酸洗线上安装的SIAS系统

现在，PropertyMon系统使镀锌线和连续退火线在线确定带钢机械性能成为可能。

专家系统、冶金技能和工艺诀窍

作为带钢处理线技术领域的一家市场领先者，普锐特冶金技术不仅以工厂建设和设备制造而闻名，还是设备质量监测和生产开发方面的一家公认的可靠合作伙伴。公司的技术方案应用了许多专家系统，能够连续监测设备运行状态和产品质量。

工艺质量控制

钢铁工业依靠工艺控制而在改善产品质量方面取得了巨大进步。处理线配备了越来越多的传感器和测量仪表，采集了大量需要分析的数据。为了对设备日常运行和工艺诀窍管理提供支持，普锐特冶金技术开发了先进的软件。比如TCOptimizer和TPQC(跨工艺质量控制系统)。

这些工具从处理线的所有部分和上游工艺(如果需要还有外部实验室)采集数据和信号。利用多源数据相关模型和业务管理规则，所有相关数据被转换成生产事件和实时报警。这样，处理线主管人员或操作人员就能立刻采取针对性修正措施。系统还拥有持续性知识管理功能，能够有效地记录解决问题的最佳措施和方案。所有数据都能方便地输出，以进一步用于材料开发，或者交给普锐特冶金技术冶金专家以直接获得帮助。表5给出了普锐特冶金技术TCOptimizer系统的业绩。

SIAS自动表面检验系统

扁平材生产企业越来越多地被要求满足零缺陷的表面质量要求(图6)。依靠单相机检验和先进的第三代LED照明系统，SIAS在线表面质量控制系统能够在所有扁平材轧制和处理设备上检测带钢表面的所有可见缺陷并自动进行分类和评级。

在带钢处理线上进行表面检验，既能发现上游(来料)缺陷，也能发现工艺本身产生的缺陷。它不仅执行最终产品的质量控制，还能优化工艺参数和生产制度以减少缺陷的发生。世界领先的表面质量控制方案SIAS拥有超过130套业绩。

客户	国家	投产时间	设备类型	技术数据
唐钢	中国	2015	连续镀锌线 连续退火线	生产能力:420,000 t/a 工艺速度:180 m/min 钢种:CQ, DQ, DDQ, EDDQ, SEDDQ, BH, HSS, DP, TRIP 生产能力:750,000 t/a 工艺速度:420 m/min 钢种:CQ, DQ, DDQ, EDDQ, SEDDQ, BH, HSS, DP, TRIP, MS
宝钢德盛,罗源	中国	2015	直接轧制退火酸洗线	生产能力:372,000 t/a 工艺速度:125 m/min 钢种:热轧退火和酸洗不锈钢
新余钢铁集团有限公司	中国	2011	连续退火线	生产能力:735,000 t/a 工艺速:420 m/min 钢种:CQ, DQ, DDQ, EDDQ, SEDDQ, HSS, DP, TRIP
天津天铁冶金集团(TTMG)	中国	2010	连续退火线	生产能力:730,000 t/a 工艺速度:420 m/min 钢种:CQ, DQ, DDQ, EDDQ, SEDDQ, HSS, DP, TRIP

表5: 普锐特冶金技术TCOPTIMIZER系统业绩(CQ = 普通钢,DQ = 冲压钢,DDQ = 深冲钢,EDDQ = 超深冲钢,SEDDQ = 特级超深冲钢,BH = 烘烤硬化钢,HSS = 高强钢,DP = 双相钢,TRIP = 相变诱发塑性钢,MS = 马氏体钢)

状态监测

状态监测是对一系列设备的运行状况进行持续检查。普锐特冶金技术状态监测系统(CMS)极大地改进了设备和系统的监测、优化和管理。自2012年以来,公司提供的激光焊机和切边剪都安装了CMS,以优化设备运行,准确安排维修计划,防止故障停产。CMS也可以在改造项目中安装。

带钢机械性能在线测量

现在,PropertyMon系统使镀锌线和连续退火线在线确定带钢机械性能成为可能。通过非接触式无损测量电磁参数,能够沿整个带钢长度计算出磁学性能、抗拉强度和屈服强度。

冶金支持

为了生产先进钢种,比如先进高强钢(AHSS),一般都需要沿整个价值链对各生产环节进行改进。举例来说,普锐特冶金技术近期建设的处理线在设计上都考虑了处理DP1200钢的能力。除了设备参数和规格必须达到特定的要求,这种新一代材料的生产还必须解决其他方面的问题,比如上游工艺的严格监测,预氧化阶段的加热炉控制,和快速冷却系统的要求。所有这些因素都对最终产品的质量有重要的影响。

为了帮助客户开发新型先进钢种,普锐特冶金技术提供需要的技术方案和服务,包括冶金诀窍支持,用于生产测试的移动式表面检验系统,用于轧制、矫直、退火和镀锌工艺开发的物理模拟器,以及冶金模拟工具和模型。提供这些服务的都是公司自己的专家。

设备改造

普锐特冶金技术拥有极其丰富的处理线升级改造经验。设备改造的目标可能包括:

- 降低运行成本(能源,维修,耗材,人力)
- 提高产品质量(厚度,平直度,表面)和生产能力
- 拓展产品大纲(钢种和尺寸范围)
- 以提高方便性和安全性为重点改进操作和维护。 »

采用iBox酸洗槽系统时酸洗线速度能够高达400 m/min。

图7： 升级改造后的酸洗线，塔塔钢铁公司荷兰IJMUIDEN厂
(照片由塔塔钢铁公司IJMUIDEN厂提供)

普锐特冶金技术与客户和合作伙伴一道，坚持重点开发未来型方案。

表6： 近期酸洗线改造业绩和项目一览
(CPL = 连续酸洗线；PLTCM = 酸洗冷轧联合机组)

客户	国家	项目	投产时间	最高工艺速度(m/min)	厚度(mm)	最大宽度(mm)	改造内容
JFE钢铁公司	日本	CPL改造	2016	200	1.2-5.5	1,765	酸洗槽更换为聚丙烯浅槽
阿赛洛米塔尔	西班牙	CPL改造	2015	-	-	-	增加产能，升级入口和活套段
美国钢铁公司	美国	CPL改造	2015	250	1.52-6.35	1,880	酸洗槽改为ibox技术
新日铁	日本	CPL改造	2014	220	-	1,450	-
日新制钢	日本	PLTCM改造	2014	360	1.8-6.0	1,320	酸洗槽改为ibox技术

酸洗线的改进就是普锐特冶金技术升级改造能力的代表性例子。几乎所有酸洗线在处理高抗拉强度钢时都会遇到酸洗槽损耗问题。在硅钢生产中，硅(Si)泥往往会堵塞喷嘴、管道和换热器，工作条件经常需要改善。普锐特冶金技术iBox酸洗技术解决了这些问题。该技术开发于1990年，帮助有效地提高了酸洗产能，减少了硅泥堵塞，降低了能源、酸液和蒸汽需要。该方案还简化了维修工作。本期的另一篇文章提供了更多关于iBox酸洗技术的资料。

普锐特冶金技术一向同客户密切合作，根据具体需要而定制改造方案。所有相关条件都得到考虑。而且，公司丰富的改造经验保证了尽可能缩短停产时间以及快速增产和达到目标产品质量。图7展示了塔塔钢铁公司Ijmuiden厂升级改造后的酸洗线，表6列出了普锐特冶金技术近期酸洗线改造项目。

质量承诺

带钢处理线对于满足高端应用的严格质量要求起着决定性作用。不过，现有的处理线方案难以满足将来的产品性能、质量、成本和设备可靠性的要求。因此，普锐特冶金技术与客户和合作伙伴一道，坚持重点开发未来型方案，以帮助生产企业实现它们未来的生产和市场目标。●

Alain Challaye, 技术总监[1)]
Gaël Imbert, 技术销售部主管[1)]
Yoichi Kai, 处理线产品管理专家[2)]
Masao Tambara, 处理线项目部总经理[3)]
[1)]普锐特冶金技术法国
[2)]普锐特冶金技术英国
[3)]普锐特冶金技术日本

引领优质钢的潮流

高等级汽车钢处理线

在技术驱动型汽车钢市场中，普锐特冶金技术位居新建和改造带钢处理线领先供应商前列。这些处理线为满足众多应用需要而设计，采用了最先进的技术和系统。本文重点介绍一些面向未来的带钢处理线方案。

图1：生产汽车用先进高强钢(AHSS)的先进镀锌线示意图

图2和3：普锐特冶金技术法国MONTBRISON制造厂准备发货的光整机和张力矫直机

产品质量是新建高端汽车钢生产厂的重要性能因素，尤其是对于汽车外板用钢。为了达到最高带钢质量，生产新钢种，和降低运行成本，普锐特冶金技术提供许多先进的带钢处理线方案(图1)，包括固态激光焊机、隧道式酸洗槽、光整机、张力矫直机、切边剪和新一代表面检验系统。全局质量和工艺监测软件将所有这些方案串联在一起，并提供实时报警和根源分析。

为了出色的带钢平直度、粗糙度和延伸率

自动延伸率设备保证了带钢不仅在工艺最后，而且在中间环节都达到平直度要求。举例来说，在酸洗前，除鳞机被用来从带钢表面去除氧化皮并改善带钢板形。带钢平直度最终决定于处理线出口段，先进的光整机和张力矫直机在这里发挥着作用(图2和3)。

除了控制粗糙度和屈服平台(YPE)的传统功能，光整机还是确保汽车用带钢达到最高表面质量的必需设备。因此，它们的设计通常采用湿法工艺，以降低轧制摩擦和减少沾污。除了光整机出口的清洗和带钢干燥机，一般还安装工作辊和支承辊高压冲洗系统，以达到最佳表面质量。

普锐特冶金技术张力矫直机的精确控制保证了光整机施加的带钢表面粗糙度不受影响。如今的新一代张力矫直机适用于先进高强钢(AHSS)。这些矫直机的特点是张力和载荷大，而且矫直辊的布置保证了最大限度减小残余应力。

为了出色的酸洗表面质量

为了满足如今最为严格的表面质量要求，包括对于汽车面板的要求，普锐特冶金技术在近期开发了一种高速酸洗工艺，能够确保生产出表面无划痕和无污渍的高清洁度带钢。 »

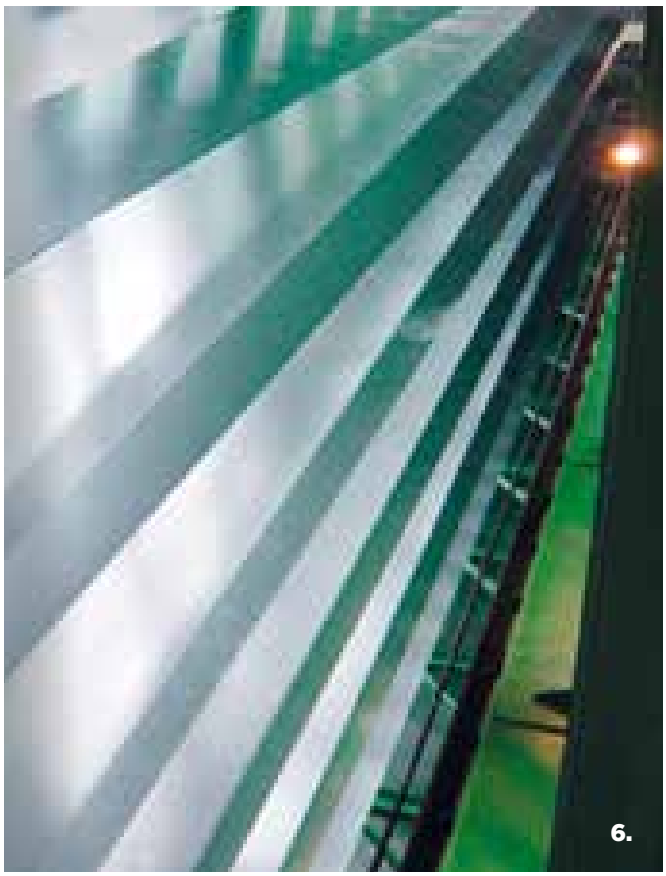


图4：固态激光焊接
图5：普锐特冶金技术法国MONTBRISON制造厂准备发货的切边剪
图6：生产汽车用AHSS钢种的连续镀锌线

最先进的光纤固态激光技术使所有汽车钢种的焊接成为可能。

先用除鳞机从带钢表面去除大块氧化皮，以使酸液能够沿带钢整个长度均匀地侵蚀其表面。这一步还大幅度降低了酸洗过程中表面划伤的风险。然后，带钢在保持精确导向的前提下通过一系列酸洗槽。酸洗槽的入口和出口都设有喷淋集管，还有侧面喷嘴保证了边缘酸洗的高质量。整个工艺均自动控制，在酸洗线速度很低时能够调节到合适的酸液浓度，从而避免过度酸洗。这种在酸洗线慢速运行条件下仍然保证表面高质量的能力，对于酸洗冷轧联合机组(PLTCM)尤其重要，因为这样能够在不停止酸洗工艺的前提下延长轧机的停运时间。串联式漂洗装置的最后一级采用了高压漂洗，能够以较少的耗水量达到带钢高清洁度。

退火和镀锌线的带钢表面清洁度

为了达到汽车市场对于带钢表面质量和清洁度的要求，通常需要安装立式活套、加热炉和电解清洗系统。对于硅和锰含量较高的高等级钢种，加热炉内需要设置一个预氧化段并采用气氛控制，以进行适当的表面处理，从而增大锌的附着力。

锌锅区是镀锌线停运的主要原因，因而是生产瓶颈。它的设计要最大限度减少运行中断，以保证生产均匀稳定和

产品质量是新建高端汽车钢生产厂的重要性能因素。

镀层无缺陷。通过将锌锅内的镀层金属熔体的温度、化学成分和液位准确地控制在目标值，能够达到这些目的，并且减少甚至避免锌渣的产生。可以安装自动或半自动除渣装置，以取代难度大而且危险的人工除渣操作。

先进的工艺监测系统

满足汽车应用要求的优质钢是沿着从炼钢直到处理线整个冶金流程的一系列连续环节的共同结果，其中的每一个环节都可能对最终产品质量造成很大影响。仅仅重视下游工艺，并不足以保证达到全部质量指标。因此，普锐特冶金技术提供面向不同工艺环节的先进监测系统，比如：

- SIAS自动表面检验系统
- PropertyMon带钢机械性能在线实时无损测量
- 其他闭环工艺优化系统和产品质量跟踪仪表或传感器

为了帮助生产企业优化处理线的日常运行，普锐特冶金技术依靠巨量数据处理的丰富经验而开发了先进的软件工具，包括提供实时报警和根源分析的TCOptimizer(全面条件优化器)和TPQC(跨工艺质量控制系统)。这些工具从生产链的所有部分采集数据和信号。这些信息存储在一套基于简单的逻辑表达式和决策树的业务规则管理系统(BRMS)中，即使不是IT专家也能处理输入的信号，并且管理生成的相关制造事件和实时报警。

其他关键工艺设备

为了使带钢达到高质量水平，需要精确地控制工艺，保证其稳定性和可靠性。普锐特冶金技术为此提供更多的方案，比如：

- 通过带钢焊接实现连续生产模式。最先进的光纤固态激光技术(图4)使所有汽车钢种的焊接成为可能，近期还推出了全激光切割和焊接方案。该技术已在连续退火线和连续镀锌线上得到成功应用，现在开始用于带钢厚度达到6.5 mm的PLTCM和其他连续处理线。预热、焊后退火和焊缝质量监测等功能的集成满足了现代生产线对于焊缝断带率接近于零的要求。
- 切边剪增加动态宽度调节功能，不需要在带钢变化时停机。这就消除了产生辊印的风险，并且有助于通过避免切月牙操作而提高产能(图5)。

面向新一代钢种的全周期合作

汽车市场始终是新钢种开发的风向标。普锐特冶金技术针对这个市场全方位提供技术方案和服务，包括冶金诀窍支持和钢种开发支持。在这方面提供的其他服务还包括：用于生产测试的移动式表面检验系统，用于轧制、矫直、退火和镀锌工艺开发和优化的物理模拟器，以及冶金模拟工具和模型——提供这些服务的都是公司自己的专家。普锐特冶金技术处理线以能够满足最新市场需要的先进技术和系统为特色，能够帮助生产企业迅速应对未来的挑战(图6)。

Gaël Imbert, 技术销售部主管
Sébastien Maillard, 技术和创新主管
François Mignard博士, CEO

(均来自普锐特冶金技术法国)

创意展示

新颖的展区布置展示了一种独特的未来风格

在Metec 2015 的精彩亮相：普锐特冶金技术展区不仅充满了互动元素，而且完整地展示了涵盖冶金增值链每一个环节的雄厚技术实力。

2015年6月16 - 20日
Metec 2015普锐特冶金技术展区概貌

展区完整地展示了涵盖冶金增值链每一个环节的雄厚技术实力。

请注意

本文未经《冶金杂志》主编审阅和批准。

LAWRENCE "LARRY" GOULD 博士
这位《冶金杂志》主编正在上奥地利州Mühlviertel地区的家中

文章本天成，GOULD必得之

《冶金杂志》2006年创刊至今的首任主编 LAWRENCE "LARRY" GOULD博士简介

Larry Gould明察秋毫，一丝不苟，让本文很难被他放行付印。

LARRY GOULD
的纪录

34
在公司供职34年

10
担任《冶金杂志》主编10年

4
在不同国家参加了4次马拉松赛

在这个世界上，很少有人比Lawrence “Larry” Gould博士更了解普锐特冶金技术的完整历史。他是您此刻手中这本杂志的多才多艺、兢兢业业的编辑。我们希望借此机会向您介绍这位冶金文献策划大师。他明察秋毫，一丝不苟，让本文很难被他放行付印。但愿本文能给他带来意外之喜——这是我们唯一一次自作主张，以免于他的严格审阅。

首席小提琴手

Larry Gould 不仅拥有地质勘探学博士头衔，还拥有文字写作的天赋。他对文字的运用得心应手，以简洁明快、通俗易懂和流畅无滞的笔调表达出本杂志的技术内容。他的写作风格让人有一种韵律感，而熟悉他的人都知道，他真的是一位音乐家。事实上，他不仅是本杂志编辑团队的首席小提琴手——直到上世纪90年代初，他还在林茨 Johannes Kepler 大学管弦乐队演奏小提琴。甚至他的声音也很浑厚，听他用英语朗读文学作品实在是一件赏心乐事。

当地人

是什么让 Larry Gould 这位出生在美国新泽西州伊丽莎白镇的人远渡重洋来到奥地利并扎根于此呢？在他开始工厂建设的职业生涯之前，他就对自然科学很感兴趣，希望进入 Leoben 矿业大学学习采矿专业，并因此而来到欧洲。不久，奥地利就变成了他的第二故乡，他在这里同 Gaby 相识，相知，相守。现在，他和他的妻子居住在上奥地利州的 Mühlviertel 地区。Larry Gould 把大部分闲暇时间都花在了他的农庄里，他亲手种植的优质西红柿常常会让同事们喜出望外。在他的大棚里能够看到多达100颗不同品种的西红柿。Larry Gould 在 Mühlviertel 当地人中颇具声望，而这即使对本地人来说也不容易做到。当然，这也得益于他是当地消防志愿者中的惟一一位美国人，并且他乐于使用当地口音和方言与人交流。 Mühlviertel 地区的田园生活让他保持健康和强壮。Larry Gould 参加过多次马拉松和半程马拉松比赛，而他骑自行车的里程也相当可观。

我们普锐特冶金技术在此感谢你，Larry，为了你的忠诚和奉献。你非凡的努力已经让《冶金杂志》成为了冶金行业极具影响力的一份刊物。

LARRY GOULD 简历

Lawrence Gould 于1952年出生在美国新泽西州伊丽莎白镇，首次来到欧洲时只有20岁。1975年，他来到奥地利Leoben学习。1981年1月，他作为一名地质勘探学博士毕业生，开始了在奥钢联(如今的普锐特冶金技术)的工厂建设职业生涯。作为一位地质学家，他负责了许多不同的采矿项目。在他的职业生涯中，Larry Gould 有相当多的时间都待在国外，尤其是中国和阿联酋。1984年，他几乎在巴巴多斯工作了整整一年。他还经常去美国探亲访友。Larry Gould 是普锐特冶金技术的一位深受尊重的同事，行事周全，令人敬佩。作为一位编辑，甚至一位翻译，他把冶金技能和语言天赋巧妙地结合在一起，发挥得淋漓尽致。他睿智友善，风趣幽默，善于自嘲，和他一起工作让人轻松快乐。

钢铁与艺术的结合

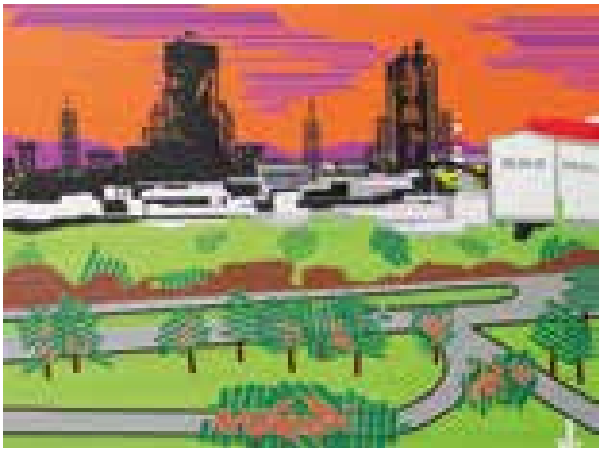
涵盖整个冶金价值链的创意方案

1.

2.

炼钢是一门艺术。在Metec 2015 普锐特冶金技术展区，来自“Klebebande Berlin”的胶带艺术家们充分展示了这一点。利用色彩鲜艳的胶带，这组年轻的艺术家以一种创意澎湃的方式对钢铁生产流程的不同工艺步骤进行了艺术诠释。利用胶带表现冶金设备的这种独特的艺术手法让人们从前所未有的新视角看待普锐特冶金技术的众多产品。钢铁和艺术的结合也寓意了普锐特冶金技术为应对国际冶金工业面临的挑战而致力于开发创新方案，还象征了公司的愿景： »

齐心协力创造冶金行业的未来

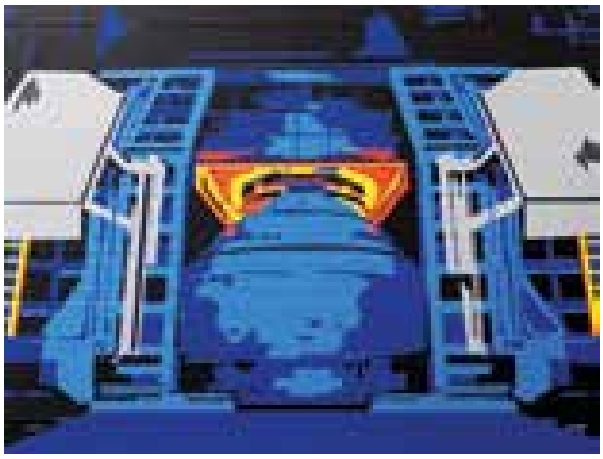


3.

Klebebande Berlin的胶带艺术家在Metec 2015普锐特冶金技术展区。自左至右：
Nikolaj Bultmann，Bodo Höbing，Bruno Kolberg。
www.klebebande-berlin.com/

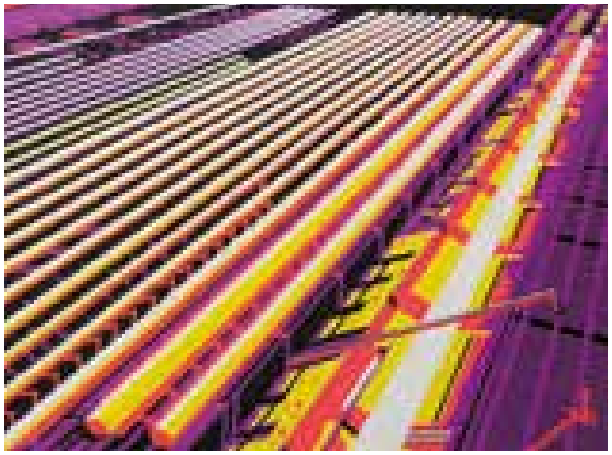
01 / 铁矿山(选矿和造块)
02 / 高炉炼铁
03 / Corex炼铁
04 / 电弧炉炼钢
05 / LD(BOF)转炉炼钢

4.



5.

6.

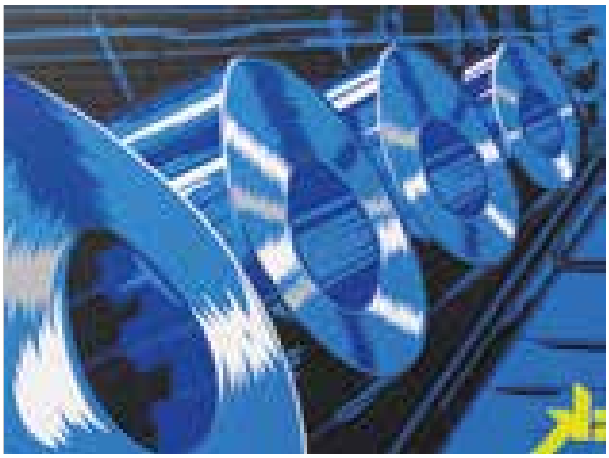


7.

8.

9.

10.



11.

12.

06 / 连铸
07 / 长材轧制(冷床)
08 / 热带钢轧机
09 / 热带钢轧机(卷取段)
10 / 冷轧
11 / 带钢处理
12 / 冶金服务

非常感谢！

Metec 2015普锐特冶金技术展区的标志物：炫动大屏幕用声、光和激情将冶金生产场景幻化成令人沉醉的舞蹈。

出版方：普锐特冶金技术有限公司·
Chiswick Park, Building 11, 566 Chiswick High Road
W4 5YS, London, United Kingdom

《冶金杂志》团队：Lawrence Gould博士，主编；
Miguel Micaelo，品牌传播设计师；
Alexander Chavez，自由职业编辑(chavez@ac-communications.de)；
Allison Chisolm，自由职业编辑(Chisolm@ChoiceWordsOnline.com)；
Tim Smith博士，编辑顾问(tjsmith560@btinternet.com)；
Monika Gollasch，美术指导，Agentur Feedback；
Clarissa Jochum，平面设计师，Agentur Feedback

出版社：Agentur Feedback, Munich,
www.agentur-feedback.de

出版日期：2016年3月

总印数：650

序号：T11-0-N111-L9-M-V1-CN
ISSN 2194-5381

照片提供：Corbis：第2页；eos Werbefotografie：第7页(office@eos-fotografie.at, www.eos-fotografie.at/)
Friedrich Moser：第12页，普锐特冶金技术奥地利
IStockphoto：第22 – 23页
Marco Prenninger：第32 – 37页
(marco@marcoprenninger.com, www.marcoprenninger.com)
Qupik：第50 – 51、54、56、78、135、139页
(christof.huemer@qupik.com, www.qupik.com)
Modern Media Studios：第137页
(office@mmstudios.at, www.mmstudios.at/)

除非另有说明，所有其他照片均由普锐特冶金技术提供

《冶金杂志》为季刊。
© 2016普锐特冶金技术有限公司· 伦敦

版权归出版方所有。

注册产品清单：
ChatterBlock、Connect & Cast、COREX、CTC Caster Technology Consulting、DSR、DYNACS、DynaGap SoftReduction、EAF FAST DRI、EAF Quantum、FAPLAC、FINEX、Gimbal Top、HCMILL、HCMW、HCX、HYPER UCM、HYPER UC-MILL、HYROP、iBox、idRHa+、IMGS、IT4Metals、JET-FINE、KL、KLX、KZR、LIQUIROB、LOMAS、MEROS、MORGOIL、MOR-SHOR、NO-TWIST、PLANICIM、Red Ring、RSM、Sheetflat、SIAS、Si-Filter、SMART、SmartCrown、SR SERIES、STELMOR、TCOptimizer/TCOPTIMIZER、UCM、UCMILL、UCMW、WinLink、X-HI和Xline是普锐特冶金技术有限公司在一些国家的注册商标。

· CSP是SMS西马克公司的注册商标
· EMspec是英国曼彻斯特大学的一种注册产品，独家授权给了普锐特冶金技术有限公司
· HYQST是西门子工业有限公司的注册商标
· MIDREX是Midrex技术有限公司的注册商标
· MULPIC是Centre de Recherches Metallurgiques ASBL的注册商标
· SCR是南方线材有限责任公司的注册商标
· SVC Plus是西门子集团的注册商标

除另有说明外，本期《冶金杂志》中的所有数字和数据均为公制单位。

读者联系方式：
contact.cn@primetals.com

封面照片

高附加值的未来

普锐特冶金技术的成立，使得同一家公司有能力提供全面的下游生产技术，帮助生产企业全面满足市场对于超高产品质量、精确尺寸公差、优异带钢性能和高效生产工艺的要求。

获取更多信息，请登陆：
primetals.com