

第1期 | 2018年3月

冶金杂志

冶金行业创新与技术



专题：
面向未来的智能工厂

普锐特冶金技术克赖斯特彻奇机构探秘

特别报道：SIJ ACRONI新建AOD转炉



数字化有很多种形式,有时还是以一种隐蔽的方式出现。”

编辑专栏



TOM WIDTER

尊敬的读者，

数字化已经成为了我们生活中不可分割的一部分，而且毫不奇怪的是，我们也看到了它对钢铁行业的冲击。不过，由于多方面的原因，数字化给冶金生产领域带来的变化要比民用领域的一些稳步转变难以把握。我们大多数人都有智能手机，也见识过虚拟现实设备，有些人甚至可能还体验过无人驾驶汽车。我们并不是很了解这些技术，但它们的复杂性似乎并没有超乎想象——这在一定程度上是因为，我们倾向于相信像谷歌和苹果这样的公司会给我们提供可靠的方案。可是，对于钢铁行业的“工业4.0”技术，即使是经验丰富的人有时也弄不明白它们到底是什么。这些技术给人的感觉是：它们将不可避免地主导未来的钢铁生产，但怎样才能优化实施以充分发挥它们的作用仍然是一个很大的问题。业界需要更多的指导和帮助，这就使我们这份普锐特冶金技术客户杂志有了一个明确的理由，围绕数字化的主题展开全面和深入的讨论。



通过本期《冶金杂志》，您能对将帮助把您的企业带入全数字化未来的普锐特冶金技术方案有一个综合性的了解。其中的许多对您来说都是新方案，我们希望它们能够引起您的兴趣。还有一些您可能在若干年前就已知道，所以也许会奇怪它们为何会被包括在本期杂志中。难道普锐特冶金技术不应该依靠全新的技术来应对数字化的挑战吗？

简单的回答是“不必”。钢铁行业几十年来始终领先于其他领域，应当为自己的先进技术而骄傲，比如连铸工艺模型。把这些先进而成熟的方案应用到数字化生产中再合适不过——只要它们保留了一个重要特点——能够演奏“数字协奏曲”。让所有的生产环节和相关设备协同运行，正是符合“工业4.0”理念的钢铁生产企业的核心。

数字化有很多种形式，有时还是以一种隐蔽的方式出现。在左页的图中，0和1的排列是有意义的，是“普锐特冶金技术”英文名称的二进制代码。我希望，您将会发现本期杂志同样包含了重要信息。

谨致敬意！

Tom Widter博士

《冶金杂志》主编

普锐特冶金技术有限公司

metalsmagazine@primetals.com



03 编辑专栏

04 目录

06 CEO寄语

08 近期项目和公司新闻

专题

16 面向未来的智能工厂

未来的钢铁生产将以所有设备组成的“智能化乐队”为基础。

24 数字化智能方案

符合“工业4.0”理念的普锐特冶金技术方案概述

26 数字统一体

27 跨工艺优化

29 Thomas Pfatschbacher博士访谈录

30 生产管理系统

31 Kai Ankermann访谈录

32 维护和资产技术

33 Paulo Marinho访谈录

34 BOX CONCEPT

35 Acoustic Expert

36 Kurt Herzog访谈录

38 数字化炼铁

39 球团专家系统

40 直接还原专家系统

42 烧结专家系统

43 高炉专家系统

44 整体炼铁优化

45 Dieter Bettinger访谈录

46 数字化炼钢

47 Melt Expert电极控制系统

48 自动废钢操作

49 全自动转炉运行

50 LiquiRob和Lance Guard

52 智能传感器方案包

53 Andreas Rohrhofer访谈录

54 面向未来型工厂的生态方案

55 Thomas Steinparzer博士访谈录

56 数字化连铸

57 Mold Expert和Mold Expert Fiber

57 Speed Expert

58 Quality Expert

58 Yield Expert

59 Intermix Expert

59 Equipment Expert

59 Nozzle Expert



阿维迪集团Cremona厂ESP线的操作人员

本期中, 篇幅达到72页的专题文章讨论了数字化对冶金行业的冲击, 并且介绍了能够帮助如今的钢铁生产企业迈入未来世界的普锐特冶金技术方案。

PRIMETALS TECHNOLOGIES APP

Scan this QR code with your iOS or Android tablet for a free download of our app.



- 60 维护和模拟系统
- 61 Daniel Fuchshuber访谈录
- 62 DynaPhase
- 63 Dynacs 3D
- 63 DynaGap Soft Reduction 3D
- 64 OsciChecker Wireless
- 64 自动热电偶检测器
- 65 Taper Checker Wireless
- 65 Nicole Oberschmidleitner访谈录

66 数字化轧制

- 67 信息物理冷却模型
- 67 基于模型的带钢宽度控制
- 68 楔形和侧弯控制
- 68 基于视觉技术的带钢转向控制
- 69 Günther Winter访谈录
- 70 相变监测器
- 70 空气轴承式板形仪
- 71 Orbis+
- 71 ChatterBlock轧机振动控制
- 72 UCM Flat平直度控制
- 73 不停机快速换辊
- 74 带卷偏心度补偿
- 75 轧辊偏心度补偿
- 75 超差优化器
- 76 微量润滑

- 77 静态非接触式棒材计数器
- 78 长材轧制Process Expert
- 79 长材轧制ROLL MASTER
- 80 Hans-Jürgen Zeiher访谈录

82 数字化后处理

- 83 SIAS表面检验系统远程服务
- 84 后处理线状态监测系统

公司分支机构

88 塑造未来世界

普锐特冶金技术克赖斯特彻奇机构的正式名称为Shape-Tech。它也许不是公司最大的机构, 但肯定处于最引人注目之列。

特别报道

96 消除瓶颈

SIJ Acroni依靠普锐特冶金技术提供的新AOD转炉提高不锈钢生产能力和质量水平。

102 请教专家

普锐特冶金技术首席技术官Etsuro Hirai博士亲自解答客户问题。



YASUKUNI YAMASAKI
普锐特冶金技术首席执行官
兼董事会主席

“在我看来, 数字化很显然将是冶金行业发展的一大推动力。我为自己的公司拥有帮助数字化转型的技术方案而感到骄傲。”

Yasukuni Yamasaki

CEO 寄语

尊敬的客户：

长期以来，冶金生产对于人类文明的发展一直具有非同寻常的意义。即使是最早出现的非常粗糙的金属，就已经被作为极其重要的基础材料。它们为人类使用的工具带来了革命，决定了古代社会能够取得怎样的技术进步。术语“青铜时代”和“铁器时代”仍然提醒着我们这个事实。

如今，我们已经稳步进入了数字时代。这个新时代不仅仅有信息技术，它已经开始影响我们对于将来怎样进行工业制造的想法——更重要的是，它已经开始改变钢铁和有色金属的生产方式。

那么，一座全数字化钢厂会是什么样？它和我们熟悉的生产环境会有怎样的不同？冶金企业现在应当采取哪些重大步骤才能成为将来的市场领先者？

这些问题没有简单的答案，让我来告诉您为什么。首先，每一家冶金企业都有不同的生产设备，配置也截然不同。现有设备的投资成本往往很高，使得任何新的技术应用——无论它们有多么先进——都必须以最大限度发挥现有设备的潜力为原则。

其次，数字化会对冶金生产链的所有环节造成冲击，但它将通过不同的技术方案带来改变。我在这里举两个例子：我们提供出色的冷轧传感器技术，但它们不适合于热轧应用；我们提供能够为特定领域带来大量应用知识(比如最大限度减少连铸废品)的自动化系统，但这些已在特定领域得到优化的系统不能轻而易举地改作其他用途。所以，您能够看到，冶金生产的数字化是一个非常复杂的题目，需要依靠大量不同的技术。

普锐特冶金技术发现，我们利用一个比喻能够很好地应对这种复杂性。我们开发了“金属乐队”方案，把冶金生产厂的许多不同设备看作乐队的演奏员。所有演奏员都需要具有一定的演奏水平，还需要在正确的指挥下奏出和声。在一支乐队中，一名经验丰富的指挥将能够保证所有演奏员协调一致；在一家冶金生产厂，先进的软件系统负责管理所有相互关联的设备。

本期《冶金杂志》将为您呈献许多重要的普锐特冶金技术方案，它们能够让您的生产设备为迎接数字化未来作好准备。针对您的条件和目标，一套独特的技术组合将把您的工厂性能提升到一个全新的水平。

在我看来，数字化很显然将是冶金行业发展的一大推动力。正如我前面所说，我们正处在冶金生产数字化时代的起点。我为自己的公司拥有帮助数字化转型的技术方案而感到骄傲。普锐特冶金技术的所有员工都将为推动冶金生产的数字化而全力以赴。

我希望，我们的本期客户杂志充分体现了我们的承诺：无论您来自何地，无论您有怎样的目标，我们都将帮助您在未来的冶金生产中保持领先——为您打造一支出色的金属乐队。

近期项目和 公司新闻

普锐特冶金技术依靠涵盖钢铁生产工艺流程每一个环节的先进方案、设备和服务为全球客户提供支持。





**Metalloinvest的新建
Midrex HBI设备将使
公司的HBI年产能增加
到450万吨。**

俄罗斯Belgorod地区Gubkin市附近的直接还原HBI设备

新建HBI设备获得性能考核证书

俄罗斯：位于俄罗斯Gubkin的Lebedinsky矿山冶金联合厂宣布，新建的热压块铁(HBI)设备顺利完成了性能考核。这套Midrex HBI-3设备由普锐特冶金技术和Midrex技术有限公司组成的联合体提供给Metalloinvest，年产能力为180万吨，是Metalloinvest的第二套HBI设备。联合体承担了机械和电气设备、钢结构及管道工程的设计和供货，还提供了培训和指导服务。Metalloinvest还使用了普锐特冶金技术奥地利和Midrex提供的项目融资。该设备采用环保型气基Midrex直接还原工艺，以铁矿球团为原料生产优质HBI。HBI-3设备将使公司的HBI年产能增加到450万吨，从而巩固Metalloinvest在HBI市场的领先地位，使其国际市场份额超过40%。

CSN改造项目的目标是提高产品质量和降低维修成本。

TYASA订购镀锌彩涂组合线

1. 墨西哥：墨西哥钢铁企业Tyasa与普锐特冶金技术签订合同，为其Orizaba钢厂订购了一条镀锌彩涂组合线(CG-CCL)。供货范围包括：配备双开卷机和废料移除装置的入口段，一台搭接焊机，一台卧式活套，一台卧式直接加热炉，镀后冷却塔，一个GI锌锅，一套Dynawipe气刀吹扫系统，一台4辊光整机，一台6辊张力矫直机，以及在线化学表面处理段(用于钝化和涂前预处理)。第一个镀锌带卷计划于2018年12月生产，而第一个彩涂卷则计划于2019年3月生产。



Tyasa公司Orizaba厂新建镀锌彩涂组合线项目的开挖工程



Companhia Siderúrgica Nacional (CSN)巴西Volta Redonda厂板坯连铸机的出坯区

普锐特冶金技术为CSN巴西VOLTA REDONDA厂改造三台板坯连铸机

2. 巴西：巴西钢铁企业Companhia Siderúrgica Nacional (CSN)与普锐特冶金技术签订合同，将对其里约热内卢州Volta Redonda厂的3台板坯连铸机进行现代化改造。这个总承包项目的重点是升级电气和基础(1级)自动化，包括安装一系列工艺方案包，采用自动化和传动新技术，安装新的配套系统，以及新建几个控制室。现代化改造的目标是提高产品质量和降低电气自动化的维修成本。设备安装计划在2018年下半年的一次例行停产期间进行，调试则计划在2018年第三季度开始。

LIQUIROB连铸平台机器人在DEUTSCHE EDELSTAHLWERKE投入使用

3. 德国: 由普锐特冶金技术提供的一台LiquiRob连铸平台机器人于2016年秋季在 Deutsche Edelstahlwerke有限责任公司Siegen厂投入使用。LiquiRob用在该厂的小断面连铸机上, 自动执行钢包滑动水口烧氧操作。这项操作以前一直采用人工方式。LiquiRob的使用大幅度提高了连铸生产的安全性, 因为工人不再需要进入钢水可能会不受控制地流出的危险区域。它还方便了更重和更高效氧枪的使用。普锐特冶金技术开发的LiquiRob专门用来在最恶劣的操作条件下改善生产安全性和提高测量质量, 现已成功推广: 世界各地已有多套LiquiRob系统在连铸机上投入使用, 另外还用在电弧炉和转炉上。关于LiquiRob的更多介绍请参见本期杂志第50 - 51页。

为FERRIERA VALSABBIA轧机提供ERT-EBROS钢坯对焊系统

4. 意大利: 意大利钢铁企业Ferriera Valsabbia S.p.A.为公司建在Brescia省Odolo的现有棒材轧机订购了ERT-EBROS钢坯对焊系统, 目标是提高轧机产量和利用率水平。系统将待轧钢坯焊接到一起, 从而能够实现连续轧制并稳定保持产品的高质量。普锐特冶金技术将负责项目的设计以及新设备的安装和调试指导。供货范围包括ERT-EBROS钢坯对焊系统、去毛刺站、出料系统和配套设备(比如夹送辊、切剪和辊道), 还有流体系统、电气设备和自动化系统。这套ERT-EBROS系统的设计能力为900,000吨/年, 它将是意大利的第一套ERT-EBROS系统, 计划于2018年9月投入运行。



奥钢联钢铁公司的Andreas Gahleitner(右)和普锐特冶金技术的Alexander Fleischanderl博士。

MEROS的十年历程:绿色烧结创新方案

5. 奥地利: 奥地利钢铁企业奥钢联钢铁公司和普锐特冶金技术在2017年12月举办了MEROS减排方案10周年纪念仪式。MEROS是一种干法废气净化技术, 能够大幅度减少烧结厂的有害排放。它是环保技术的一大进步, 通过一系列连续处理, 使烧结废气中的灰尘、有害金属和有机物含量降低到传统废气处理技术难以企及的水平。

“MEROS仍然是让烧结工艺变得环保的首选方案。”

Alexander Fleischanderl博士, 普锐特冶金技术上游技术主管兼钢铁冶炼技术副总裁



普锐特冶金技术将为奥钢联钢铁公司奥地利莱奥本钢厂提供4流大断面连铸机(4号铸机)。照片中是同一钢厂的3号大方坯铸机,也是由普锐特冶金技术提供的。

奥钢联钢铁公司为其莱奥本钢厂订购4流大断面连铸机

6. 奥地利: 奥钢联钢铁多纳维茨公司(隶属于奥钢联钢铁集团)与普锐特冶金技术签订合同,为其奥地利莱奥本钢厂提供一台4流大断面连铸机。这台4号铸机将取代现有的2号铸机。以4流运行时,它的设计能力为年产950,000吨优质大断面铸坯。新铸机计划于2019年年末投入运行,届时它将在同类连铸机中位居世界最先进之列。该铸机还符合“工业4.0”理念。该铸机将生产直径230毫米的圆坯和断面为270 x 360毫米的矩形坯,其设计也能满足440 x 330毫米规格的生产需要。它能够浇铸的钢种包括:钢轨钢,表面硬化钢,易切钢,无缝管用钢,热处理钢,弹簧钢,冷镦和冷挤压用钢,帘线钢,冷作钢,轴承钢,以及焊条钢。这台大断面连铸机将配备DynaFlex结晶器液压振动装置和LevCon结晶器液面控制系统。Dynacs 3D二冷系统和DynaGap Soft Reduction 3D全自动辊缝控制系统相结合,能够使铸坯稳定保持高质量。该铸机还将安装一台在线横移铸流搅拌器,其横移范围将由Dynacs 3D控制。供货范围还包括专门的机电方案包和一套集成自动化方案。关于这些技术的更多介绍请参见本期杂志第62 - 63页

一系列技术方案包, 比如DynaGap Soft Reduction和Dynacs 3D冷却模型, 将确保板坯达到极高的内部和表面质量。



普锐特冶金技术板坯连铸机实例。印度JSW钢铁公司Dolvi厂将安装类似铸机。

JSW钢铁公司订购两台板坯连铸机和一套热带钢轧机

8. 印度: 普锐特冶金技术从印度钢铁企业JSW钢铁有限公司获得合同, 将为其Maharashtra邦Dolvi厂提供两台板坯连铸机。这两台双流铸机的初期产能合计将达到每年大约450万吨, 将来能够达到600万吨。铸机计划于2019年年中投入运行。一系列技术方案包, 比如DynaGap Soft Reduction和Dynacs 3D冷却模型, 将确保板坯达到极高的内部和表面质量。除了连铸机, 普锐特冶金技术还获得了为Dolvi厂提供一套热带钢轧机的合同。这套热轧机的年产能力为500万吨。JSW钢铁公司的Karnataka邦Toranagallu钢厂已经拥有了3台普锐特冶金技术连铸机。

河钢集团为乐亭厂订购两台板坯连铸机

9. 中国: 中国钢铁企业河钢集团乐亭钢铁有限公司从普锐特冶金技术订购了两台新的双流板坯连铸机。铸机的合计生产能力为每年420万吨板坯, 将是唐山市东南方向乐亭地区一家新建优质钢生产厂的组成部分。这两台板坯连铸机预计将于2019年2月和3月投入运行。普锐特冶金技术负责新板坯连铸机连铸平台和铸流向系统的详细设计, 维修区的基本和详细设计, 以及自动化和软件的设计。供货范围包括全部电气和自动化设备以及结晶器和结晶器振动装置等核心部件, 还有Smart Bender智能弯曲段和Smart Segment智能扇形段。危险性的任务将由LiquiRob连铸平台机器人承担(另请参见第50 - 51页)。



普锐特冶金技术双流板坯连铸机

项目内容包括改造结晶器和安装成熟的技术方案包, 淘汰陈旧的或多余的设备。

日照订购涵盖整个生产流程的跨工艺优化方案

10. 中国：中国钢铁企业日照钢铁控股集团有限公司与普锐特冶金技术签订合同，在位于山东省的日照生产基地实施新开发的跨工艺优化方案(TPO)。系统将沿从金属熔体直到(阿维迪ESP)连铸连轧线和最终处理线的整个生产流程记录所有工艺参数及生产和产品数据测量值，从而连续监测和管理产品质量。它将在发生质量偏差时进行质量合规性检查和根源分析(另请参见第27 - 29页)。



台湾钢铁企业中钢公司(CSC)高雄厂的板坯连铸机。

中国宝钢热带钢轧机将安装工业4.0方案包

11. 中国：宝钢集团有限公司(宝钢，如今是宝武集团的一部分)最近签订合同，订购了“动态宽度控制”技术方案包——普锐特冶金技术工业4.0方案的组成部分。该方案包依靠基于机器学习宽度变化预测功能，通过精密的张力控制而实现宽度控制(另请参见第53页)。它作为入选“中国制造2025”计划的宝钢“智能车间”示范项目的组成部分而安装在位于中国上海的一套热带钢轧机上，目的是改善宽度控制性能和减少材料浪费。

台湾高雄中钢公司将升级板坯连铸机

12. 台湾：普锐特冶金技术从台湾钢铁企业中钢公司(CSC)获得合同，将对该公司高雄厂的S6号板坯连铸机进行升级。项目内容包括改造结晶器和安装成熟的技术方案包，淘汰陈旧的或多余的设备；目标是提高灵活性，改善产品质量，显著减少漏钢。改造后的连铸机预计于2018年年中投产。普锐特冶金技术将为该铸机配备能够精确地改变板坯宽度的DynaWidth结晶器液压调宽系统，能够最大限度降低漏钢风险的Mold Expert漏钢预报和结晶器监测系统，以及能够确保铸坯达到最佳表面质量的DynaFlex结晶器液压振动装置。关于数字化连铸方案的更多介绍请参见本期杂志第56 - 65页。



普锐特冶金技术将为日本钢铁企业JFE钢铁株式会社提供的新烧结设备计算机效果图。

新烧结机将安装最先进的废气循环系统以降低环境影响。

JFE钢铁株式会社为福山第三烧结厂订购新烧结设备

13. 日本：普锐特冶金技术从日本钢铁企业JFE钢铁株式会社获得合同，为其日本福山厂提供新烧结设备。合同内容包括了产能为480万吨/年的烧结机、烧结矿冷却机和产品处理系统。新烧结设备将取代第三烧结厂的现有设备，并将安装最先进的废气循环系统以降低环境影响。新设备预计将于2019年第四季度投入运行

JFE福山厂(位于广岛东部)新烧结机的烧结面积将为387平方米。除了提供烧结机、烧结矿冷却机和产品处理系统，普锐特冶金技术还将承担设计和现场指导工作。JFE钢铁株式会社将负责安装、土建工程和电气自动化。新烧结机将采用最先进的废气循环技术，以确保降低烧结工艺的环境影响。主体设备将根据JFE对本项目的要求而定制设计和开发(比如水冷星轮破碎机)。JFE将本合同授予普锐特冶金技术的主要原因是，普锐特冶金技术拥有高标准的烧结技术方案和众多国际业绩。



面向未来的 智能工厂

未来的钢铁生产将以所有设备组成的“智能化乐队”为基础。让我们深入探讨如何将其付诸实现。



数字化介绍
第16 - 23页



软件集成
第26 - 37页



数字化炼铁
第38 - 45页



数字化炼钢
第46 - 55页



数字化连铸
第56 - 65页



数字化轧制
第66 - 81页



数字化后处理
第82 - 87页

面向未来的智能工厂

——介绍

钢铁行业将走向何方？它将怎样迎接数字化？自动化技术的近期发展将带来哪些长期收益？在本文中，我们将详细介绍普锐特冶金技术为帮助钢铁企业在今后更好地生产而制定的策略。

近年来，技术向前迈进了一大步。我们的电话如今比过去具有了更多的智能；我们的电脑似乎能够预知我们的每一个要求；我们的家庭设备能够调节室内温度，开关电灯，安排日程，建议出行路线，营造虚拟现实环境，帮助改善我们的健康状况。自动驾驶汽车即将投入大规模推广，无人驾驶的卡车和其他交通工具也将紧随其后。我们的生活正在迅速变化，人们能够感觉到，科技创新正在以前所未有的速度扑面而来。

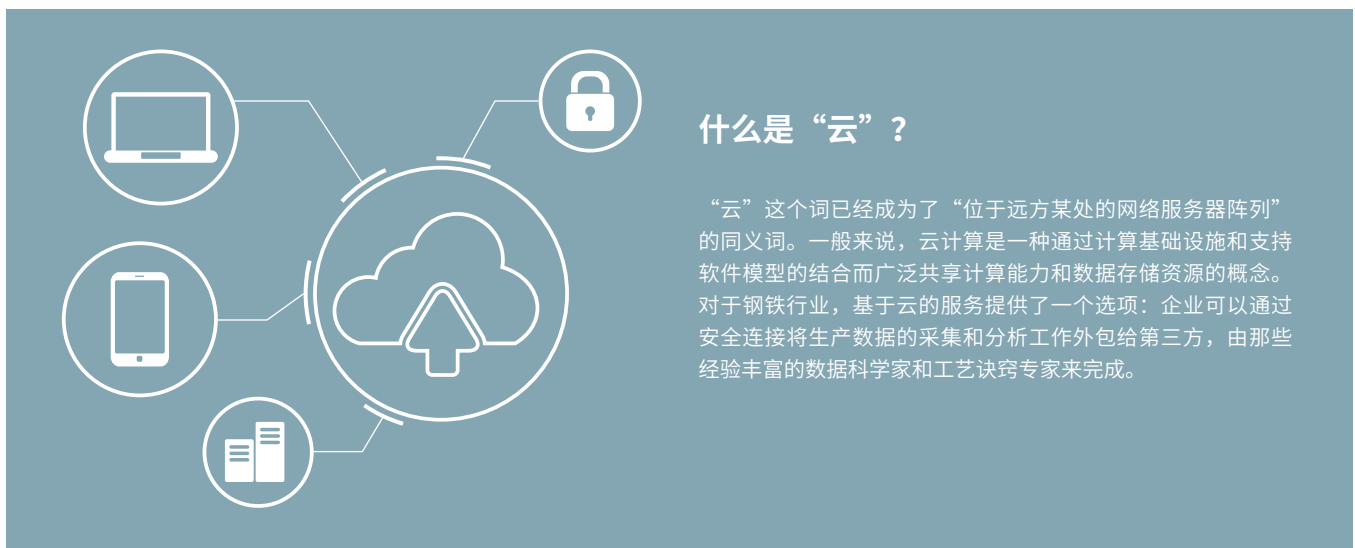
无处不在的云

依靠我们称之为“云”的大型服务器阵列，今天的许多消费技术拥有了令人难以置信的智能水平。移动电话自动更新通讯录，在我们看来理所当然；我们可以口授发出查询指令，而不必一个字母一个字母地输入指令。这些任务具体是怎么完成的？对此我们往往是知其然而不知其所以然。先进的电子产品

到底是如何获得智能的，这确实不太容易理解——不过，它们与云的持续连接看起来对近年来性能水平的提升一定起了相当大的作用。正是由于这个原因，先进的智能装置一方面令人着迷，另一方面又让人有些担心。

智能技术

不仅是消费技术取得了重大进步，钢铁生产技术也是如此。它们同样变得更“智能”，达到的先进程度既让人惊叹不已，又让人感到有些恐惧——即使对那些坚持采用钢铁技术创新的拥有丰富经验的专业人员来说。“工业4.0”、“数字化”和“工业物联网”这样的术语已经成为了近期技术进步的关键词。但是，到目前为止，同它们相关联的技术开发的最终目标还并不足够明确。



什么是“云”？

“云”这个词已经成为了“位于远方某处的网络服务器阵列”的同义词。一般来说，云计算是一种通过计算基础设施和支持软件模型的结合而广泛共享计算能力和数据存储资源的概念。对于钢铁行业，基于云的服务提供了一个选项：企业可以通过安全连接将生产数据的采集和分析工作外包给第三方，由那些经验丰富的数据科学家和工艺诀窍专家来完成。

光明的前景

本期《冶金杂志》的目的是，揭开这些术语的神秘面纱。普锐特冶金技术不希望空谈抽象的“工业4.0”，而是希望探讨看得见的通往数字化未来的途径。我们清楚地知道，这条途径需要典型钢厂的所有生产设备实现多维度的、全面的数字化集成。为了达到这个目标，重要的是不仅要拥有相互连接的设备，而且要依靠创新性的软件来管理高度复杂的生产环境。

像其他行业一样，通过使用智能传感器来采集钢厂的大量生产数据只是第一步。它是为相关钢厂创建“数字孪生体”的一个前提条件，这样能够将钢铁生产的透明度提高到一个全新的水平。最终的目标是，在钢铁生产的所有方面都减少资源的使用——无论是能源、原料还是人力。

钢铁生产的灵活性也将大大提高。“为了增收而增产”不再是合理的选择，企业将能够轻而易举地重新调整工艺设置以安排极小批量的生产，定制化水平达到一个新的高度。生产工艺的完整记录将保证，不仅所有成品都符合标准，而且整个生产历史都有详细资料，这对长期保持客户满意度至关重要。

目前所处的阶段

所以，如果我们就是要沿着这条路走下去，那么目前我们处在什么阶段呢？让我们来简单地分析一下。在工艺自动化方面，钢铁行业已经比其他行业领先了几十年。在大多数钢铁企业已经长期使用先进的“一级”和“二级”自动化系统的今天，许多离散型制造企业还远远落在后面。这个例子说明，一个行业总有一些方面需要迎头赶上。

钢铁生产自动化具有特殊性：它不仅以工艺模型为基础，而且要依靠对于钢水内部实际情况的掌握——尤其是在钢水凝固阶段。热力学在其中起着重要作用，相关的数学模型确实像人们预计的那样复杂。下一步是同时使用三类不同但相互关联的模型：钢的相变模型，从炼铁到最终处理的整个生产工艺的模型，以及全厂的模型(包括不直接属于生产链的那些相关设备的“不可见方面”)。 »

如今的智能装置

智能装置具有三个特点：首先，它们采用数据传输技术和协议(比如移动宽带、Wi-Fi和蓝牙)同网络或其他智能装置连接；其次，它们往往体积小却拥有足够的处理能力，完全胜任复杂的操作以及相互之间和与网络之间的交互；第三，它们能够以许多方式(文字输入，语音，模式识别，等等)从人类使用者那里采集信息，并且以许多方式提供信息和娱乐。至于如今的智能装置的形状和尺寸，它们既有小巧的智能手机，也有较大的手持平板电脑，还有触摸屏电脑、电视机和家用电器。它们也是将来的智能钢厂不可分割的一部分，比如以智能传感器的形式。

什么是“数字孪生体”？

“数字孪生体”是指有形资产(包括这些资产能够执行的工艺)的准确的数字化表达。重要的是，数字孪生体必须动态反映出真实资产的任何变化。这需要结合使用半模块式基础结构、先进的工艺模型、机器学习、软件分析和人工智能，还要有明确定义的对象。数字孪生体的优点是能够连续学习，综合利用众多来源的信息实时进行自我更新。除了传感器数据，数字孪生体还能使用高水平操作人员的实践技能和技术人员的专业知识，借鉴类似数字孪生体的开发经验，并且在更大的环境中发挥作用。当然，历史数据对数字孪生体也非常重要。在钢铁生产企业引入数字孪生体的主要优点是，如果希望对实际生产链作出任何改变，都能事先在数字环境中进行零风险测试和分析。

三类模型

钢铁行业开发的先进自动化系统有一个独特之处：可以同时结合使用三类模型。普锐特冶金技术在这方面取得了大量创新成果。第一类是关于冶金生产企业全面配置的模型；属于这一类的模型包括了钢厂的核心布局，涉及了所有工艺环节的生产设备。第二类是关于厂内工艺的模型；这类模型对整个生产链上任何指定设备在任何指定时间进行的工艺进行模拟。第三类可以说是三者之中最复杂的；属于第三类的模型是对正在制造和成形的产品本身当前情况的描绘，它们反映了钢水在浇铸和凝固过程中发生的变化。第三类模型一直延伸到钢的轧制、后处理和卷取，使极其复杂的任务变得容易完成。正是因为这三类模型并存，才使钢铁行业领先于其他行业。

今天的人工智能达到了什么水平？

人工智能(AI)仍处于起步阶段，这不是什么秘密。不过，它一旦达到更成熟的水平会对我们的社会造成怎样的冲击，已经是一个人们广泛谈论的话题。人工智能概念背后的核心思想是，让机器能够感知它们周围的环境，并且采取行动以尽可能获得特定的结果。在消费类电子产品领域，语音识别、互联网搜索、语境相关信息自动显示和其他许多应用中都能看到人工智能。在钢铁生产领域，普锐特冶金技术专家已经开始在一系列成熟的数据分析工作中应用人工智能技术。据估计，人工智能最终将在钢厂所有生产环节的分析中大显身手。为了让这个预期变成现实，(智能)传感器必须在生产流程的所有阶段从所有相关设备连续采集大量数据。尽管预见性维修已经在钢铁生产中发挥了重要作用，但人工智能将带来质的飞跃，极大地提高生产工艺的整体效率和可靠性。

智能工厂

在已经有了这三类模型之后，钢厂面临的基本任务就是成为“智能”工厂。当我们说到这个词时，意思是：智能工厂通过状态监测而“知道”自己的当前状况，能够根据这一状况依靠自动功能作出调整。人工智能将在这方面发挥越来越大的作用，虽然它目前还处于初级阶段。未来的工厂也将展开“智能工作”，即所有工人都能自动收到完成自己的工作所需要的信息。预见性维修保证了前瞻性避免生产中断——在需要时提前制定维修计划。

设备互联

我们预见的智能工厂需要在三个层面上集成。第一个层面是横

向透明度和互联，举例来说，这意味着钢厂的轧制工段“知道”前步连铸工段的准确情况，从而能够采取应对措施，相应调节轧制工艺参数。根据使用原料的不同，整个钢厂必须以某种特定的方式运行。智能工厂能够适应各种不同的原料条件，换言之，它让生产企业享有更大的“原料使用的灵活性”。

全周期合作

第二个层面与时间有关。钢厂的每一套设备都有特定的历史，通常开始于规划阶段的基本设计。当一家新厂建成后，或者对改造项目来说，当新部件完成安装后，就会开始一段保修期。智能工厂保证了所有设备的寿命周期得到最大限度的延长，而任何维修工作都安排在对生产影响最小的时候进行。

是什么让工厂拥有“智能”？



数字统一体

三个软件层级的结合构成了智能工厂集成的第三个层面。普锐特冶金技术选择了同德国PSI公司联手为客户提供先进的生产管理系统(PMS)。这种软件方案动态计划和跟踪所有工厂活动, 无论发生在生产链的哪一步。客户订单被转化成生产指令, 然后以一种全面优化的方式得到执行。

PMS同普锐特冶金技术自己的跨工艺优化(TPO)方案相结合, 后者能够沿整个生产流程发现不合规问题和改进机会。当被用于智能工厂时, TPO能够明显加快钢铁企业高附加值新产品的上市进程。

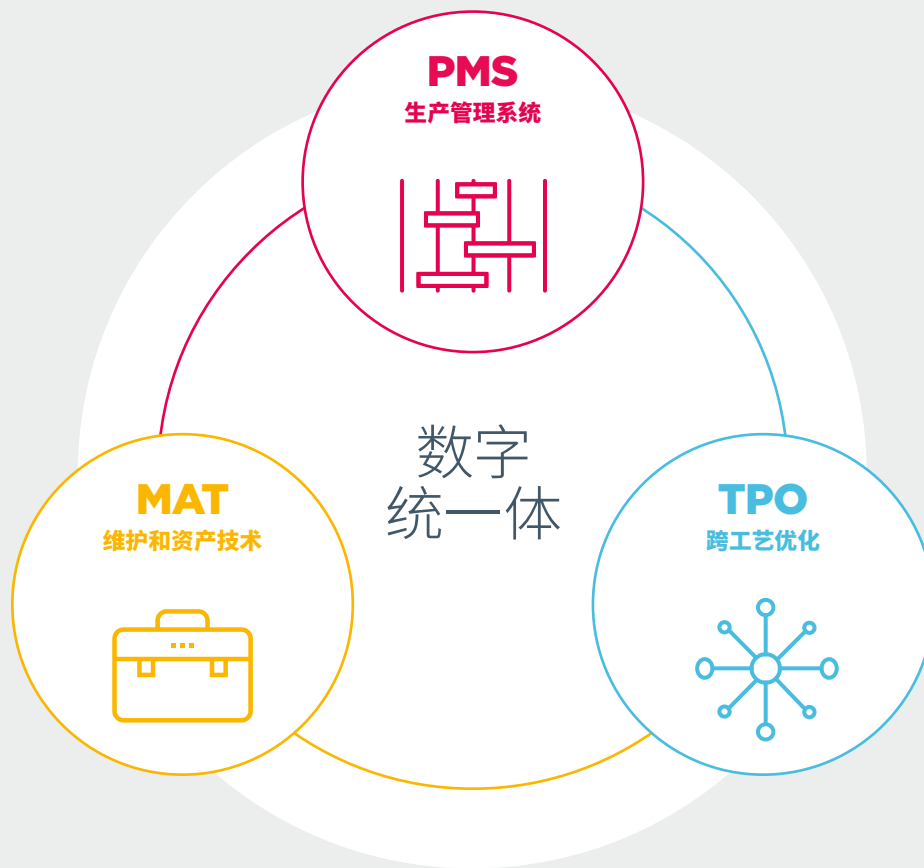
最后, 普锐特冶金技术的维护和资产技术(MAT)能够帮助和简化智能工厂的维修工作。该系统内含丰富的应用知识, 为维修

人员提供了极具可操作性的工作指导。所有建议都结合客户的具体维修制度而提出, 确保优化维修工作效率。先进的分析手段保证了进一步掌握工厂的活动, 尤其是维修工作的情况。

虚拟启动

智能工厂具有很多令人印象深刻的特点, 其中之一是能够在称为“维护和模拟系统”(MSS, 参见第60页)的专用软件环境中进行“虚拟启动”。MSS使技术人员能够测试新的设备配置, 因此, 在实际设备上只需要进行最有效的设置。对钢厂中一些真实部件的准确抽象, 是MSS的基础。这些抽象有时被引入“信息物理系统”。这些系统是真实世界和数字环境之间的桥梁, 反映了两者的各个方面。它们是钢厂极端复杂性的充分体现, 是未来的发展方向。除了启动模拟, MSS还大大方便了新生产制度的开发, 比如在希望对产品方案作出重大改变时。





软件集成的三个维度

普锐特冶金技术提出了一个基于软件集成的概念，涵盖了钢铁生产的所有方面——从订单管理和原料采购直到所有生产步骤的优化执行和维修工作的管理与排程。重要的是，这三个软件组件都包含了基于诀窍的规则集，而且拥有一个共同的目标：确保以最高效率水平灵活生产优质钢。因此，我们决定将它们称为智能化乐队的“数字统一体”。

诸多优点

智能工厂是冶金生产的一大飞跃。它具有众多优点，其中之一是能够灵活地定制产品，以满足客户非常特殊的要求。小批量生产能够在基本不影响产能的前提下组织实施。工厂的所有产品始终得到监测，跟踪，评估，每一份订单都拥有完整的生产记录。智能工厂使生产企业能够从许多不同来源获得各种原料，因为生产链能够灵活地调整以适应原料条件的变化。生产效率显著提高，相关环节全面优化，从降低能耗直到合理分配人力资源。重要的是，智能工厂在减少碳足印和改善环保效果方面进步明显。

智能工厂还有两个重要特点：工厂能够确定自己的状态，还能从自己的评估和分析中不断学习和提高。只有在钢铁生产工艺

组合为一个整体的情况下，这两个特点才能得到发挥。工厂的所有设备完美协调——依靠它们的互联——将使智能工厂成为现实。

我们的金属乐队

普锐特冶金技术提出了“金属乐队”的概念，利用一个恰当的比喻来形容所有生产设备的优化协调和自动操作。就像一支乐队由许多高水平演奏员组成一样，智能工厂由许多不同设备组成，它们必须协调运行以达到出色性能。另外，即使所有演奏员都掌握了很高的演奏技巧，他们也需要加以引导才能很好地相互配合，这就是乐队指挥的作用。智能工厂也是同样——但在这里有三个指挥共同发挥作用：PMS，TPO，MAT，也就是我们前面提到的软件和诀窍系统。

关于金属乐队概念的更多介绍

“金属乐队”概念的提出是为了展示我们的先进方案,它们能够帮助钢铁企业为迎接未来作好准备

敬请观看我们放在YouTube上的金属乐队介绍视频:

http://v.youku.com/v_show/id_XMzM4MDk5OTc-3Mg==.html?spm=a2hzp.8244740.0.0



敬请下载我们的金属乐队宣传册:



关于这些指挥有更多情况需要介绍,关于“金属乐队”里的众多乐手也是同样。因此,在本期《冶金杂志》接下来的64页中,我们呈献了能够帮助今天的钢厂为将来作好准备的一系列精选技术。这些设备和软件方案将使钢厂达到一个新高度,将其打造成为面向未来的自学习型智能工厂。

数字化的优点

- 钢铁企业能够使用不同来源的原料,并且轻松适应品位的变化
- 提高订单的定制化水平
- 能够在基本不影响产能的前提下组织实施小批量生产
- 每一件产品都有完整的生产记录
- 工厂全面优化,确保高效生产
- 生产工艺和流程完全透明化
- 改善环保效果
- 降低能耗

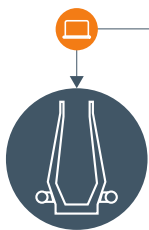
数字化 智能方案

数字统一体



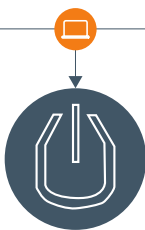
跨工艺优化

生产管理系统



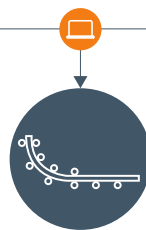
炼铁

- 高炉专家系统 → 第43页
- 直接还原专家系统 → 第40页
- 球团专家系统 → 第39页
- 烧结专家系统 → 第42页
- 整体炼铁优化 → 第44页
- 风口摄像头



炼钢

- AOD优化
- 自动废钢操作 → 第48页
- AutoTap
- 布袋损坏检测系统 → 第52页
- 转炉优化
- 转炉状态监测系统
- EAF Heatopt
- 电弧炉优化
- 生态方案 → 第54页
- Fluid Guard
- 全自动转炉操作 → 第49页
- 水平式测量机械手
- Lance Guard → 第51页
- LiquiRob → 第50页
- Lomas & Dynacon
- Melt Expert → 第47页
- 二次冶金2级系统
- Precon
- SlagMon & Vaicon挡渣器
- 防溢出系统 → 第53页
- 火花探测系统 → 53页
- 副枪



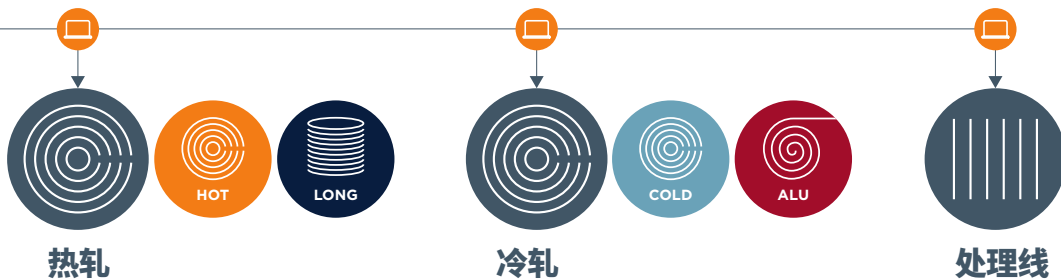
连铸

- 自动热电偶检测器 → 第64页
- Dynacs 3D → 第63页
- DynaGap Soft Reduction 3D → 第63页
- DynaPhase → 第62页
- DynaWidth
- Equipment Expert → 第59页
- 在线铸流检测仪
- Intermix Expert → 第59页
- LevCon
- 维护和模拟系统 → 第60页
- Mold Expert和Mold Expert Fiber → 第57页
- Nozzle Expert → 第59页
- Opal(状态监测系统)
- OsciChecker Wireless → 第64页
- OsciMon
- Quality Expert → 第58页
- Speed Expert → 第57页
- Taper Checker Wireless → 第65页
- Yield Expert → 第58页

普锐特冶金技术为客户提供众多精选方案，它们能够推动现在的钢铁生产企业迈进数字时代。这些技术中的许多都是遵从“工业4.0”理念为应对当前挑战而专门开发的，其他技术则经过了优化以集成到全面协调运行的数字化工厂中。它们全都体现了普锐特冶金技术的雄厚创新实力和优异质量水平。

维护和资产技术

BOX CONCEPT(状态监测)



热轧

冷轧

处理线

- 切头优化
- 信息物理冷却模型 → 第67页
- DIAG中厚板轧机诊断系统
- 增强型温度控制
- 阿维迪ESP二级自动化
- 热带钢轧机二级自动化
- IDRHA+
- 感应加热
- 长材轧制Process Expert → 第78页
- 长材轧制ROLL MASTER → 第79页
- 活套式板形仪
- 基于模型的带钢宽度控制 → 第67页
- MULPIC
- 在线磨辊装置
- 中厚板轧机二级自动化
- ProScan
- 轧辊偏心度补偿 → 第75页
- ShapeMon
- 智能立辊轧机
- 智能抬步控制
- 静态非接触式棒材计数器 → 第77页
- 抬步控制
- TorqueMon
- 相变监测器 → 第70页
- 基于视觉技术的带钢转向控制 → 第68页
- 楔形和镰刀弯控制 → 第68页
- 测宽仪

- 空气轴承式板形仪 → 第70页
- ChatterBlock → 第71页
- 带卷偏心度补偿 → 第74页
- 非接触式平直度测量
- EdgeWipe
- 微量润滑 → 第76页
- 不停机快速换辊 → 第73页
- 超差优化器 → 第75页
- Orbis+ → 第71页
- UCM Flat → 第72页
- 可逆式冷轧机二级自动化
- 串联式冷轧机二级自动化

- 处理线状态监测系统 → 第84页
- DynaWipe
- EdgeMon
- FAPLAC
- PropertyMon
- SIAS表面检测系统 → 第83页
- 速度优化系统

普锐特冶金技术软件集成方案

数字统一体

数字化不仅涉及物理设备,而且关系到软件和基于诀窍的方案。普锐特冶金技术提出的“金属乐队”概念包括了三个不同层级的“数字化乐章”,涵盖了从工艺模拟和分析到维护的所有方面。

跨工艺优化

许多行业的数字化进程为钢铁生产效率和质量的全面提升带来了新机会。与此同时，最终用户对钢产品的质量提出了更高的要求。它们希望获得定制钢种，新钢种能够加快上市进程，而且生产商有能力对导致产品缺陷的质量问题迅速作出响应。要求得到零缺陷产品的客户数量持续增长。为了顺应这一趋势，钢铁企业需要确定更高的质量目标，提高工艺稳定性，增大工艺灵活性，提高生产效率，这样才能生产出优质的产品，满足客户的苛刻要求。

这意味着，钢铁企业需要增强自身实力，确保精确和稳定地控制所有工艺参数。企业需要快速而完整地获取质量和工艺相关数据，深入了解工艺参数的变化对产品性能的影响，并且掌握迅速和成功开发新产品的诀窍。为了满足这些需要，普锐特冶金技术推出了跨工艺优化(TPO)方案，目的是沿整个钢铁生产链实现不同工艺设备的智能化、数字化互联，以及积累工艺诀窍。

每件产品的谱系

智能化TPO方案的基础是跨工艺质量控制(TPQC)系统，后者通过一级或二级自动化系统从所有生产设备采集质量和工艺相关数据并创建一个中央数据库。另外，实验室分析结果及来自所有类型传感器和装置的数据也都集中存储。TPQC为每一件产品都建立了含有大量信息的谱系，保证了针对产品上的每一个部位都能调出所有生产步骤的工艺数据。这样，TPQC的用户就能查询所有相关生产环节的工艺数据，从而在很短的时间内查明质量问题并对其进行分析。这对迅速解决问题和处理索赔至关重要。

TPQC的基本功能是，沿整个生产流程在设定的质量关口监测所有与质量相关的工艺参数，确保产品达到期望的性能，提高质量水平。因此，制造执行系统(MES)和每台生产设备的不同



跨工艺优化方案的完整范围

普锐特冶金技术TPO方案是钢铁生产数字化的强大动力。

自动化系统之间需要保持通信，以便对生产工艺的各个步骤进行分析。为了保证不断提高质量水平，TPQC系统允许对质量规则进行自由编辑，并在生产中使用它们进行合规性检查。

如果出现了偏差，TPQC能够帮助操作人员和质量工程师进行根源分析，并自动给出纠正和补救措施建议。由于系统具有出色的定制化能力，用户可以通过针对不同钢种或钢种类别创建并执行定制化规则而总结出工艺和产品诀窍并加以保存。由于所有生产设备都集成到同一个互联的TPQC网络中，因此也能够创建“跨工艺”规则，从而使纠正和补救措施扩展到上游和下游生产步骤。

确保质量的KPI

将采集的数据集中到一起，能够生成关键性能指标(KPI)。它们包含了关于技术和业务成果的信息，体现了已经取得的进步。用户可能定下新的目标，比如产品质量水平或工艺效率水平，二者都会涉及到不同的工艺步骤或整个生产链(贯穿整个生产工艺，因此具有“跨工艺”的特点)。TPQC通过各种图形化人机界面帮助质量人员、操作人员和高层管理人员进行监测，并且参照KPI为具体目标确定生产条件。

统计过程控制

TPQC还包括了统计过程控制(SPC)功能，用以确认生产工艺是否稳定保持在预设运行范围内。除了提高产品质量和工艺稳定性，SPC还支持维修排程，并且帮助发现不同测量装置的偏差和漂移。

跨工艺优化的主要优点

- 提高收得率和产能水平
- 提高产品质量
- 生产更先进产品
- 大幅提升产品开发能力
- 确立基准(KPI)
- 保存质量和工艺数据
- 快速处理索赔
- 加快新产品上市进程
- 依靠TPQC系统积累诀窍

机器学习能力

TPQC可以通过一个能够直接和方便地向商业分析平台传送数据的接口而应用大数据挖掘和机器学习技术。举例来说，当出现质量或工艺问题时，能够获取到外部专业技能。系谱功能对所有采集的数据进行结构化处理并打包，使得对于产品性能的极其详细的查询也很容易处理。

系统调整诀窍

为了实施TPO方案和解决具体问题，普锐特冶金技术组织自己的专家和外部咨询师为客户提供支持。这些专家来自不同学科，拥有丰富的经验，就内容广泛的问题为客户提供咨询服务，比如设备操作、质量管理、维修或质量保证。普锐特冶金技术还为决定实施TPO方案的钢铁企业提供培训。通过与相关客户密切配合，专家团队制定一系列最佳规则并将其输入客户的TPQC系统。这些规则将确保更好地控制钢铁生产工艺，优化产品质量，全面改善设备运行。可以说，普锐特冶金技术TPO方案是钢铁生产数字化的强大推动力。

推动 钢铁生产的数字化

Thomas Pfatschbacher博士是普锐特冶金技术连铸、连续带钢生产、轧制、机电一体化和跨工艺诀窍技术和创新主管。Pfatschbacher是跨工艺优化方案开发的倡导者和推动者之一，主持奥地利林茨机电一体化技术中心的工作。



简单地说，跨工艺优化的主要目标是什么？

Thomas Pfatschbacher博士：简单地说，我们的跨工艺优化(TPO)是为了帮助我们的客户提高钢厂的生产效率和产品质量。这不只是一个愿望，我们的TPO方案和服务能够可靠地达到这个目标。TPO包括了我们新推出的智能型跨工艺质量控制(TPQC)系统和我们的跨工艺诀窍(TPKH)模块，它其实已经是一种相当先进的钢铁生产数字化方案。TPO是一种用来优化从金属熔体到最终产品(比如镀锌钢卷)整个生产工艺的综合性方案，它的创新之处在于把数据和信息同所有类型的应用知识结合起来，如同操作、冶金、质量保证和工艺等方面的诀窍。然后，所有这些信息都被我们的跨工艺质量控制(TPQC)系统组合到一起进行数字化处理，在此基础上创建针对具体客户的“诀窍规则”以指导生产。

开发TPO遇到的最大挑战是什么？

Pfatschbacher：挑战来自两个方面。第一个是把我们的专家从各个技术部门召集到一起，要求他们打开思路，准确地了解不同生产步骤之间的相互关系。提高产品质量和运行效率的总体水平不仅需要所有相关因素共同作用，更重要的是需要它们彼此协调。这离不开深入的研究和持续的优化。第二个挑战是设法把诀窍数字化。我们作出了相当大的努力，才让参与这项工作的每一个人都开始相信，这是可能实现的。就连我本人在一开始也持怀疑态度。但是今天，我们制定的诀窍规则已经使TPQC成为了一个能够给出建议和支持的交互式数字助理。现在，我们知道该系统具有巨大的应用前景。

对您来说，“人工智能”意味着什么？

Pfatschbacher：人工智能(AI)是我们积极投入研究的一个课题。对我来说，它是数据分析——通常指“大数据”分析——和统计与数学方法、算法、专业诀窍的结合，人工智能总是需要这些工具。遗憾的是，这些因素有时会被忽视，而脱离它们来讨论人工智能容易让话题变得晦涩难懂。我相信，随着处理能力和数据存储能力不断提高，新的方案 and 不同类型的“自学习系统”将会相继出现。

TPQC系统是怎样使用机器学习的？

Pfatschbacher：一方面，为了模拟生产工艺和评估产品性能，我们针对生产设备开发了性能出众的物理模型，这让我们非常自豪；另一方面，机器学习的能力越来越强，我们正在以多种方式使用它们。举一个例子，我们把机器学习用在基于数据的决策模块和算法中，用以监测趋势和提出纠正措施。另外，我们正在开发对表面检验系统发现的缺陷进行分类的算法。其他还有更多的应用。

在普锐特冶金技术提供的所有“工业4.0”技术中，您最喜爱哪一种？

Pfatschbacher：说实话，我最喜爱的就是TPO方案。在加入普锐特冶金技术之前，我在奥地利的奥钢联钢铁公司工作了将近15年。这对我来说是一段宝贵的经历，让我能从“客户的角度”来看问题。TPO目前已经能够为钢铁行业的客户提供的巨大帮助令我激动不已。在10 - 15年前，TPO只不过是少数充满创意的人想象出来的东西。今天，它集中了大量的机械、自动化、冶金、工艺和操作诀窍，而这些都对性能的优化至关重要。所以，我很高兴能够在公司内成为数字化的一名推动者。

生产管理系统

钢厂生产管理系统应当涵盖整个冶金生产流程，从炼铁炼钢直到轧制、后处理和成品发运。普锐特冶金技术提供的生产管理系统方案以PSImetals产品为基础，后者是一种综合性软件套件，包括了专为金属行业开发的一系列模块，已在世界各地的许多钢铁生产项目中得到成功应用。PSImetals由德国公司PSI开发并持续改进，普锐特冶金技术已在2016年夏季同该公司达成合作。这项合作使客户能够一站式获得量身定制的完整方案，包括普锐特冶金技术的设备、基础自动化和过程自动化，以及普锐特冶金技术的丰富冶金诀窍和PSI公司的PSImetals软件

方案共同打造的生产管理系统(PMS)。

PMS的核心功能是，确认使用现有设备制造某种特定产品的可行性，以及如果可行则应当怎样执行生产工艺。为了完成这种复杂的评估任务，PMS需要关于钢铁生产链每一个环节发生的直观和暗含工艺的大量知识。而且，它不仅需要所有相关设备中所进行工艺的详细信息，还需要产品本身直到最终完成前发生的所有变化的信息。普锐特冶金技术的跨工艺优化技术和诀窍服务为此提供了必要条件，本期杂志也介绍了这些方面。

PMS包括的方面

计划和排程

- 未来需求预测
- 物流优化
- 产能利用
- 原料采购
- 订单和生产线排程
- 计划实施

生产管理

- 基于订单的生产管理
- 高级排程
- 原料和库存管理
- 生产跟踪
- 生产设备管理

物流

- 库存管理
- 基于订单的运输协调
- 运输优化和执行
- 发运

能量优化

- 能源消耗预测
- 预期能源需求管理
- 合同管理
- 负载监测和管理

PMS使钢铁企业能够动态实施高度定制化的产品战略。

PMS的主要优点

- 通过计划和排程优化工厂设备的使用
- 缩短订单执行时间
- 减少库存
- 提高交付能力
- 改善产品质量
- 降低生产成本
- 降低能源成本
- 降低物流成本

产品和材料跟踪

为了有效发挥PMS的作用，必须制定能够将客户要求动态转换成可执行生产指令的规则。系统必须能够在整个制造过程中引导和跟踪原料及产品，直到它们经过不同的设备成为最终发运的成品。

由于PMS跟踪不同阶段的产品——换言之，它跟踪“中间产品”——系统的设计必须准确地知道生产链每一个环节的目标。而且，测试和取样指令也需要正确地设定，以保证预设标准和客户要求都能够达到。

PMS能够根据设备利用率而安排订单，同时考虑设备能力和产量、计划维修和设备临时故障等因素。这样，钢铁企业就能动态实施高度定制化的产品战略，而再也不必把自己——或者它们的客户——局限在一成不变的产品方案上。钢铁企业的销售团队也能感受到PMS带来的大量优点，因为系统能够轻松地确定在哪个时间段可以交付哪些产品。最终受益的当然是生产企业的客户，它们的订单将被更快地完成，而它们在选择最满意的产品规格时也有了更大的自由度。



依靠数字化方案全面优化

Kai Ankermann是普锐特冶金技术电气自动化业务部生产管理方案负责人。

PSI的产品对普锐特冶金技术的产品起到了怎样的补充作用？

Kai Ankermann:我们同PSI进行合作的根本想法是，让钢铁企业能够一站式获得高附加值的工艺诀窍和IT技术组合方案。我们自己的跨工艺优化，维护和资产技术，加上PSI的PSImetals，构成了一个功能强大的完整方案包。

对客户来说主要有哪些优点？

Ankermann:最终，我们的客户能够通过按时交付优质产品而获益。所有工具，在这里主要是功能强大的软件，对提高工厂效率都至关重要。

人工智能会在冶金生产中发挥作用吗？

Ankermann:我认为，这个问题其实应该是：在这个领域可以期望人工智能(AI)做些什么。自动驾驶汽车那么复杂，但它是人工智能在我们这个行业中的一个合适的参照物吗？我认为，我们在冶金生产中应当走一条不同的人工智能道路。到目前为止，生产企业还必须全面制定计划和应对故障。将来，这些工作可以由人工智能接手。另外，人工智能在优化生产计划方面大有用武之地，能够理顺整个 workflow，根据客户订单快速调整所有生产安排。

维护和资产技术

普锐特冶金技术的维护和资产技术(MAT)是一种智能化管理所有维修工作的系统，其功能远远超出成本跟踪和维修排程。通过在维修管理中引入工业4.0理念，MAT以智能化方式将维修工作从沉重的成本负担转变成提高工厂运行效率的战略优势。

生产支持

维修管理的最终目标是，不因必须维修而维修，而是为生产提供支持。维修工作能够降低风险和提高性能，但必须始终在维修的收益、人力和材料的成本以及最重要的生产损失之间进行平衡。现在的工厂维修工作通常采用传统的管理方式，因为每一个成本中心都要努力控制预算。维修工作往往遵循响应性原则，或者按照技术人员的意见简单地确定一个维修间隔时间。状态监测也许已经采用，但经常没有一个明确的目标。计算机化维修管理系统(CMMS)在安装后往往只是侧重于跟踪和数据存档。

同时，由于成本压力不断增大，工厂的维修部门面临着提高效率的挑战。所有资源——人力，材料，设备——都必须很好地组织，以尽可能提高工作效率。不过，在钢厂这样一个全天候动态运行的环境中，每停产一分钟都会付出很大的代价，工作的优先性可能很快就会发生变化，维修人员必须随时快速作出响应。标准的企业资源计划软件不够灵活，缺少决策支持需要的专业技能，一旦出现变化可能会使随后几周内的订单都受到影响，需要反复重新排程。

MAT对钢厂维修工作必不可少，是获得竞争优势的关键。

“智能工厂”的兴起

幸运的是，工业4.0“智能工厂”的兴起为改善维修管理带来了极好的机会。现在，生产设备和IT系统能够相互交流；状态监测信息能在MAT中生成维修建议，而且保证不会有重要的报警无人理会；生产计划、质量管理、跨工艺优化和维护/资产管理系统相互连接并交换信息。MAT提供了实施高度灵活的维修策略需要的所有工业4.0智能。先进的可视化排程让人员和设备都得到最好的使用，保证了在最大限度降低生产影响的前提下高效排程，任何变化和它们带来的影响都很容易被掌握。

模块式结构

4个模块式智能化方案包——预见性维修，计划和停产优化器，报告与商业智能，战略资产管理——提供了必需的智能和专业技能，能够帮助客户逐步达到世界一流的维修管理水平。MAT包含了数十年的行业经验，可以预装很多功能，从具体设备的临界条件评估和维修策略，到具体报警的应对步骤、记录和检查清单。

另外，MAT把从您的工厂采集的大量数据同普锐特冶金技术的行业知识结合在一起，能使单调的维修工作变成智能化的资产管理。根据状态监测和人工检验两方面获得的数据，维修决定能够在战略高度动态作出。无需从多个数据源进行筛选，只要点击一下，维修人员就能了解到一台特定设备的完整历史，从而掌握该设备需要的维修频率，已经更换过的部件，已经采取的改进措施。通过数据分析，维修需要可以被预测出来并作好计划，使工作重点转变为创造价值，降低总拥有成本，提高生产效率。

获得竞争优势

甚至在您开始询问之前，MAT就能回答许多问题，比如：发出特定报警后必须做些什么？应当根据什么(时间，使用次数，磨损程度，等等)来维修特定设备，还是简单地等到它出现故障再说？能否推迟一项检查直到完成下一份大订单？在解决一个设备问题前能否生产不同的材料？哪些预防性维修措施值得采取，哪些不值得？怎样投资状态监测系统才能获得最大回报？哪些条件或产品最容易造成停产？哪些维修步骤能够延长设备使用寿命？MAT能够让客户轻松获得这些信息，并且优化相关工艺——MAT对钢厂维修工作必不可少，是获得竞争优势的关键。

亲身 体验MAT

Paulo Marinho是普锐特冶金技术巴西里约热内卢维修厂运营主管。该厂建在巴西Ternium钢厂(原蒂森克虏伯CSA)附近,从2009年开始为冶金企业提供整个钢厂的在线和离线维修,包括连铸机扇形段维修、辊子修复和结晶器镀镍。Marinho负责了普锐特冶金技术维护和资产技术(MAT)系统在维修厂的现场实施,并且参加了针对生产需要进行的系统调试。



您使用MAT多长时间了?

Paulo Marinho: 我们是在2016年12月开始执行这个项目的,由我们里约热内卢维修厂的人员和我们奥地利林茨冶金服务总部的人员一起执行。从那以来,我们已经测试了MAT的所有功能。它是一种非常成功的产品,使我们能够达到每一个参与者的期望值。

MAT是否让您和您的员工在工作时更得心应手了? 有哪些变化?

Marinho: 我们需要越来越多的数字化手段,需要从工厂自动获得信息,以便把我们的资源安排到最能创造价值的工作中。MAT让我们能够自动生成以前需要几个小时才能完成的报告。通过使用可视化工具对维修工作进行排程,我们能够更容易和更快地向客户给出反馈。它还让我们能够轻松地消除任何瓶

颈。所有员工都对实施MAT充满热情,因为他们明白,现在需要智能化工作而不只是努力工作。

您特别喜欢MAT的哪一项功能?

Marinho: 我特别喜欢设备历史功能,因为它让我们有能力为客户制定更好的方案。这项功能分析设备运行时的性能和所有影响因素,所以能够帮助实施改进,从而全面降低维修成本和减少停产。

您会向谁推荐MAT?

Marinho: 我向每一家希望通过延长设备寿命而优化服务资源的公司推荐MAT。通过使用MAT而获得的知识非常有用,肯定能为公司带来竞争优势。



M.SPACE将于2018年推出

普锐特冶金技术已经开发了一系列基于网络的新型服务,预计将于2018年推出。在第一阶段,将首先为客户提供4项服务:**m.academy**将方便钢厂用户报名参加专业培训课程;**m.doc**将是技术文件存储的首选;**m.buy**将成为冶金生产备件的最佳资源;**m.crane**将是第一种天车提升滚筒自动在线设计服务。在后续阶段,**m.space**系列产品还将带来十多种创新性的数字化服务。

BOX CONCEPT:不止是状态监测系统

高端维修概念和技术近年来越来越引人关注，部分原因是钢铁企业面临着全球产能过剩的挑战。BOX Concept，即非常先进的普锐特冶金技术状态监测方案，能够显著降低意外停产的风险，大幅度提高设备作业率，确保产品质量和人员安全。

BOX Concept采用了一种基于边缘计算系统的结构。其他方案通常需要三家不同的系统供应商(一家负责数据采集，一家负责数据处理，一家负责分析评估)，而普锐特冶金技术的BOX Concept则是三合一。现场测量数据由专用的测量装置采集，而其他工艺数据(比如材料跟踪)则通过专有软件接口直接从可编程逻辑控制器获得。核心的评估和数据压缩在一个或多个工厂的若干台边缘服务器上执行。然后，结果通过机-机接口传送到一个基于网络的中央信息管理系统，它称为“信息中继器”，带有一个数据库。

基于网络的结构

由于BOX Concept采用基于网络的结构，工厂管理人员能够使用智能手机或平板电脑轻松调取自己希望看到的信息或报告。他们可以通过一个有授权的连接进入工厂网络，或者可以扫描相关设备上的专用二维码。另外，数据集和评估结果可以上传到一个云存储平台以进一步利用——比如进行基于机器学习的研究。信息还可以通过一个安全网关传到普锐特冶金技术服务中心，进行深入分析和用于定制报告。与传统的状态监测系统不同，BOX Concept方便了与企业资源计划(ERP)等高级功能的交互。BOX Concept方案让维修人员能够系统性地生成工作订单并将其发送给ERP，而ERP则把对所有工作订单

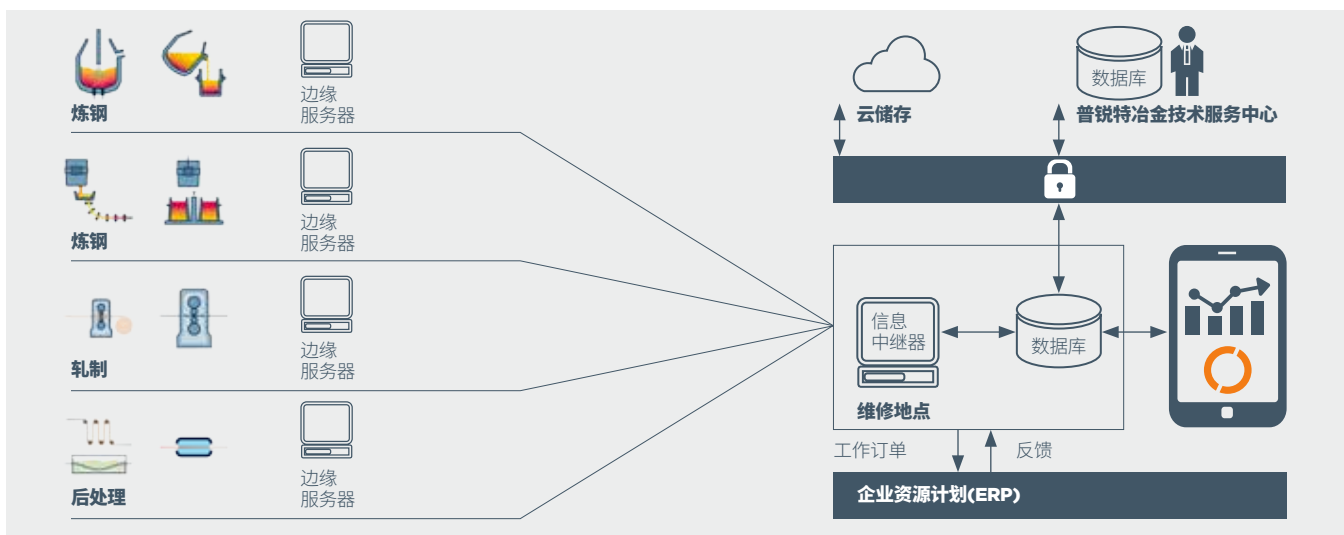
主要优点

- 早期发现问题, 减少维修, 降低成本
- 延长设备使用寿命
- 节省维修费用
- 提高设备作业率
- 优化生产管理, 提高可靠性
- 稳定保持产品质量
- 最大限度提高工人安全水平
- 促进技术领先

的反馈发回给BOX Concept。现有的状态监测系统和独立的测量系统都可以集成到BOX Concept中。

状态监测的首选

可以说，BOX Concept是高端维修的首选平台。它是转向工业4.0的关键技术之一，包含了大量的冶金和自动化诀窍，能够对上游和下游的复杂设备和工艺都进行监测。最后，它采用模块化设计，使用方便，容易扩展，投资回报(ROI)快。



基于网络的BOX Concept结构简图

ACOUSTIC EXPERT

Acoustic Expert是一种非常巧妙的创新技术。各种设备在运行时都会发出与众不同的声音，这些声音准确地反映了设备当前状况，可以作为一个特征用于具体部件的检测。Acoustic Expert探测这些声音，并采用先进的分析程序自动给出状态报告。

奥地利林茨奥钢联钢铁公司和德国迪林根Dillinger Hüttenwerke公司与普锐特冶金技术密切合作，为Acoustic Expert开发新的应用。通过此项合作，目前已经开发了以下三个应用领域。



传送带交接处材料质量和材料类型的确定

可以对传送带交接处或料仓中发出的特征性声音进行检测。细颗粒和粗颗粒材料发出不同的声音，铝和石灰的声音特点也不相同。Acoustic Expert利用这一现象自动确定材料的类型和质量。



连铸火切机

每台连铸机末端的火切机对钢厂的连续生产至关重要。如果它出现故障，可能会导致不希望有的意外停产。Acoustic Expert监测切割过程中产生的声音信号，通过详细分析而确定割嘴的当前状况，还能给出关于气体混合物水平和切割质量的信息。系统对火切机进行连续监测，意味着能够有效地采取预防性维修措施。这样，在发生任何停产之前都能保证及时进行维修。



轧机冷却和润滑喷嘴的监测

轧机是普锐特冶金技术和合作伙伴共同开发的另一个Acoustic Expert应用领域。采用Acoustic Expert监测润滑和冷却喷嘴的测试工作已经完成，近期的测试主要围绕轧机传动机构和传动轴的监测而展开。最终目标是简化维修和让冶金机械的操作尽可能直观化。

谱写数字化 乐章

Kurt Herzog是普锐特冶金技术工业4.0主管。他加入公司已有20年，主要工作是开发自动化方案以管理高度复杂的钢厂运行。Herzog还是提出“金属乐队”概念的团队的负责人。《冶金杂志》希望了解是什么让他在日常工作中总是充满热情。

是什么启发了您提出“金属乐队”的概念？

Kurt Herzog: 我想抓住一个想法：在钢厂中，生产链的所有部分都必须很好地协调，才能保证顺利运行。一家生产厂和一个乐队非常相像：所有“乐手”都要表现出色，不能有薄弱环节。如果任何一台设备出现问题，都将因为生产损失或产品质量下降而增加成本。另外，所有设备都必须相互配合，才能保证协调生产——这就需要有一名“指挥”。我对这个比喻最喜欢的地方是，它体现了我所说的“三级集成”：纵向集成相当于每一名乐手都必须有能力出色地独奏；横向集成相当于所有人需要一起奏出和声；跨越时间集成则包括了确保工厂顺利运行需要的所有幕后服务和维修工作。

经常有人说，冶金行业已经采用了数字化技术，在这方面大大领先于其他行业，比如离散制造业。您同意这种说法吗？

Herzog: 这要看具体情况。实际上，数字化的一些方面也已经在离散制造业得到应用。但是，对信息物理系统的使用仍然是钢铁行业的独特之处。信息物理系统是真实工厂和虚拟工厂，也就是它的“数字孪生体”的结合。在钢铁生产中，工艺模型如今已被可靠使用了几十年，因为这是唯一能够确定设备状况的方法。举一个例子，在运行中的高炉内部，有些指标是不可能测到的。只有先进的工艺模型能让我们足够准确地知道，我们对操作制度或原料作出的改动将会怎样影响冶炼工艺。连铸机上铸流的凝固，转炉内吹氧产生的剧烈反应，轧机对钢坯的强力成形，等等，也都是如此。这些工艺模型对于控制生产工艺和提高安全水平都至关重要，而其他行业还没有能和它们相提并论的技术。

那么，为什么数字化对冶金行业来说仍然是一个重大课题——和一个重大挑战？

Herzog: 在钢铁生产中，从烧结到处理线，生产链上的每个环节本身都是一个复杂的系统。同时，整个工艺运行应当尽可能减少中断和延误，才能保证最大限度降低能耗和成本。因此，要解决的问题是，怎样把所有这些系统组织好，让它们从自动运行升级到持续协调。好消息是，对钢铁企业来说，实施新自动化方案的成本同投资生产设备相比并不高。一旦实现了所有自动化系统的交互，最终达到的产品质量和效益水平都将明显提高。不过，在对自动化程度已经很高的钢厂进行升级时，我们又会面临不同的挑战。在这样的情况下，我们通常必须集成来自不同供应商的各种类型的设备。

“金属乐队”概念对宣传数字化的重要意义有帮助吗？

Herzog: 我认为，它成功地表达了钢厂需要在三个层面上集成的意思：纵向，横向，还有时间。实际上，集成的范围可以大大超出生产工艺本身，而把供应商和最终用户也包括在内。对任何钢铁企业来说，数字化都具有巨大的潜力。它能够有效地提高生产效率、灵活性和产品质量。由于钢铁行业目前仍处在困难时期，在这些方面取得改善非常重要。这样有助于保证钢铁在今后几十年内仍然是一种有竞争力的基础材料。

“对任何钢铁企业来说,数字化都具有巨大的潜力。它能够有效地提高生产效率、灵活性和产品质量。”

在推动钢铁生产数字化的所有技术中,您最喜爱哪一种?在您的“金属乐队”中,谁是您“最偏爱的乐手”?

Herzog: 今天,我最偏爱的乐手是阿维迪无头轧制生产技术[微笑]。原因很简单:阿维迪ESP不止是一组工艺或一个生产步骤的数字化。它把连铸和热轧结合起来,不仅在软件方面这样做,而且在具体细节上也都达到了统一。两个步骤实际上完全融为一体。在我看来,阿维迪ESP是横向集成的一种新形式。

人工智能在您的金属乐队中是一个重要因素吗?

Herzog: 首先,必须把数据分析和人工智能(AI)区分开,这两项技术我们普锐特冶金技术都有。人工智能肯定是数字化的一个因素,尽管它的一些应用还没有完成开发、测试和改进。毫无疑问它非常有用,比如能够帮助提高产品质量。不过,从安全和法律的角度来说,人工智能并非没有问题。人工智能系统的体系结构是建立在非因果学习基础之上的。所以,只要让人工智能来主导,就不可能解释清楚系统是怎样得出它的结论的,以及为什么会作出它的那些决定。但是,安全标准是以明确的指导和因果关系规则集为基础的。人工智能系统究竟会在钢铁生产中占到多大规模,还有待观察。



最后问一个私人问题:您本人会弹奏某种乐器吗?

Herzog: 是的,我会弹吉他和电贝司,还会吹萨克斯。我也喜欢尝试新乐器,想知道我能让它们发出什么样的声音。有时,我会参加乐队演奏。我非常清楚,合适的配器对音乐有多重要。

普锐特冶金技术先进方案集萃

数字化炼铁



对普锐特冶金技术来说,钢铁生产的数字化开始于真正面向未来的炼铁方案。这些创新方案的开发是为了满足那些希望在今后几十年内稳居行业领先地位的钢铁企业的需要。



在球团生产的所有班次采取相同的操作，能够提高产量和显著降低成本。

球团专家系统

球团生产的最终目标是，以高产能和低成本稳定生产优质球团——同时有效控制工艺排放。

由于不同的球团工艺步骤相互影响，准确的模拟对工艺优化非常重要。为此，普锐特冶金技术开发了球团专家系统，它在先进工艺模型的支持下深度揭示工艺，帮助作出操作决策。由于表面、底部、侧壁和中心处的材料面对着不同的工艺条件，工艺模型沿整个工艺链对所有断面利用密集划分的网格预测、分析和跟踪这些条件。扩展的模拟功能还能够帮助确定最佳操作点，比如对干燥区和熟化区的不同工艺步骤之间的能量供应进行优化平衡。

不同班次的操作人员往往以不同的方式运行设备。在所有班次采取相同的操作，将能够以最高产量和最低成本生产优质球团。这正是普锐特冶金技术球团专家系统的作用。它汇集了球团工艺专家和操作人员的丰富知识和经验，工艺扰动的因果关系，大量冶金诀窍，以及先进的控制理念；监测并预报工艺状态；提供图形显示；应对工艺扰动；给出控制措施建议；以语音方式对建议措施作出解释。

专家系统利用工艺信息和数据管理系统以及先进工艺模型给出的信息指导标准化操作，确保稳定产品质量和降低燃料消耗。因此，工艺控制制度变得统一和高效——不同班次都是如此。



传感器输入、数学模型和基于规则的咨询系统为直接还原炼铁提供了“最佳实践”。

直接还原专家系统

保证Midrex直接还原(DR)设备平稳运行以生产优质直接还原铁，是一项颇为艰巨的任务。但是，全面的工艺优化能够通过下游生产的大幅节约或产品售价的提高而获得回报。直接还原设备操作人员面临的难题之一是，如何应对从工艺出现变动到收到实验室的产品分析结果之间长达数小时的延误。普锐特冶金技术及其合作伙伴Midrex技术公司为此而新开发了一种称为“DRipax”的二级工艺优化系统，它能够根据传感器输入及物理和数学模型准确地预测产品质量，而且比实验室提前几个小时给出结果。在还原工艺和原料条件发生变化后迅速预测出金属化率和碳含量的能力，对更好地控制DRI的质量至关重要。DRipax能够使金属化率和碳含量与目标值的偏差缩小大约30%。

DRipax直接还原专家系统是一种基于规则的咨询系统，能够帮助控制室操作人员作出决策——如果操作人员选择“闭环模式”的话，它还能根据数据完全自主作出决定。在系统的许多优点中有一条非常突出：它能够帮助避免因换班而引起的设备运行波动。

专家系统的核心是一个知识库，它包含了来自普锐特冶金技术和Midrex的丰富的冶金和自动化诀窍，以及针对不同客户的操作诀窍和控制策略。从这个意义上来说，每家客户得到的专家系统都是根据它们的需要而量身打造的。

在连续观察和分析实际工艺条件的基础上，专家系统执行以下三项基本任务：

- **进行工艺诊断：**
分析设备的当前状况，确定工艺的具体特点。
- **建议纠正措施：**
根据诊断结果生成纠正措施，以避免或消除不希望的工艺条件；给出恰当的设定点建议，以使工艺稳定保持最佳运行条件。
- **给出解释：**
以文字说明的方式向操作人员提供关于当前诊断和纠正措施建议的详细背景信息。



普锐特冶金技术DRIPax直接还原专家系统(2级)的结构。

专家系统定期(每隔几分钟)执行工艺分析。系统给出的诊断、纠正措施和解释都是以知识库定义的逻辑为基础。自适应设计使专家系统很容易针对Midrex直接还原设备的具体类型而扩展和调整。如果需要,诊断和纠正措施可以根据具体设备的情况而方便地修改或添加。

对于建议纠正措施的执行,专家系统具有两种模式:“咨询模式”和“闭环模式”。在咨询模式下,系统只是向操作人员提出纠正措施建议,然后由操作人员来决定执行还是拒绝这些建议。在这种模式下,经过一段预设的时间后,给出的建议就默认失效。而在闭环模式下,建议将被自动接受,并在经过一段预设的时间后予以执行——在此期间,操作人员可以选择拒绝建议。

整套DRIPax工艺优化专家系统是直接还原炼铁全自动质量控制的一大进步,让所有操作人员都能统一操作,保证了“最佳实践”得以实施,设备运行不因换班而受到影响。



奥钢联钢铁公司美国直接还原厂的虚拟现实体验:

奥钢联钢铁公司在德克萨斯州Corpus Christi新建的Midrex直接还原厂于近期安装了包括专家系统在内的DRIPax工艺优化系统。该厂由普锐特冶金技术和Midrex技术公司共同建设,于2016年10月投入运行。如果您希望免费获得一副“普锐特冶金技术”品牌的虚拟现实眼镜(谷歌纸板眼镜),只需要将您的请求发送到contact@primetals.com。



烧结工艺的优化不像烧结机的缓慢动作那样简单。

烧结专家系统

尽管不是投资的重点目标，但烧结设备往往具有很大的改进潜力，能够帮助降低生产成本。在很多情况下，安装VAiron烧结工艺优化系统是回报最快的措施之一。由于工艺使用的不同原料类型很多，长长的传送带会造成延误，烧结机上的材料与点火气体之间相互作用，环保法规日益严格，等等，诸多因素使得烧结工艺的优化不像烧结机的缓慢动作那样简单。

为了在这些条件下达到优化的目标，必须拥有一套工艺优化系统，它能够依靠先进的跟踪、诊断和控制模型来保证稳定、可靠和高效的生产。普锐特冶金技术开发的烧结专家系统遵循了“尽可能少采取行动，只在绝对必要时采取行动”的原则。在设置为闭环运行时，系统将全自动执行所有必要的工艺变

动。这套专家系统——基于规则的决策系统——能够可靠地应对原料成分和质量或者工艺条件的变化造成的工艺波动。系统对异常或变化的工艺条件作出响应的速度越快，整个烧结工艺就能越稳定。为了保持高产能和低成本，提前预见到工艺扰动并在恰当的时机采取控制措施的能力显然非常重要。

在成功执行许多项目的基础上，普锐特冶金技术完全有能力依靠专家系统方案确保烧结生产大幅度提高产品质量和降低燃料消耗。通过与普锐特冶金技术烧结工艺控制和工艺优化系统相结合，专家系统将保证工艺运行能够每天24小时都稳定在高产能和高质量水平，不因换班而受到影响。它能够方便地集成到现有自动化环境中，投资回收期通常不到一年。



由专家系统指导运行的高炉能够以更
低成本生产出质量稳定的铁水。

高炉专家系统

普锐特冶金技术是钢铁行业领先的高炉自动化系统供应商。尤其是高炉工艺优化系统，现已安装在世界各地70多座小到500 m³、大到5,800 m³的各种高炉上。

高炉自动运行方案包——VAiron高炉优化系统——是由普锐特冶金技术与奥地利林茨奥钢联钢铁公司密切合作开发的，其中包括了先进的工艺模型、人工智能、质量和能量平衡、全自动运行的闭环专家系统和其他先进软件。

高炉运行的最终目标是，以最低生产成本达到稳定的炉况和稳定的铁水质量。VAiron高炉优化系统24小时连续监测工艺过程，在必要时闭环采取纠正措施。因此，系统能够可靠地应对

工艺参数(比如原料质量)变化引起的工艺波动。而且，专家系统还给出决策过程的解释说明，使工艺控制完全透明化。

系统最重要的部分是知识库，使客户能够获得其中包含的从大量高炉项目中积累的丰富经验。这个知识库可以根据客户的特定操作理念和制度而修改和扩充。

在专家系统指导下运行的高炉能够通过快速应对条件变化而避免重大控制措施和临界炉况，因而延长高炉运行时间。基于规则的生产运行使所有班次都采取统一的操作决策，极大地提高了炉况和铁水质量的稳定性，同时降低了焦比。在典型情况下，这些优点将使系统投资只需数月即可收回。

整体炼铁优化

虽然工艺优化系统已在许多炼铁设备中广泛使用，但在很多情况下还没有一种全面的自动化系统能够支持所有炼铁设备的协调和跨工艺优化。普锐特冶金技术同最具创新性的钢铁企业之一奥钢联钢铁公司合作，开发了一种整体炼铁优化方案，在局部工艺优化系统之上补充了VAiron炼铁专家系统。

VAiron炼铁专家系统实现了自动生产控制。它通过协调不同的工艺步骤，比如原料管理、炼焦、烧结、球团、直接还原、粉煤喷吹和高炉，使所有炼铁设备达到标准化运行。在安装VAiron炼铁专家系统时，我们建议分步实施，以避免在一个过于庞大的项目中集成所有炼铁设备。以炼钢厂的铁水需求为基础，确定上游炼铁设备的产量和质量目标。在第一步，对每座高炉生成操作点(利用系数，鼓风量，富氧率，燃料比)，然后由局部优化系统加以执行。可能的限制条件(比如氧气量)都得到考虑。

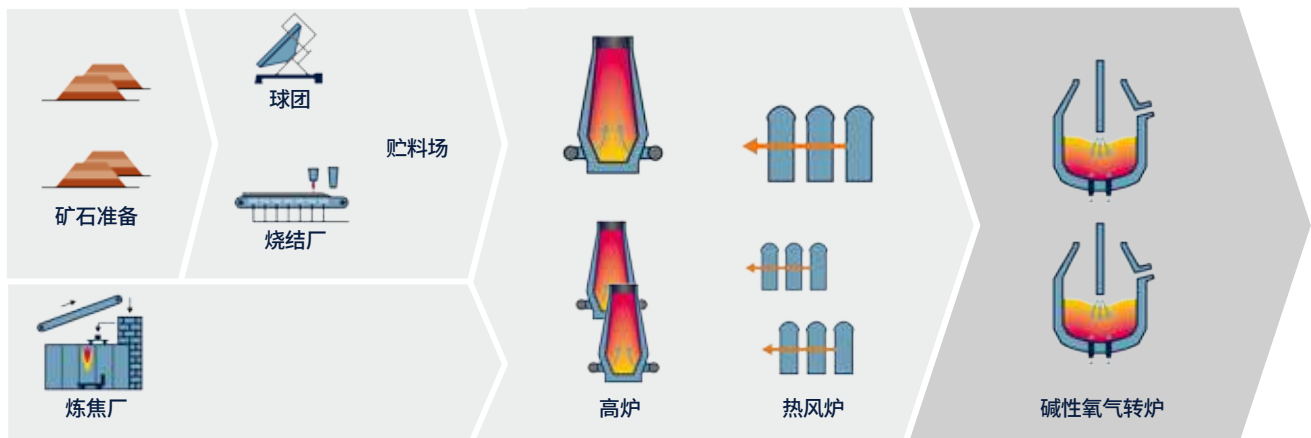
另外，不同高炉的热风炉切换也得到协调，最大限度减少了全厂煤气管网的压力波动和放散损失。烧结、球团和炼焦设备的操作点也都以类似的方式计算出来。炼铁专家系统汇总来自不同设备的工艺跟踪信息并将其显示在同一个画面上，用以分析相互关系和对相关设备之外产生的影响，从而能够进行跨工艺数据挖掘和敏感性分析。依靠数据集中采集，能够轻松地计算出整个炼铁区域的关键性能指标(KPI)。这样做的优点在同时显示不同区域的趋势时变得很明显。系统能够跟踪材料流动的过程，直接比较不

VAIRON炼铁专家的主要功能

- 协调炼钢和炼铁生产
- 执行材料跟踪、工艺分析、生产计划和炼铁工艺控制
- 协调煤气需求和生产
- 自动计算关键性能指标

同设备的相关趋势。因此，用户能够沿整个炼铁生产链分析工艺条件和材料性能。

作为工业4.0方案的一个出色实例，整体炼铁优化全面、系统地考虑全局优化而不是单套设备的局部优化，能够显著提高炼铁生产的效益水平。它作出的可追溯和高度透明的生产决策确保了工艺全面优化，降低了生产成本，提高了产品质量、工艺效率和铁水产量。



普锐特冶金技术整体炼铁方案旨在优化整个炼铁工艺流程，而不只是作出局部改进。

数字化和 工艺优化

将来的炼铁生产会是什么样？

如今的许多炼铁设备都能从工艺数字化中明显受益。我们采访了普锐特冶金技术炼铁自动化产品经理Dieter Bettinger，请他介绍了他对数字化炼铁的现状、人工智能的潜力和数据与信息的主要区别等问题的看法。



您认为工艺优化系统能为炼铁生产带来哪些改进？

Dieter Bettinger: 在许多工厂里，现在还到处都能看到不同班次采用不同操作的现象——特别是对工艺时间像一个班次的工作时间那么长的设备来说，这种现象是很不希望存在的。对于这样的情况，通常很容易计算出节约的潜力。

开发炼铁工艺优化方案的出发点是什么？

Bettinger: 在一开始，开发炼铁工艺优化方案的主要目标是降低生产成本，简单地说就是为了省钱。基本设想是开发出标准化的操作制度，然后由自动化系统来执行。我们的专家系统方案最大的成功是，能够在工艺中取得持续改进：如果操作人员或工艺工程师发现工艺操作还有更多改进的空间，他或她就能通过与系统连续对话而在系统中添加新的经验，从而扩大系统的知识库。我们和冶金合作伙伴奥钢联钢铁公司共同努力了多年，让我们的技术达到了能够高度可靠地执行闭环操作的水平。我们发现，精心维护的专家系统在可靠性和成本节约方面的优势是极其明显的。

现在有多种新型测量系统——你们是怎样使用相关信息的？

Bettinger: 我们的典型作法是，首先从数据中提取信息，然后根据这些信息来采取措施。提取不到信息的数据没有什么用，而不被用来制定措施的信息同样没用。所以，如果测量系统不全面集成到工艺优化系统中的话，它们的作用就不能充分发挥出来。另外，很多工厂只使用很少一部分历史数据——白白浪费了这种对改进生产运行非常重要的资源。

现代炼铁生产会产生巨量的数据——怎样才能有效地使用它们？

Bettinger: 数据挖掘的重要任务是，把自动化系统中存储的巨量数据转化成具有实际意义的信息。我们的自动化系统都能同数据挖掘工具接口。另外，我们还有数据科学家——掌握数据准备知识，拥有数据分析能力，并且了解专业技术的专家——他们能够提供可靠的支持服务，帮助客户从它们的数据中挖掘出更多的东西。

您如何看待数字化带来的影响？

Bettinger: 传统的自动化技术和信息技术已经开始融合，而且潜力巨大。同时，局部自动化和其他系统的连接将给业界带来很大的挑战，它可能是向黑客和其他侵入者敞开了大门。必须拿出专业的安全方案来应对这些挑战。

人工智能对先进的工艺优化有什么意义？

Bettinger: 人工智能现在很流行，最明显的就是在最吸引公众眼球的应用中，比如自动驾驶汽车。其他应用还有理解人类语言，在策略游戏系统(比如国际象棋和围棋)中发展技能，在内容分发网络中建立智能路由，等等。它在钢铁行业中绝对有很大的应用潜力——只要在确定关键性能指标的影响因素时能够进行人为干预——包括实施模式识别，执行数据分析，还有优化设备运行。不过，我们在把人工智能方案直接用到控制系统中时仍然非常谨慎，以免出现不可预见的结果。



普锐特冶金技术先进方案集萃

数字化炼钢



先进的数字化炼钢工艺能够极大地提高生产效率。状态监测，先进自动化技术，还有生态方案，都将推动炼钢生产朝着更环保和更具可持续性方向发展。

MELT EXPERT

电极控制系统

Melt Expert是普锐特冶金技术推出的一种先进的电极控制系统，能够确保电弧炉优化运行。它调取来自众多电弧炉部件的生产数据，并且连续分析这些信息，从而全面掌握冶炼工艺的现状和历史。根据分析结果，Melt Expert调整电弧炉操作，改变设定点和控制器增益，以同实际工艺条件相适应。操作人员可以通过很多界面来查看整个冶炼工艺——甚至可以使用现在的智能手机。

Melt Expert采用的自适应算法能够帮助明显降低电弧炉能耗。自动供电曲线和动态工艺参数调节保证了提高冶炼效率和产能。另一个重要优点是提高了电弧炉运行的可靠性和安全性。当然，Melt Expert的核心目标是确保冶炼工艺的质量，从而消除任何可能影响钢水质量的意外波动。由于节能效果相当明显，Melt Expert系统的投资回收期能够达到9个月以内。

主要优点

- 提高电弧炉控制水平
- 提高电弧炉运行可靠性
- 降低能耗
- 大幅度提高安全性
- 减少维修需要
- 集成了系统状态检查
- 界面可全方位接入
- 提供KPI和基准报告



Melt Expert提供了一个可全方位接入的电弧炉控制界面。



自动废钢操作

普锐特冶金技术不断改进电弧炉(EAF)炼钢厂的自动废钢操作。根据客户的要求和自动化系统的预定目标，可以采用多种不同的配置。原则上，自动废钢操作包括了在废钢料场的自动废钢料篮装料和向电弧炉的自动废钢装料。

全自动废钢料场的基础是普锐特冶金技术EAF Chargeopt方案。这种废钢装料系统采用了废钢料篮探测专利技术和装料天车定位系统，能够在基本没有人工介入的情况下运行，实现了电弧炉废钢装料的全自动操作。可精确重现的系统动作模式加快了电弧炉装料速度，还减少了维修需要。

EAF Chargeopt技术也极大地提高了工人和设备的安全性。执行的所有自动操作都由操作人员在控制室加以监控。现有钢厂可以很容易地安装EAF Chargeopt系统，安装后通常能够大幅度缩短停炉时间。废钢向电弧炉内装料的操作由一台主天车(吊起料篮)和一台辅助天车(适时拉出料篮的开启栓)执行。断电时间明显缩短，人力需求和设备成本也都能够降低。EAF

Chargeopt系统的投资回收期一般只有9 - 15个月。

除了EAF Chargeopt，普锐特冶金技术还与一家意大利合作伙伴共同开发了一种先进的废钢料场自动化方案。根据达到理想废钢成分所需要执行的装料制度，系统能够准确地装满通常位于废钢运输车上的料篮。装满后，废钢车在无需任何人工介入的情况下将料篮运到炼钢车间，然后用装料天车吊起。EAF Chargeopt和废钢料场自动化系统的精确性令人印象深刻：水平方向误差仅为1厘米，垂直方向只有0.5厘米。而且，非常复杂的废钢料场布局也能够适应，还可以在同一套自动化设置中包括多个料场。

普锐特冶金技术废钢料场的成熟设计在近期增加了一个新功能：废钢料场天车自动化。全自动废钢料场在这方面已经取得了很大进展，预计不久就将在钢厂开始应用，因为客户已经对该技术表示出了浓厚的兴趣。



全自动转炉运行

在炼钢环节，有越来越多以前由操作人员承担的任务如今能够自动执行。转炉工艺的大多数测量至今已有相当长的时间是在没有操作人员介入的情况下完成的，另外还有一些比较难于实现自动化。针对这些难度较大但必需的操作，普锐特冶金技术开发了数字化方案。出钢前在转炉处于倾动状态时取样，就是高难度操作的一个例子。这项任务不仅对工人十分危险，而且需要以一种能够准确控制和重现的方式执行。普锐特冶金技术推出的水平式测量机械手完全满足了要求。它安装在转炉的装料侧或出钢侧均可，用于在出钢前进行测量。

机械手带来的优点是，能够精确地控制测量点的位置和深度以及数据分析的速度等参数。这就保证了灵活定制取样操作。有些钢厂选择使用专门的机器人来取放探头。比如，奥钢联林茨钢厂委托普锐特冶金技术为其三座180吨转炉实施了机器人方案，目的就是实现副枪探头的自动操作。现在，这种系统已经成功使用了几乎两年，一直保持着极高的工艺重现性和可靠性水平。

全自动转炉运行总体上包括了所有工艺步骤，从最初的转炉装

主要优点

- 是转炉炼钢的未来发展方向
- 实现转炉的全自动装料和出钢
- 机械手在转炉倾动状态下进行测量
- 机器人全自动操作副枪探头
- 操作人员被解放出来专注于工艺监控和工艺优化

料直到吹炼控制和最后的出钢。根据钢厂的原有设备条件进行针对性的改造，能够帮助转炉实现以全自动模式运行的目标，从而提高工艺稳定性和安全性，并且极大地提高工艺的透明度和效率。



普锐特冶金技术LiquiRob能够在冶金行业的许多工作中大显身手。

LIQUIROB: 不知疲倦的工作者

高效, 优质, 安全

LiquiRob是普锐特冶金技术专为在钢铁生产的恶劣条件下提高工作安全和测量质量水平而开发的机器人系统，能够在整个生产流程的许多工作中大显身手。

高温应用

LiquiRob是一种高度灵活的机器人系统，适用于大量需要靠近金属熔体的工作。系统可以安装在电弧炉、转炉、二次冶金设备和连铸机上，通过全自动测量和操作而提高工艺可靠性和操作安全性，当然也提高灵活性、效率和产品质量。机器人自动执行的每项工作都能由操作人员在位于安全距离以外的控制室进行监测。

2007年正式亮相

LiquiRob是全世界第一种投放市场并大获成功的同类型工业机器人，于2007年首次在韩国浦项钢铁公司光阳炼钢厂投入使用。机器人系统在该厂负责在一台双流板坯连铸机的中间包内取样和测量钢水温度，并且在连铸平台上向结晶器内添加保护渣。

适应性极强的系统

标准的六轴工业机器人被用来执行所有操作，还可以选择增加一个轴以扩大工作区域。为了完成不同的任务，机器人可以配备各种不同的工具和部件，比如工具快换装置、防火保护罩和位置探测器。由于LiquiRob能够组合使用这些部件，因而能够以极高的可靠性和灵活性适应几乎所有设备类型和自动化系统。

主要优点

- 提高工作安全性
- 提高测量的重现性
- 提高作业率
- 降低维修成本



LANCE GUARD——自动诊断测量设备

精确地测量钢水参数，比如温度、氧活度和碳含量，是以最低生产成本获得高质量结果最重要的要求之一。不过，由于测量枪和它们的接线要承受极高的温度和很大的机械应力，需要经常进行检测以防止产生未知的偏差。普锐特冶金技术Lance Guard以极少的硬件成本显著加快了检测的速度，而且实现了全自动检测。在测量枪的接触块上安装一个适配器，然后，Lance Guard模拟一次性测量探

头的典型测量过程，向系统发出数据。根据自动化系统的闭环反馈，所有数据都得到检测和校验，以确定是否超出规定限值。结果，得到一份关于测量回路中所有部件的完整质量记录。Lance Guard能够用于所有测量枪系统，包括人工操作的测量枪和全自动操作(比如LiquiRob)的系统，后者还能自动进行接触块的清理。

众多应用

转炉、电弧炉和二次冶金设备普遍使用半自动机械手。不过，每台机械手只能执行一种特定的任务，而且需要专门进行维修。一台LiquiRob能够承担多台机械手的工作。举例来说，在转炉上，系统为副枪探头操作(包括存放箱的更换)提供了一种高度灵活的方案。在操作环境恶劣和操作空间有限的情况下，探头被迅速从存放架上取下，然后被准确地插到副枪上进行取样和测量。这不仅提高了操作安全性，而且保证了测量结果的重现性。一种新开发的机器人工具使应用范围进一步扩大，能够不使用副枪而完成转炉的测量和取样。

在电弧炉上，LiquiRob增加了一个新功能：利用相机系统使通过渣门观察炉况的危险操作得以全自动完成。LiquiRob还能使用烧氧枪打开出钢口。依靠工具快换装置，同一台机器人还可以对出钢口进行修整。

在连铸机上，操作人员面临的风险更大。LiquiRob能够代替工人执行测量、取样、加保护渣或准备钢包、脱引锭和烧氧等操作。连铸LiquiRob的最新功能是全自动长水口操作。



LIQUIROB在行动

扫描二维码或输入以下链接，观看LiquiRob在行动短片。

http://v.youku.com/v_show/id_XMjQ4Mjc3ODk3Ng==.html?spm=a2hzp.8253869.0.0/

智能传感器方案包

普锐特冶金技术开发了许多炼钢传感器方案。这些传感器为状态监测提供需要的数据，对维修计划的制定起着重要作用。它们帮助主动预防设备停产，从而全面提高生产工艺的可靠性。

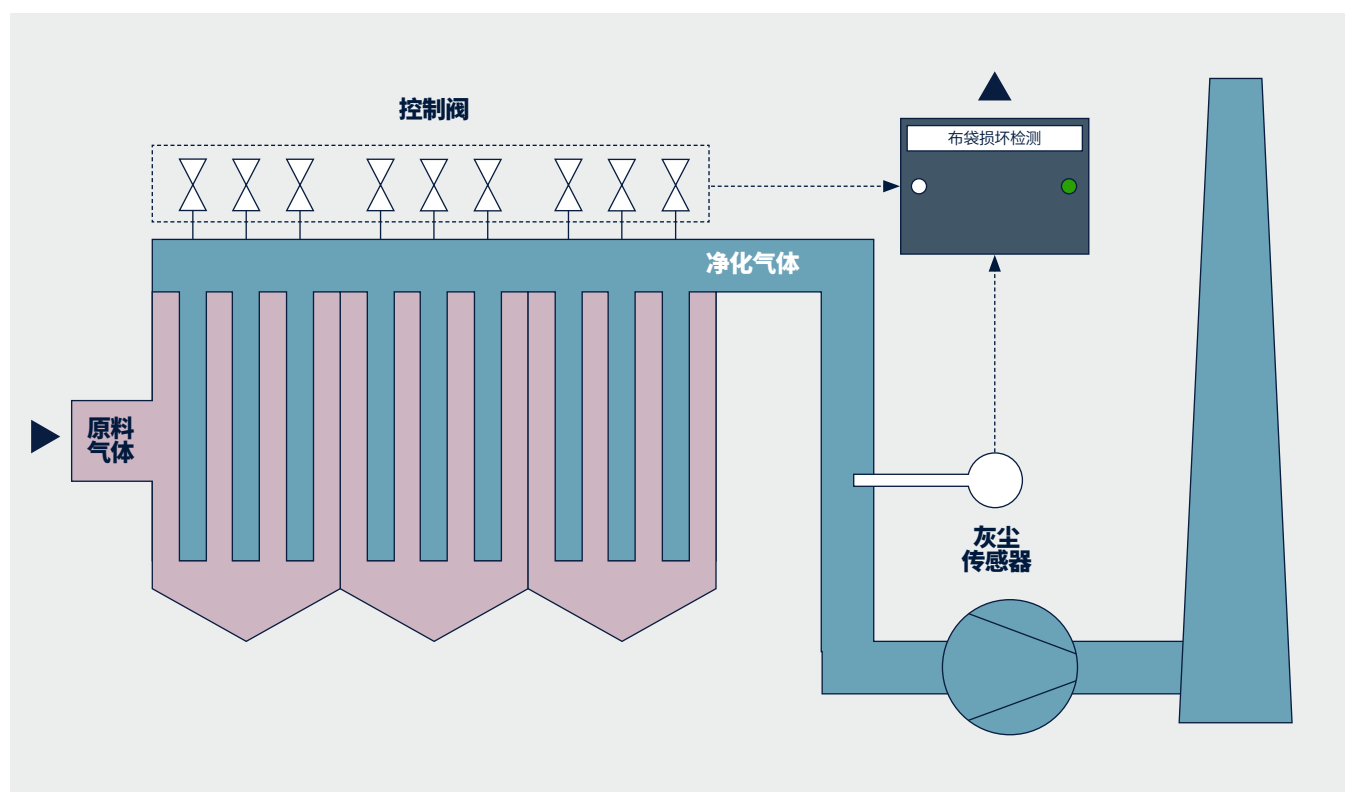
本文精选了三种传感器方案包，通过它们来展示普锐特冶金技术为全面推动炼钢生产数字化进程所作的努力。

布袋损坏检测系统

布袋损坏检测系统连续监测脉冲喷吹过滤器滤芯的状况。通过测量过滤器出口的灰尘浓度，损坏的滤芯能够被发现并确定位置。

系统还能与普锐特冶金技术状态监测系统相集成，从而能够准确地分析与阀连接的过滤布袋的情况。

因此，该系统对制定维修计划和提高清理效率非常重要，能够保证损坏的过滤器被及时更换。这样，找出损坏的过滤布袋所需要的时间和费用都能大幅度节省。



普锐特冶金技术布袋损坏检测系统工作原理示意图

火花探测系统

废气管道中的火花或火焰会对上游设备造成严重破坏。举例来说，如果火花未被发现，甚至只要未被及时发现，就可能使脉冲喷吹布袋过滤器严重受损。软管的损坏将直接导致废气排放量增大，这在最糟糕的情况下意味着相应的过滤室完全失去作用，结果不得不停止生产以便修复损坏的过滤布袋。普锐特冶金技术火花探测系统不仅能够全自动执行火花探测，而且对所有类型的废气管道来说还都是一种灭火花装置。因为系统是在红外光谱区进行测量，即使在环境完全黑暗、灰尘积聚或气流速度极高的复杂情况下也能保证探测的可靠性。由于带有火花计数器或者给出灭火花装置状态信号，该系统也能与状态监测系统(比如普锐特冶金技术BOX Concept，参见第34页)相集成。

防溢出系统

防溢出系统是为钢包运输车而开发的。由于1,600°C钢水的流动性像水一样，任何过大的动作都可能导致溢出，显著增大了造成严重破坏的风险。为了最大限度降低人员和设备面临的风险，普锐特冶金技术开发了钢包运输车防溢出系统，使用了一个基于模型的提速和降速曲线规则集，保证了有效地降低钢水溢出的风险。



依靠创造力开发传感器

Andreas Rohrhofer是普锐特冶金技术炼钢传感器产品开发团队的一名成员。

近期的数字化趋势对新型传感器方案的开发起到了怎样的推动作用？

Andreas Rohrhofer:数字化迫使我们采取新的传感器开发策略和思路。比如，虚拟传感器能够在不安装新硬件的前提下，通过把现有传感器连接起来而完成新的测量和计算。这种新的传感器策略大幅度减少了对设备的影响，还降低了设计的成本。

新型炼钢传感器方案的开发面临着哪些挑战？

Rohrhofer:最好的传感器是我们今后将不再需要的传感器，因为它能被数学模型和软件替代。所以，我们必须努力工作，准确地找出工艺中的物理相关性，并据此得出数学关系。

最近有哪一个传感器项目让你觉得特别有意思？

Rohrhofer:使用浸入式探头测量温度和氧含量在炼钢中相当重要。Lance Guard使相关传感器得到监测，保证了它们能够为生产和工艺模型提供精准的数据。



面向未来型工厂的 生态方案

普锐特冶金技术开发生态方案的目标是，减少现代钢厂的碳足印，节约资源，即使在最苛刻的条件下也能保证环保合规。很显然，面向未来的钢铁生产厂必须依靠先进技术来优化环保指标和整体效率。普锐特冶金技术拥有大量的生态方案，以下只能介绍几个例子。

动态抽风控制是一种重要的创新方案，能够显著降低除尘系统的能耗水平。它的核心是一套以长期开发的数学模型为基础的先进控制算法，能够反映出除尘过程中进行的复杂工艺。动态抽风控制方案计算理想的压力设定点和挡板位置，可使引风机运行能耗降低20%之多。该方案可灵活调整，适用于所有类型的除尘系统。

GreenButton的概念简单但实用。它其实是一种除尘系统功率安排程序，用以在计划或意外停产期间系统地优化能源消耗。工厂技术人员可以预先设定不同的GreenButton启动条件，还可以在需要时方便地选择合适的临时性设置。GreenButton能够应对当

前和今后的钢厂中存在的最复杂情况。

布袋过滤器控制是除尘系统的又一大进步。它动态设定清理脉冲，以减少压缩空气的消耗量。任何损坏的清理阀或过滤布袋都能被自动发现，使工人从人工检查中解放出来去完成其他任务。布袋过滤器控制系统的电子模块不需要维修。操作人员可以对自动选择的先进清理模式作出修改。总体上，布袋过滤器控制通过降低生产资源的消耗和减少人力需求而提高除尘系统的成本效益。



敬请下载生态方案宣传册
这本pdf格式的综合宣传册概括了普锐特冶金技术生态方案。



“用一个形象的说法，减少钢铁生产碳足印的列车已经开足马力，不可阻挡了。”

Thomas Steinparzer博士

用更环保的技术 服务于变化中的世界

Thomas Steinparzer博士是普锐特冶金技术生态方案技术和创新主管。

生态方案能够为未来钢厂的全面数字化提供怎样的支持？

Thomas Steinparzer博士：废气处理系统是现代钢厂都不可缺少的一部分，近年来更是变成了强制性的配置。恰当的废气处理是优化生产工艺和提高能效的重要一步。智能控制系统在减少工厂的维修需要和降低能源消耗方面起着相当大的作用，所以，它们能够帮助全面达到哪怕是最严格的环保要求，而且能够长期保持。

目前最活跃的市场是哪些，潜力最大的又是哪些？

Steinparzer：在目前的市场形势下，我们的大部分业务已经从新建项目转向了现有钢厂的现代化改造，以及为执行最新环保规定而实施特定的升级方案包。在这方面，欧洲重新成为了引人关注的市场，而亚洲和俄罗斯也很活跃。我觉得，我们的创新性生态方案在日本和东南亚有很大潜力。另外，中国的钢厂越来越重视减少排放和提高能效。

看起来，中国变化的速度比很多人想象的都快。您如何评价中国近年来在生态方面的进步？

Steinparzer：中国正在经历巨大的变化，因为政府新颁布了更严格的环保法规。和其他地区相比，中国现在的排放标准是相当严格的。对于环境，这无疑是一个重大进步。

围绕巴黎气候协议有非常多的争论，您认为我们的行业在接下来的四年内会有足够大的进展吗？

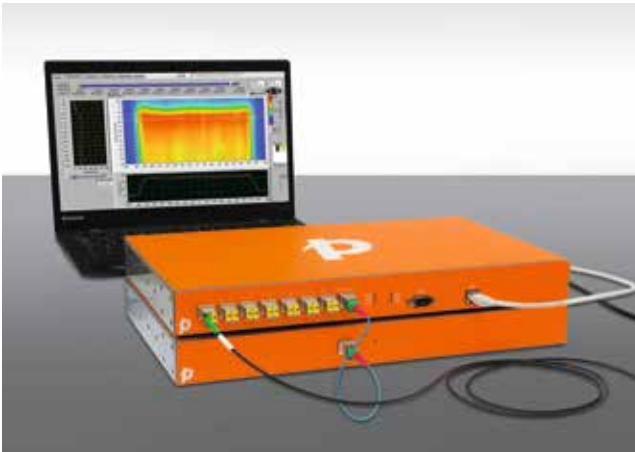
Steinparzer：对我们的很多客户来说，二氧化碳排放一直是一个重要话题。用一个形象的说法，减少钢铁生产碳足印的列车已经开足马力，不可阻挡了。很难说这列火车行进的速度会有多快，因为涉及了很多政治因素。但是，我相信，从长远来看，许多钢厂的碳足印都将大幅度减少。我们的生态方案将在这个过程中发挥重要作用——特别是因为我们有很多出色的创新方案将在今后不断面世。

普锐特冶金技术先进方案集萃

数字化连铸



普锐特冶金技术在连铸领域拥有极其丰富的经验，这直接推动了连铸技术进入数字化时代。专家系统，先进模拟软件，现代测量装置，等等，众多创新方案将连铸技术推上了新的高度。



Mold Expert Fiber利用数以千计的光纤传感器提供了详细程度令人难以置信的结晶器内部信息。

MOLD EXPERT 和 MOLD EXPERT FIBER

粘钢漏钢是造成高额维修成本和生产损失的一个主要原因。大多数产品缺陷的起源都可以回溯到结晶器，但传统的检测手段无法提供可直接使用的信息。凝固过程受到的影响，比如保护渣性能差、浸入式水口倾斜、锥度设置不当或钢水流动情况不好，往往会因为缺少可靠的结晶器信息而被忽视。普锐特冶金技术开发的Mold Expert系统能够准确地采集这些信息：关于温度、振动、一次冷却、结晶器液位和拉速的完整信息被传送给Mold Expert服务器并得到解释。这样，一旦出现临界条件就能立刻获知。除了预防漏钢，系统还包括了数量不断增加的专家方案包，能够被用来发现可能的表面缺陷，并向操作人员通报其他异常浇铸条件。Mold Expert已经成为了世界领先的结晶器监测系统，建成业绩在近期达到了200套。

系统的最新升级版——Mold Expert Fiber——将测量精度和分辨率提高到了一个全新的水平。它采用了光纤布拉格光栅技术，在结晶器内安装了光纤传感器。这就大幅度增加了测量点的数量——从标准Mold Expert系统的仅仅120个增加到2,000个甚至更多。由此获得的大量数据使得对结晶器内部情况的了解达到了令人难以置信的详细程度。除了其他优点，系统能够更精确地检测到临界条件(比如粘钢和纵向裂纹)，还能计算弯月面的流速。Mold Expert Fiber已经面向市场提供，即将投入生产应用。



Speed Expert HMI实例。绿条表示满足不同浇铸需要的可接受的拉速范围。

SPEED EXPERT

在连铸工艺中，拉速的正确选择对铸机产能和铸坯质量至关重要。为了正确地选择拉速，必须考虑很多因素和要求：过热度，钢种，质量，安全性，铸机极限，还有其他生产条件。在许多情况下，这些要求难以兼顾甚至相互冲突，比如增大产量要求提高拉速，但从安全性角度来说则需要降低拉速。

普锐特冶金技术开发的Speed Expert综合考虑所有这些要求，在任何浇铸条件下都能在它们之间找到最佳平衡。它以一系列不同的规则为基础——每项规则都对拉速有自己的要求，都有一个可接受的拉速范围。对这些规则还可以排列优先次序——如果两条规则对拉速有相反的要求，则优先级较低的一条将被忽略。然后，Speed Expert确定合适拉速范围的交集，再按照预设的原则进行选择。根据具体情况，这些原则可能是：最大限度提高拉速，达到某个特定拉速，或者只要所有要求都能满足就避免对拉速作出任何改变。在铸流凝固前实施轻压下的连铸机中，Speed Expert确定拉速的原则是，保证轻压下操作恰好在可调扇形段的末端完成。最重要的是，系统能够在浇铸过程中在线确定达到这一目标所需要的拉速。

自2015年推出以来，普锐特冶金技术Speed Expert的业绩已经达到了8套。

QUALITY EXPERT

Quality Expert是适用于所有类型连铸机的计算机辅助质量控制系统。它能够确定质量相关工艺参数，在浇铸过程中跟踪生产数据，预测铸坯的质量，发现潜在的缺陷产品。它为设备操作人员提供在线质量预警和铸流质量预报。Quality Expert共有两个版本，分别包括了产品质量评级的基本和高级功能。

在线质量控制功能在维护和设定系统中设置。灵活的规则编辑器使最终用户能够在不需要软件工程师专业支持的情况下修改或添加质量规则。预测产品缺陷类型(洁净度，表面质量，内部质量，等等)的质量规则系统也可以设置。然后，Quality Expert在线分析质量规则，显示质量评级结果。正在浇铸的热铸流和已经完成切割的铸坯都有质量预报，还有对质量问题原因的解释说明。知识库组件意味着Quality Expert容易配置，使工艺工程师能够对不断变化的质量要求和生产需要快速作出反应。Quality Expert以高分辨率记录来自基础自动化系统和过程计算机的质量相关工艺数据。所有跟踪的数据和计算结果都可以从Quality Expert的生产模块传送至Discovery系统，后者专门用于按照ISO 9001标准对跟踪的数据进行长期存档和分析。Quality Expert是连铸质量控制技术的一大改进，通

过避免产品检验和修整工作而节约成本，并且大幅度降低了材料损失和处理成本。



Quality Expert结果的显示。

Quality Expert容易配置,使工艺工程师能够对不断变化的质量要求和生产需要快速作出反应。

YIELD EXPERT

Yield Expert的作用是最大限度减少废品，优化收得率。它考虑报废坯段、质量缺陷、重量限制、样品切割、宽度变化等不同因素，目标是尽可能多地浇铸出计划产品。依靠用以确定报废坯段的先进算法，Yield Expert能够在必须考虑报废坯段时优化产品长度或产品重量。它还考虑质量相关缺陷，并且制订结晶器调宽计划以改进浇铸工艺。Yield Expert的优化算法能够通过在线直接控制而方便地启用或停用。Yield Expert的最大特点之一是，能够在实际生产设置中重现以前采用的定尺优化步骤。收得率的优化从未如此轻松，直观，透明。



Yield Expert能够最大限度减少废品，优化连铸工艺，消除质量相关缺陷。

INTERMIX EXPERT

Intermix Expert适用于所有类型的连铸机，沿整个铸流长度计算钢水混合区和成分不合要求的坏段。获取的信息使Yield Expert能够在成分不合要求的坏段之前和之后进行切割以得到合格产品，从而最大限度提高合格铸坯的收得率。

钢水的混合不仅发生在中间包内，而且发生在结晶器内和铸流起始段。这些混合区域由Intermix Expert的一个混合箱式的子模型确定，从而能够沿铸流整个长度计算出任一位置的化学成分。根据钢的化学成分，Intermix Expert能够确定，钢水混合段是否满足预期用途的要求，或者是否必须降级使用甚至作报

废处理。钢种成分、中间包重量、拉速和铸流规格等输入参数都得到考虑。计算结果显示在人机界面上，曲线图既可以包括单一元素，也可以包括多个元素。体积浓度、钢水混合区长度、报废坏段长度和铸流所含炉次等重要信息都显示在画面上。模型的设置和模拟能够在维护和设定系统中轻松实现。对任何钢种，冶金工程师都可以选择按照哪些化学元素来确定混合的结果。同时，Intermix Expert将给出关于铸坯任一位置化学成分的准确信息。Intermix Expert具有强大的模拟能力，能够精确地检验不同钢种的混合结果。

EQUIPMENT EXPERT

Equipment Expert被用来对连铸机上安装的设备进行监测，能够为操作人员提供维修工作需要的重要信息。设备可能是一个完整的扇形段，不同的辊子，一台结晶器，或者是结晶器铜板。设备的测试报告、手册和说明书都可以在人机界面上浏览。对每一件设备都规定了使用寿命或分期使用寿命的标准。这些标准可能包括炉数、浇铸时间、吨数、延续时间或者任何其他因素。Equipment Expert对每件设备都采集这些标准，并在一项使用寿命标准接近达到时通知操作人员，便于能够协调安排连铸机的预防性维修工作。



一套Equipment Expert能够同时管理多台铸机。

NOZZLE EXPERT

Nozzle Expert帮助检测所有类型连铸机的喷嘴堵塞和软管破损情况，从而在连铸工艺中确保铸流均匀冷却。通过喷嘴喷到铸流上的水使钢冷却，所以，为了防止由于喷嘴堵塞或软管破损而引起表面缺陷和产品降级，Nozzle Expert在浇铸过程中自动监测喷嘴的状态。

Nozzle Expert既可在线监测也可离线监测。在在线模式下，根据“开浇”信号自动开始计算，并在整个浇铸过程中持续监测喷嘴状态。在离线模式下，可以在浇铸间歇人工启动Nozzle

Expert对二冷系统进行检查，这样做的优点是能够在恢复浇铸前发现和修复任何喷嘴问题。在空闲模式下Nozzle Expert能够进行更详细的检查，因为此时可以选择合适的水流量。在人工检查时，水流量可以涵盖从最小到最大的整个范围，还可以对控制器的性能进行检查。结果被记录在报告中。报告给出所有冷却区的状态以及每个冷却区域的详细信息，包括所有相关数据随时间的变化趋势。Nozzle Expert以统计模型为基础，指示出每个冷却区内堵塞喷嘴的比例。因此，操作人员只需要检查发出了报警的冷却区。这种高效率的方案显著减少了维修工作量，节省了检查喷嘴状态花费的时间。



依靠维护和模拟系统，客户能够向专家提供实时数据以获得远程指导。

维护和模拟系统 用以测试连铸工艺的修改

钢铁行业正在走向全自动连铸，这将大幅度降低人为失误的可能性和显著提高工作安全性。同时，经过充分验证的普锐特冶金技术自动化产品为监测和优化连铸工艺提供了极好的机会，而开创性的基于组件的结构则保证了极大的灵活性。

维护和模拟

作为连铸优化方案包的一个组成部分，普锐特冶金技术提供一种全合一式设置、测试和维护工具。“维护和模拟系统”（MSS）方便了自动化系统参数和设置的维护，包括工艺模型套件DynaPhase、Dynacs 3D和DynaGap Soft Reduction在内(详见第62 - 63页)。所以，MSS能够在日常工作中为冶金工程师提供帮助，让他们录入铸机尺寸，冷却要求，以及描述每个冷却回路的配水和传热、辐射、辊子散热、结晶器传热和自然对流的公式。另外，它还具有下列功能：

- 软件的部署, 启动, 停止, 重启, 以及铸机优化过程的持续监控和故障排除
- 基础自动化数据的在线检查和紧急情况下的重写功能
- 冷调试或与原有系统并行运行期间对基础自动化数据一致性的长时间

真实设备的“数字孪生体”

MSS的模拟部分提供了在离线环境下测试参数变化和对操作人员进行培训，以保证系统顺利启动的必要功能。它创建实际工厂设备的一个虚拟实例——真实设备的“数字孪生体”。这使技术人员能够在将新设备或参数修改应用于实际连铸工艺前进行充分的模拟。它消除了对当前生产的任何影响，最大限度降低了发生意外的风险。它使用预写的脚本文件，方便了各种浇铸条件的测试，还能重放过去的事件。数字孪生体还能够进行应力测试，从而预测出任何改动的长期影响。



离线模拟 确保板坯达到高质量

蒂森克虏伯欧洲钢铁公司(TKSE)德国杜伊斯堡-Beckerwerth厂对两台板坯连铸机进行了升级,安装了先进的普锐特冶金技术工艺模型。升级内容还包括安装维护和模拟系统(MSS),这使普锐特冶金技术专家能够通过远程连接离线模拟浇铸工艺,从而最大限度降低对现场生产的影响和减少前往现场的次数。该系统早在调试阶段就已经表现出了明显的优点:在离线操作时,Dynacs 3D二冷模型在铸流的两个冷却区发现了喷淋水分布不均匀的问题。在MSS中进行的新型喷嘴模拟表明会有很好的改善效果——当在生产中真正实施了这一改动之后,很快就达到了出色的板坯表面质量,完全确认了模拟结果。

“数字孪生体” 离线模拟避免了修改参数或引入新设备对当前生产造成影响。



依靠机器学习 优化连铸工艺

Daniel Fuchshuber是普锐特冶金技术连铸工艺优化主管。

哪些工厂能够从像MSS这样的“数字孪生体” 离线模拟中受益最大?

Fuchshuber:我认为,那些希望把产品范围扩大到特殊合金钢种和需要投资新建或升级设备的工厂受益最大。它的重要价值在于,能够事先详细模拟这些变化的结果,从而相应制定投资计划。

你认为,连铸数字化的未来发展在哪些方面潜力最大?

Fuchshuber:我认为,目前有两种趋势:自主浇铸和数据分析。现代连铸机安装了非常复杂的系统,需要大量的知识才能正确地操作。为了获得最好的质量,自动化系统需要评估当前的浇铸条件,并自主采取正确的对策。在采集生产数据的基础上长期进行数据分析,能让钢铁企业找到可以改进的地方。

从中期来看,你认为人工智能和机器学习能够发挥很大作用吗?

Fuchshuber:长期的数据分析将变得非常重要,但这些分析相当复杂和耗时,而且需要大量诀窍。通过把机器学习结合到分析方法中,我们为生产人员提供了一种切实可行的方式解读数据的有效工具。

开创 连铸的未来

作为连铸技术的开拓者之一，普锐特冶金技术的连铸创新历史可以回溯到上世纪60年代，而且至今一直是先进工艺模型开发和实施的先锋，始终坚持以最大限度提高工艺效率和产品质量为目标。早在上世纪70年代，普锐特冶金技术的前身公司之一奥钢联工程技术公司(VAI)就推出了用以分析铸流高温力学行为(比如鼓肚和材料蠕变)的先进的非线性模型。这些工作的成果催生了大量普锐特冶金技术至今仍在连铸机上采用的工艺和设备设计。

如今，先进工艺模型在连铸中的应用对于满足不断变化和日益苛刻的市场要求仍然不可或缺。模型还能帮助满足下游应用对于新型特殊钢种越来越多的要求。因此，普锐特冶金技术继续在这一领域大力创新，特别是提供种类齐全的专用技术方案包

和模型，涵盖了连铸工艺的所有方面——从浇铸平台直到出坯区。

近年来连铸自动化方案的进步，比如DynaPhase、Dynacs 3D和DynaGap Soft Reduction 3D模型的推出，令人对这一雄厚实力更加印象深刻。这些动态二冷和轻压下方案包考虑了钢的收缩和相变等热力学因素，极大地提高了铸流凝固阶段的质量控制水平。

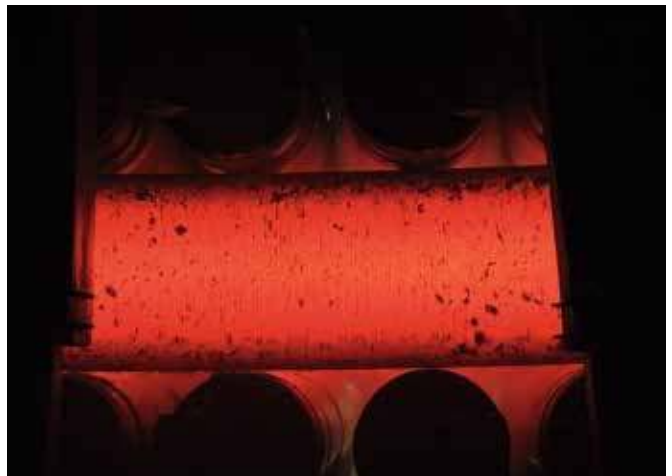
普锐特冶金技术的所有工艺模型正在越来越多地相互组合，以最大限度提高操作效率和产品质量。这不仅让操作人员的工作变得轻松，而且保证了客户获得使自己在相关市场成功胜出的工具和技能。

DYNAPHASE

铸流三维温度分布的计算需要准确地了解钢种的热力学性质，包括热焓、固相比例、密度和导热率随钢水温度的变化。不过，在大多数情况下，冶金工程师事先并不掌握这些热力学指标。为了获得近似值，通常将钢种分成不同类别，对每个类别取一个化学成分平均值，然后通过实验来确定每个钢种类别的相关材料性能。得到的数据由冶金工程师人工输入维护和模拟系统(MSS)，这是一个很耗时间的过程。不过，实际生产表明，在浇铸某个特定钢种类别中的不同钢种时，最终凝固点的位置可能相差半米甚至更大。这一事实催生了对于钢种实际性质在线计算工具的需要。

通过采用DynaPhase软件模型，能够根据特定温度下钢中共存相的相对比例在线计算每个具体钢种的热力学性质。这些信息被输入Dynacs 3D系统，用以计算铸流的三维温度分布。这种协同采用DynaPhase和Dynacs 3D工艺模型的作法在业界独一无二。

业绩数量：14(自2013年该工艺模型推出以来)；2018和2019年间还将执行另外14个项目。



DynaPhase工艺模型能够根据钢水的实际成分计算钢种的属性。

DYNACS 3D

计算机性能的不提高使得铸流上任一点温度的实时计算成为可能。Dynacs 3D工艺模型根据这些信息得出详细的三维温度分布，为全面优化二次冷却奠定了基础。该模型求解传热方程，并且考虑温度对于钢的密度的影响和以及板坯厚度和宽度随位置的变化。Dynacs 3D精确地计算表面辐射传热、自然对流传热以及对连铸辊和喷淋水的传热。模型对喷淋水冷却和喷雾冷却都适用。它还考虑了喷嘴的喷淋水分布模式和喷淋水的实际温度。

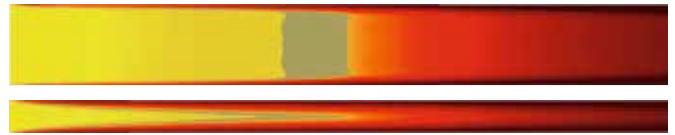
根据这些精确的温度计算，能够通过采用移动式三维喷淋喷嘴而分别控制每个冷却喷嘴的水流量和精确位置。这样能够可靠地达到铸流表面温度的目标值，从而保证铸流表面冷却均匀，表面质量出色。

在浇铸过程中，掌握沿整个铸流长度的温度分布能够帮助准确地确定最终凝固点，从而预先优化施加轻压下以消除中心疏松。Dynacs 3D和DynaPhase工艺模型的结合还让它们能够作为功能强大的离线模拟工具而使用，为新钢种开发确定需要的冷却制度。

业绩数量：该工艺模型自2011年推出以来已安装在60多台连铸机上；2018和2019年间还将执行另外17个项目。



铸流表面温度分布计算结果(顶视图和侧视图)



铸流中心温度计算结果(顶视图和侧视图)

DYNAGAP 3D

DynaGap Soft Reduction 3D (DynaGap 3D)是能够动态改变板坯和大方坯连铸机辊缝的先进工艺模型。它同Smart或Single Roll DynaGap (SRD)这样可远程调节的扇形段和拉矫机(WSU)相互配合，通过调节辊缝来改变铸坯厚度，从而消除中心偏析和减少疏松，改善铸坯的内部质量。

根据Dynacs 3D热跟踪模型提供的包括钢的收缩在内的详细在线信息，DynaGap 3D动态计算需要的辊缝设定点。根据铸流凝固状态和铸流厚度计算曲线而控制连铸辊的动作，是准确调节辊缝并因此而改善产品质量的决定性因素。优化调节连铸辊还能避免在铸流上施加过大的压力，从而减少不必要的连铸辊磨损。

通过高度精确地控制辊缝，还能实施更多的浇铸制度，包括高速连铸带液芯压下、扩展轻压下和重压下，从而进一步减少疏松和提高产品质量。由于采用了模块化的设计和配置，这种工艺模型可以安装在由第三方提供基础自动化系统的现有连铸机上。

业绩数量：该工艺模型自2011年推出以来已安装在50多台连铸机上；2018和2019年间还将执行另外11个项目。



基于DynaGap Soft Reduction 3D的精确辊缝调节能够保证出色的产品质量。



OsciChecker Wireless分析振动装置的状态,帮助减少漏钢和提高表面质量。

OSCICHECKER WIRELESS

OsciChecker Wireless的设计能够分析连铸机振动装置的状态,优化结晶器润滑条件,从而合理安排维修,减少停产,减少漏钢,提高铸坯表面质量。铸机操作人员可以使用该装置测量结晶器振动的幅度、频率和波形,它对板坯、大方坯和小方坯连铸机都适用。

OsciChecker Wireless的组成包括:多至4个测量传感器;一块校准板;一台测量装置;一套数据采集和分析程序;和一个带有坚固保护壳的测量箱。它利用放置在结晶器上的电容式加速度传感器检测结晶器的空间动作,包括沿浇铸方向的水平动作和沿振动方向的垂直动作。这些传感器可以通过标准的USB或mini-USB线充电,采用的磁性固定方式保证了测量的稳定性和精确性。将它们在结晶器或振动装置上放好后,就可以开始测量。不仅能够测量浇铸方向和垂直方向上的动作,而且能够测量负滑脱时间和百分比。OsciChecker Wireless还能确定振动频率的总谐波失真。

OsciChecker Wireless体积小但作用大,能够测量振动装置在所有三个方向上的动作,并且存储和以三维方式显示测量数据。无线数据传输完全不需要导线,保证了使用的方便性和灵活性。系统的便携式设计意味着能够在铸流之间方便地移动,而预防性维修则意味着能够避免停产和漏钢。



自动热电偶检测器适用于所有类型热电偶,确保优化传感器性能。

自动热电偶检测器

自动热电偶检测器是一种计算机辅助工具,用以检测热电偶的安装质量。每次检测时,都以完全相同的强度在相同的位置对铜板进行加热,因而保证了不会对铜板造成损坏。

该装置以极高的精度进行温度测量,偏差小于 0.1°C 。热电偶和铜板之间的任何接触不良都能被发现。自动进行和高度重现的电偶加热有助于大幅度提高电偶的安装质量,使电偶问题造成的结晶器更换减少到最低程度。

自动热电偶检测器作为一种便携式装置而供货,直接与标准的热电偶连接器连接。它对窄面和宽面的质量检测都适用,而且既可以检测单块结晶器铜板(在维修区),也可以对组装后的结晶器铜板进行检测(在铸机上)。测量臂由操作人员按照软件的要求人工移动到一排预定(可锁定)的热电偶处,然后以全自动方式依次加热这一排的每支电偶,对它们的温度结果进行分析。整块铜板都完成检测后生成一份报告,任何接触不良的电偶都被标注出来。

自动热电偶检测器消除了加热位置不正确造成的测量误差,保证了热电偶性能达到最佳水平,从而大幅度减少了维修工作量。记录的数据还可以用来改进质量管理。



设计可靠、精度极高的锥度测量装置适用于任何传统的板坯连铸机。

TAPER CHECKER WIRELESS

Taper Checker Wireless是一种锥度测量装置，能够在开始浇铸前检查结晶器，并对其进行调节以达到公差要求。使用长期稳定的倾角仪测量结晶器侧壁，对于确保结晶器窄面锥度正确至关重要，能够最大限度减少漏钢和提高板坯表面质量。

Taper Checker Wireless实际上消除了所有人为失误，比如输入不正确的标定值。操作人员唯一的工作是测量两个窄面和按下传送按钮，正确的测量值将以无线方式发送给自动化系统。

测量装置上的一个小显示屏将显示出校正值，使操作人员能够检查锥度测量值的合理性。Taper Checker Wireless还可以用在维修区，在这里不用进行无线标定。

Taper Checker Wireless的性能非常稳定，这意味着，在正常情况下精度和使用效果都不受实际测量过程的影响。优化设计的系统使锥度测量变成了一项快速方便的操作，因此适用于任何传统的板坯连铸机。由于采用了模块化设计，该系统还能针对不同客户的需要进行低成本定制和配置。

敬请下载我们的产品宣传册，更多了解普锐特冶金技术“工业4.0”测量装置：bit.ly/checkerspt



让测量变得简单和直观

Nicole Oberschmidleitner是普锐特冶金技术机电一体化产品主管，已在公司工作了16年。

现代测量装置最重要的目标是什么？

Nicole Oberschmidleitner: 主要目标是确保所有相关的生产设备能够优化运行，方便维修工作，保留完整资料，为产品分析提供依据。

测量装置是否因为数字化趋势而出现了变化？

Oberschmidleitner: 当然是。总的来说，一直以来的要求都是开发更多使用软件的装置，以便让操作人员轻松一些。你可以把这一发展和近年来智能手机摄像头的发展作个对比。它们的软件使它们能够拍出非常好的照片，尽管你不太清楚其中的原理。另外，测量数据现在都能自动传送到自动化系统中进行校验，避免了人为错误。

将来，测量需要的人手会减少吗？

Oberschmidleitner: 测量的效率很显然已经提高了许多，现在可以同时得到多个数据。今天的技术的主要优点是，操作人员不必是专家，因为测量过程在很大程度上是自己完成的。

普锐特冶金技术先进方案集萃

数字化轧制



在未来型钢厂中，复杂的热轧和冷轧工艺变得更容易控制。智能传感器，新一代数字化工艺模型，先进的冷却技术，等等，都能够保证最终产品稳定达到更高质量水平。



热轧



冷轧



长材轧制



铝轧制

信息物理冷却模型

在2010年，开发一种创新性冷却模型的全新设想掀起了一场工作浪潮，目标是在若干年内将其付诸实施。目前，该模型的设计采用了一种综合性的热力学方案，实时计算从粗轧机开始直到卷取机的带钢温度、相成分和微观结构。

工艺模型不仅控制冷却装置，而且能够控制强力冷却增压泵甚至水管理用泵。冷却模型始终提前掌握用水量的需要，这一事实具有两大优点：以无与伦比的动态能力控制大量水的使用，对泵和水的高效控制确保降低生产成本。

模型的另一个特点是全面控制中间坯、最终带钢和卷取机的温度。根据粗轧机后中间坯温度的测量，冷却模型预测随后整个工艺过程的轧制温度，并且按照优化的速度曲线控制精轧机的速度。由于此后的轧制速度成为了一个已知的因素，终轧和卷取温度的精确性大大提高——尤其是对于死区时间很长的厚带钢。

加上普锐特冶金技术开发的机电一体化方案包——配有连续控制阀和矢量控制泵的冷却系统——新的冷却模型构成了信息物理系统。它能够减少合金元素和能量的需求而降低生产成本，还能提高产量和质量，并且为生产新钢种创造了条件。



信息物理冷却模型能够提高产量和降低生产成本。

基于模型的带钢宽度控制



如今的热带钢轧机基础和过程自动化系统面临的主要挑战是，减小精轧后的带钢宽度偏差，避免宽度小于最低要求。为此，普锐特冶金技术开发了基于模型的带钢宽度控制方案。它利用张力来控制精轧机中的带钢宽度，从而对宽度偏差进行补偿。

在精轧机之前和之后对宽度偏差进行测量。入口宽度偏差和带钢温度分布不均引起的宽度偏差通过前馈宽度控制 (FFWC) 而减小，剩余的出口宽度偏差则通过反馈宽度控制 (FBWC) 而减小。另外，基于模型的前馈宽度控制还考虑了辊缝处的展宽和机架之间蠕变的影响。利用张力控制进行的宽度偏差补偿仅对低频宽度偏差有效。

热带钢轧机的带钢宽度一般通过粗轧机对带钢的立辊轧制而确定。精轧机之后的宽度偏差来自于精轧机之前的宽度偏差和精轧机内部发生的不均匀展宽。精轧机的展宽行为同辊缝处的展宽和机架之间的蠕变有关。辊缝处的展宽，受厚度减薄、前后张力和带钢凸度变化率等因素的影响，而机架之间的蠕变取决于屈服应力、带钢温度、单位张力、机架间距和带钢速度等因素。

FFWC和FBWC的主要测量装置分别是安装在粗轧机和精轧机之后的标准测宽仪。如果产品种类很多，精轧机入口的带钢温度变化很大，那么，在精轧机之前进行温度测量能够改善FFWC的性能。粗轧机出口宽度的信号处理是FFWC的一个重要组成部分，它在精轧机入口跟踪滤波后的粗轧机实际出口宽度和基准出口宽度，以满足FFWC的需要

这种基于模型的控制方案能够确保提高带钢质量，并且因为减少了超宽而增大产能。通过降低精轧机的基准张力，为最小宽度留出的余量得以减小，因而能够提高产品收得率。

楔形和侧弯控制



理想的轧制带钢应当笔直(即没有侧弯)和左右厚度对称(即没有楔形)。遗憾的是,如果通过转动辊组来消除板坯的楔形但不采取进一步的应对措施,结果会产生侧弯——这从质量角度来说甚至比楔形更糟糕。普锐特冶金技术开发的楔形和侧弯控制方案采用了一系列技术来解决这个问题:利用摄像头可靠地读取带钢位置;沿带钢整个宽度测量厚度;对粗轧机和精轧机进行精确的工艺建模;将立辊轧机作为矫直设备使用。其结果是,楔形减小到最低程度,而侧弯以及穿带和甩尾时的堆钢得以避免。

为了达到这样的结果,该方案创造性地集成了多个组件。首先,模型辅助的板坯间粗轧机架转动减小了楔形,但仍有足够的横向材料流动。由此可能引起的任何侧弯由立辊轧机通过反向道次矫直。其次,安装在粗轧机之后的一个侧弯测量装置不仅给出侧弯数据,而且给出头尾可能产生钩形的信息。第三,用以监测精轧机组中带钢横向位置的摄像头为普锐特冶金技术“Steering Expert”的两个功能提供支持:补偿侧弯对前部机架纠偏影响的穿带控制,以及解决纠偏问题和稳定带钢运行的带钢导向控制。

整套方案都在蒂森克虏伯欧洲钢铁公司进行了安装和测试,结果非常令人鼓舞。即使本方案只是部分实施,楔形和带钢导向问题也将明显改善。



一种组合式技术方案包能够在轧制工艺中不引起侧弯的情况下减小楔形。

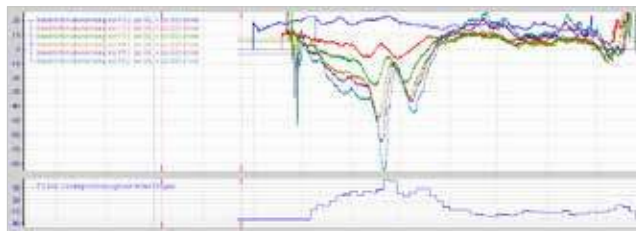
基于视觉技术的带钢转向控制



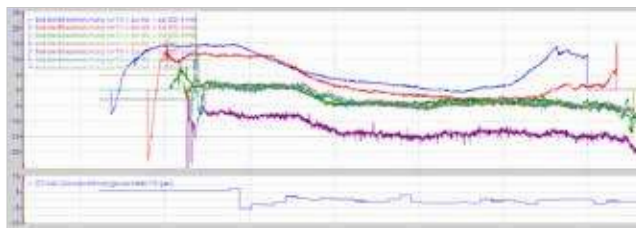
普锐特冶金技术电气自动化部和蒂森克虏伯欧洲钢铁公司合作开发了一种基于视觉技术的新型热带钢轧机带钢转向控制系统。方案开发的目的是,达到更加严格的带钢形状和平直度公差指标,进一步提高带钢质量。另外,侧弯问题也需要解决。最终的方案满足了所有这些要求。在测试期间,为了验证和统计带钢转向控制系统的有效性而生产了将近18,000个带卷。结果表明,当转向控制系统启用时,带钢的侧向位移大幅度减小;而在系统关闭时,侧向位移同精轧机之后的厚度楔形有密切关联(请见下图的效果对比)。测试轧机轧制的所有产品都得到改善,包括了所有常见的钢种。

虽然整个带钢转向控制系统非常先进,采用了尖端的控制技术,但如果没有可靠的传感器将无法充分发挥作用。由于热带钢轧机的运行条件十分恶劣(存在大量灰尘和冷却水喷溅),传感器必须能够耐受这样的环境。技术专家们选择了一种叫作“ShapeMon”的定制型光学传感器——一种侧弯和中心线组合测量装置,也能可靠地测量带钢宽度。鉴于该方案获得了出色的结果,蒂森克虏伯决定在其杜伊斯堡厂定期使用基于视觉技术的带钢转向控制系统。

虽然整个带钢转向控制系统非常先进,采用了尖端的控制技术,但如果没有可靠的传感器将无法充分发挥作用。由于热带钢轧机的运行条件十分恶劣(存在大量灰尘和冷却水喷溅),传感器必须能够耐受这样的环境。技术专家们选择了一种叫作“ShapeMon”的定制型光学传感器——一种侧弯和中心线组合测量装置,也能可靠地测量带钢宽度。鉴于该方案获得了出色的结果,蒂森克虏伯决定在其杜伊斯堡厂定期使用基于视觉技术的带钢转向控制系统。



不采用带钢转向控制时连续机架中的带钢侧向位移和轧材的厚度楔形



主动采用带钢转向控制时连续机架中的带钢侧向位移和轧材的厚度楔形

依靠人工智能 提高钢厂的智能化水平

Günther Winter加入普锐特冶金技术已逾38年，参加和主持了为世界各地客户开发创新性自动化方案的大量工作。他从整体角度看待工艺自动化，努力帮助钢铁企业全面优化生产运行，最大限度提高效率和效益。



您认为推动数字化面临的关键挑战是什么？

Günther Winter: 首先，数字化将会提升整个冶金生产链创造的附加值。举例来说，提高生产能力、操作灵活性和产品质量，都是这方面的表现。不过，钢铁企业面临的一个关键挑战是，怎样把熟练操作人员的知识传授给下一代员工。在很多情况下，新员工的经验远远少于他们的前辈。这个问题在今后将会变得越来越普遍。数字助理和诀窍的数字化将能够为我们的客户提供支持。我们的跨工艺优化，还有维护和资产技术，就是智能化生产叠加系统的例子。它们能够应用现有的操作和维修诀窍，并且提供高质量的数据库用以训练基于人工智能的软件系统——比如数字助理。另外，信息物理系统，也就是我们的下一代过程自动化系统，将和我们的数字助理和智能化生产叠加系统优化协调。它们将把工艺控制变得更具有自主性和更加可靠。

数字化的目标是把一家工厂内的所有工艺步骤连接起来，从而控制和优化总体效率。这是一个很大的目标。那么，我们在这方面进展如何？

Winter: 和其他行业相比，钢铁行业在总体上处于工艺自动化的领先水平已有很长时间——对普锐特冶金技术来说尤其如此。这是一个事实，不过大多数自动化系统仅限于生产链的特定部分，而且是以异构系统为基础，相互连接的难度较大。可是，互连性是一项技术加入物联网的一个必要前提。很多钢铁企业将不得不升级它们的设备，以便能够利用软件来准确地反映和连接它们的工艺。这会是一个持续的过程，比如通过现代

化改造项目。普锐特冶金技术能够为客户提供可扩展的现代化改造方案包。

您认为会有哪个国家在推动数字化钢铁生产方面比其他国家力度更大吗？

Winter: 中国政府推出了称为“中国制造2025”的计划，重视程度非同一般。不过，我们也看到，我们在欧盟、美国、日本和其他国家的客户在相关项目上的进展同样令人印象深刻。

人工智能会在将来的钢厂中发挥作用吗？

Winter: 是的。我很骄傲地说，普锐特冶金技术是人工智能领域的一家领先者。我们在上世纪90年代中期就面向钢铁行业推出了机器学习和神经网络。从那以来，我们在利用人工智能提升工艺模型方面获得了很多业绩。我可以举出一些具体例子：我们的Acoustic Expert，一种对记录的声音进行智能化分析的技术，是一个出色的状态监测工具。另外，我们的跨工艺优化系统给出相互关联的历史数据，为数据分析和专家系统的创建打下了很好的基础，能够对整个钢铁生产链进行全面精调。近年来，机器学习技术取得了非常大的进展，尤其是在成像、自主系统和数字助理方面。我认为，冶金领域的机器学习将继续发挥重要作用，尤其是通过数字助理对我们的先进信息物理系统提供补充。总体上，普锐特冶金技术正在不断扩大技术方案的范围，在我刚刚提到的所有这些方面和其他很多方面都采用了人工智能。



普锐特冶金技术开发经理Peter Hunt演示相变监测器的功能。

相变监测器

相变监测器在钢冷却的过程中实时在线测量钢中的铁素体含量，从而直接监测从奥氏体到铁素体的相变过程。它采用了英国曼彻斯特大学授权的EMspec技术。

相变监测器从根本上改变了测量辊道上带钢表面温度的传统方法。后者很容易出错，因为温度读数受其他因素影响很大，比如带钢表面的氧化皮或水会使读数降低。而在使用相变监测器时，传感探头一直被水冲洗，避免了表面材料引起的信号错误。一个或多个传感探头安装在辊道上低于轧制线的位置。每个水冷探头都与热带钢非常靠近并产生一次磁场，而该磁场与热带钢相互作用，产生的二次磁场用传感探头检测。奥氏体的磁导率较低，而铁素体的磁导率较高。相变监测器就是利用这一差别来测量已发生相变的比例。

相变监测器直接测量相变，这使它明显优于常用方案，即利用模型来确定控轧控冷产品的微观结构。这类模型通常要依靠并非仅与微观结构关联的参数。如果特定钢种并不完全转变成铁素体，还有一个更有效的测量指标是相变指数，即最终产品中奥氏体和铁素体的比值，它同材料类型有关。相变监测器既可为新建轧机配备，也可安装在现有轧机上。

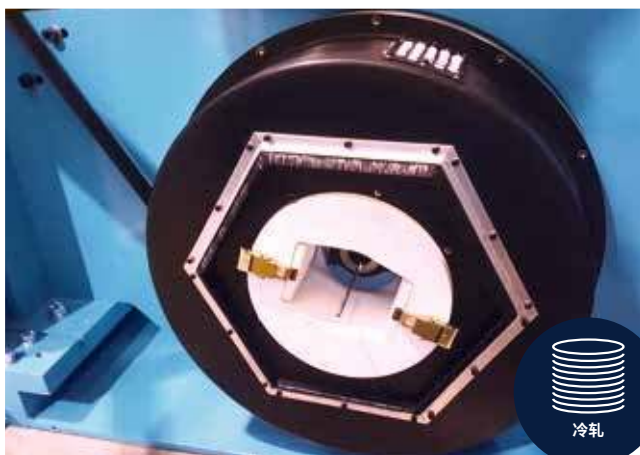


经验丰富的技术人员正在英国克赖斯特彻奇组装精密的空气轴承式板形仪。

空气轴承式板形仪

普锐特冶金技术开发的空气轴承式板形仪能够精确地测量金属轧材(带材和箔材)的形状。它提供了连续和高度精确的测量读数，即使在低轧速下也能达到很高的信号响应速度。由于具有模块式结构，空气轴承式板形仪适合于几乎任何应用，而全部功能不受影响。该装置的核心是一根由安装在固定的不锈钢轴上的空气轴承所支承的精密修磨硬化转子组成的辊子。每个转子都由一组喷嘴提供空气，而喷嘴与位于不锈钢轴中心的一个共用气室连接。这样的设计降低了转动元件的惯量，最大限度减小了空气轴承的摩擦阻力，从而不需要使用辅助传动。

空气轴承式板形仪的工作原理浅显易懂：每个轴承内部上方和下方的压力差与施加在转子上的负荷成正比，因此能够沿金属轧材的整个宽度计算出每个转子所在位置的张力。这样，空气轴承式板形仪就能获得足够多的数据，从而描绘出轴承的板形或“形状”。每个压差输出都由高精度气压传感器进行测量。传感器位于传感器外壳内，后者安装在不锈钢轴末端，并通过一根铠装信号线连接。40年来，空气轴承式板形仪已在世界各地安装了超过600套，依靠出色的性能创下了良好口碑。它精度高，结构坚固，采用模块化设计，很少需要维修，对产品质量具有显著的改善效果，能够确保优化轧制工艺，因而赢得了许多普锐特冶金技术客户的信赖。



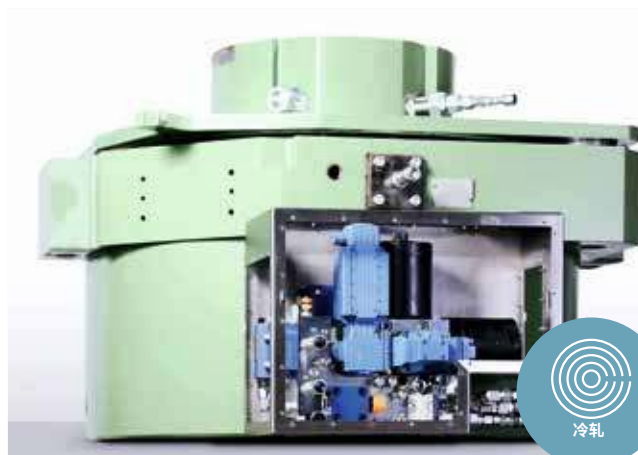
Orbis+能够在每米长度上比其他技术测出更多的形状,同时确保极高的在线精度。

ORBIS+ 旋转测量仪

Orbis+是一种旋转式测量仪,能够连续测量棒线材轧机中的热轧件,并将这些信息传送给自动化系统。系统的组成包括一个在线表头和一个操作站,前者能够耐受恶劣的轧机环境,后者以数字或图形方式将产品的尺寸和形状显示在可配置用户界面上。

可自由旋转的光学装置使测量仪能够不受产品方向的限制,测量并显示圆形和非圆形产品的尺寸。光学系统包括了一个平行光源和一台双线或单线扫描相机,安装在一个旋转组件上,并被密封起来以免受到轧机环境的影响。背光是平行光线,由LED和透镜组发出并通过整个视野。当产品通过测量仪时会挡住光路,使线扫描相机捕捉到阴影,再由一个简单的校准算法转换成绝对测量值。可以选择使用一台高温计测量产品温度,这个数据被用来修正热态尺寸,将其换算成冷态测量值后再显示在操作界面上,从而帮助迅速判断出是否需要调整。

显示时采用极座标图的方式,意味着任何棒材缺陷(过充满,未充满,错辊,等等)都被放大,使操作人员能够立刻发现轧制工艺中的潜在问题。到目前为止,Orbis+的建成业绩已经达到了200套。它伴随着计算机能力和光学技术的进步而不断改进,并且兼容过去提供的测量仪表,从而保证了延长使用寿命。



ChatterBlock方案是一种独特的防振系统,能够有效地消除冷轧机的第三阶振动。

CHATTERBLOCK 轧机振动控制

轧机容易产生许多不同的振动现象,特别是在以高速度轧制薄规格高强钢的时候。这些振动会对冷轧机的产品质量和产能造成显著影响。最具破坏性的轧机振动形式称为“第三阶振动”,通常发生在90 - 150 Hz的频率范围内。它是一种自激振动,这意味着一旦发生就会快速加重,导致不稳定和不可控的轧制条件。

ChatterBlock方案是一种独特的防振系统,能够有效地消除冷轧机的第三阶振动。它以对振动现象的深入根源分析为基础。在分析过程中,普锐特冶金技术专家发现,轧机振动是发生在辊缝处的一种由工艺参数诱发的不稳定性。因此,方案需要一种能够将轧机带回到稳定和可控状态的稳定系统,它的核心功能是在不影响轧机自动厚度控制系统的前提下在轧制力油缸上施加一个阻尼作用。因此,普锐特冶金技术开发了定制控制器算法,并且采用了动态性能极佳的全新伺服阀和液压设计方案,以控制90 - 150 Hz频率范围内的振动。

结果表明,最高轧机速度能够提高10%,这意味着轧机产能明显增加。ChatterBlock Control作为一种自主型技术方案包而提供,可以根据新建和现有轧机对振动方案的不同要求而相应修改。通过抑制不希望的轧机振动,生产企业还能因为延长设备使用寿命、改善产品质量和提高利润率而受益。



UCMFlat优化普锐特冶金技术万能凸度控制轧机的带钢平直度指标。

UCM FLAT — 新型平直度控制系统 适用于6辊万能凸度控制轧机

来自日本的机电一体化诀窍，加上来自德国的电气自动化技能：普锐特冶金技术国际团队为冷轧带钢生产开发了一种先进的平直度控制系统。该系统是对6辊万能凸度控制轧机(UCM)技术的有效补充，能够优化执行机构的使用以尽早防止不合格问题出现。它以常用的平直度控制方案为基础，但作出了大幅度改进：

- 基于模型的执行机构效率计算
- 基于模型的平直度误差优化器
- 基于模型的控制原理

UCM Flat包括了一个新的结构化控制软件，使操作变得简单直观。UCM Flat软件的主要优点是，普锐特冶金技术的数十年平直度控制经验保证了它的高度可靠性。普锐特冶金技术开发了一种称为“ChartConverter”的应用程序，能够自动将UCM Flat软件传送到不同类型的自动化平台，从而确保UCM Flat能够在大大超出目前的范围内优化实施。

当作为独立方案与测量系统结合使用时，这种平直度控制是现

UCM FLAT的主要优点

- 改善带钢平直度指标
- 缩短轧机改造的投产时间
- 可靠执行生产计划
- 降低客户的风险

有自动化系统的理想升级方案。另外，它还可以集成到更大规模的普锐特冶金技术自动化系统中。

这种新型控制系统已经在普锐特冶金技术广岛测试设施的一套6辊UCM轧机上进行了成功的测试。在测试期间，对控制系统和机电方案包进行了全面调整和优化。初步的轧制试验取得了明显的改善效果，不合格问题明显减少，带钢头尾的超差长度显著缩短。



采用普锐特冶金技术快速换辊(FRC)专利技术能够在不停机的情况下更换工作辊。

不停机快速换辊 以提高轧机作业率

停止连轧机的运行容易引起带钢缺陷，还会造成生产损失。带钢表面印痕和厚度偏差可能超出质量控制限值，使得相应部分的带钢必须被切除。

根据带钢表面质量的目标值(比如在高端不锈钢轧机的运行中)，可能每轧制2或3卷带钢就需要换辊。对于今天的钢厂，这意味着生产线必须频繁地停止运行和重新启动。

采用普锐特冶金技术快速换辊(FRC)专利技术，能够在不停机的情况下快速完成工作辊的更换。该技术的基本思路是：某个暂停使用的机架(假设4号机架)已在轧制线运行过程中更换了新辊，换辊时它的辊缝处于打开状态。一个正在使用中的机架(比如3号机架)如果需要更换磨损辊，其辊缝将在焊缝通过时打开，这样就可以进行换辊操作。只要3号机架没有恢复运行，它在正常情况下的厚度减薄任务就自动被已经换上新辊的机架(在我们的例子中是4号机架)承担。因此，生产无需中断，保持了连续性。

主要优点

- 提高生产稳定性
- 增加生产时间,提高产量
- 缩短超差长度,提高收得率
- 发生故障时有热态(工作)备件可以使用

在轧机上采用FRC技术，最多能够使其年产能提高8%，具体幅度同轧制速度、换辊频率和产品类型有关。举例来说，如果年生产能力为100万吨，而不锈钢的附加值为60美元，这意味着每年可以增加效益480万美元。

如果轧机轧制的材料需要所有机架全部保持运行以保证带钢达到最大压下量，为了采用该方案可以为该轧机增加一个机架。相应的投资通常在1 - 2年内就能收回。



即使很小的带卷偏心度都可能造成带钢张力波动,因而引起带钢厚度偏差和表面缺陷。

带卷偏心度补偿 应对张力波动

当冷轧带钢卷取在芯轴上时,带卷从来不会成为完美的圆形,而是略有偏心。这种偏心现象的产生有很多不同的原因:

- 由皮带助卷器缠绕在卷取机芯轴上的带钢头部会引起冲击,而且会传播到每一圈
- 从钳口(不使用皮带助卷器时)伸出的带钢头部引起冲击
- 在可逆式轧机上,经过几个道次后带钢头部和尾部之间产生厚度差,而且带钢主体部分也有厚度差
- 卷取机芯轴机构本身不平衡

这种带卷偏心度会造成带钢张力波动,因而引起带钢厚度偏差和带钢表面缺陷。

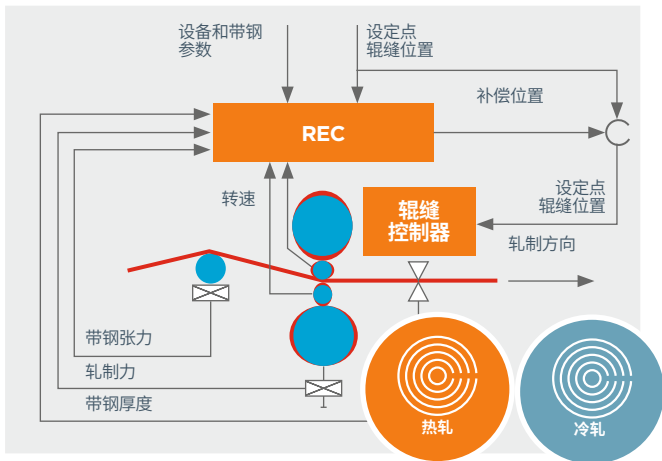
由于卷取机的每一圈转动都会引起张力的反复波动,波动的频率取决于转动速度。在高轧速下,这些周期性变化的速度远远快于闭环张力控制器的补偿速度。另外,被控制系统的行为还随速度、带卷直径、带钢规格和道次压下量等因素而明显变化。

CECO的主要优点

- 提高带钢质量
- 易于在现有系统中实施
- 投资回报快
- 维修方便

为了解决这个问题,普锐特冶金技术推出了适用于所有带钢类型和带卷直径的带卷偏心度补偿(CECO)方案。它是一种基于模型的控制,利用了偏心形状在卷取过程中相对保持稳定的特点。CECO能够在卷取若干圈后建立一个偏心度模型。通过一个逆向设备模型,偏心度被转换成卷取机传动的一个补偿转矩(预控制)。

结果,带钢质量明显提高:带钢张力的稳定改善了带钢厚度公差和带钢表面质量。



轧辊偏心度补偿(REC)消除了轧辊偏心度对带钢厚度或张力的影响。

轧辊偏心度补偿

轧机中的轧辊从来不会是完美的圆形，而是有一定的偏心度。这一现象的产生有很多不同的原因，比如：

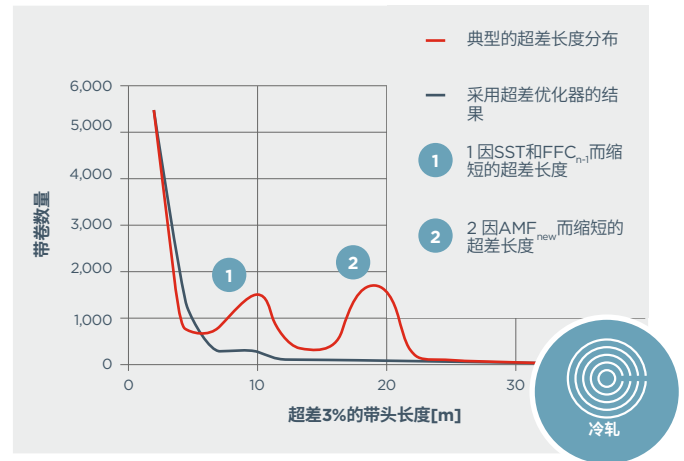
- 修磨不够精确
- 热膨胀不均匀
- 通过传动键调节轧辊轴承时不对称

当轧辊转动时，偏心度以一个基础频率移动，它包括了轧辊的转动频率和一系列谐波频率。每个辊组的每根辊都可能存在偏心度，它会引起带钢厚度和张力的偏差，而这些偏差又会使相邻机架产生扰动。结果，出口厚度会受到很多周期性扰动的共同影响，使大多数轧机的总厚度偏差明显增大。

轧辊偏心度的补偿并非轻而易举——因为存在着大量不同的偏心频率，而且很难获得正确的测量信号并进行过滤。

普锐特冶金技术为解决这些问题而开发了轧辊偏心度补偿(REC)方案。它是一种基于模型的全数字控制，对轧制过程中的偏心形状进行模拟。它以出口厚度、入口带钢张力、轧制力等能够获得的数据为输入，从中提取出偏心度信息。输出信号被转换成对辊缝控制的一个补偿设定点(预控制)，通过调节辊缝而消除偏心度对带钢厚度或张力的影响。

结果，生产企业能够提高带钢质量，减少换辊操作，加快投资回报。



OGO使平均超差长度缩短了大约8米，这已在多家样板厂得到证实。

超差优化器

带头和带尾的超差长度是指从焊缝到最终厚度偏差可靠保持在大约±3%公差范围内的起始位置的带钢长度。降级的超差材料进行再加工的成本对轧制工艺的最终成本有很大影响。

另外，超差长度过大还降低了优质产品的收得率。为了挖掘出轧机设备的这种“隐藏的潜力”，普锐特冶金技术开发了一种称为超差优化器(OGO)的高效益技术方案包。

依靠技术、工艺控制和仪表的出色组合，OGO以质量流动理论为基础，智能化应用串联式冷轧机的控制算法。

OGO采用了模块化结构，由三个部分组成。首先，先进质量流(AMF_{new})算法控制从轧机入口到出口的质量流，保证了非常稳定的轧制条件，使厚度偏差减少到最低程度。其次，带钢厚度软传感器(SST，一种基于软传感器技术的辊缝厚度估计器)使OGO的性能在焊缝过渡轧制时得到出色的发挥。机架间辊缝厚度通过带钢速度数据和初始带钢厚度的一个测量值而模拟计算。第三，速度前馈控制(FFC_{n-1})减少了厚度误差的产生，比如倒数第二个机架进行焊缝轧制时张力波动所引起的厚度误差。

最终，OGO使平均超差长度缩短了大约8米，这已在多家样板厂得到证实。对于一家年产量为160万吨的钢厂，这相当于每年多增加大约6,400吨产量。

优化设计的MQL喷雾梁快换式喷嘴



微量润滑



微量润滑(MQL)是普锐特冶金技术开发的新一代辊缝润滑系统，它利用空气使纯轧制油精细雾化，然后将其直接施加到冷轧机工作辊或者带钢的表面。该技术以普锐特冶金技术、奎克化学公司、奥钢联钢铁公司和奥地利林茨 Johannes Kepler 大学的合作研究结果为基础，尤其同目前增加使用先进高强钢(AHSS)的趋势相适应，比如双相钢和冲压硬化钢在汽车行业的应用，或者硅钢在电器产品上的应用。

MQL能够根据轧制工艺和产品参数而对油膜厚度进行智能化控制。轧制油通过喷雾梁施加，它由专为低流量而设计的喷嘴和油/空气混合集管组成。这项新技术是优化喷嘴设计和确定最佳工艺参数的结果，能够确保油滴均匀分布在整個轧辊表面。系统采用了简单的快换式喷嘴(见上图)，最大限度减少了维修工作量。

MQL不仅能够保证针对不同产品优化润滑油用量，而且能够快速方便地修改润滑设置，灵活性大大超过传统乳化液系统可能达到的水平。

通过测试还得出结论，MQL能够显著降低轧制力和轧制力矩，因为它最大限度保证了轧制油准确集中在辊缝处。这些方面的改进意味着能够增大轧机压下能力或轧制更宽的产品。系统的另一个主要优点是提高了带钢表面清洁度，Scotch胶带试验已经确认了这一点

经过多次成功测试后，一家欧洲大型钢铁企业在其串列式冷轧机上安装了MQL。该系统现已运行一年多，取得了令人满意的结果。



一套长材轧机上正在使用的静态非接触式棒材计数器。

静态非接触式棒材计数器



如果生产出现了瓶颈，高速棒材轧机的优点将无法体现出来。棒材的打捆和计数是发货之前的后期生产环节之一。普锐特冶金技术美国马萨诸塞州伍斯特机构的一位工程师发明了一种静态非接触式棒材计数系统，其准确性达到了

最终客户的期望值。

“在过去，每捆棒材的数量通常是根根据棒材的重量和已知长度而估计出来的，”伍斯特机构电气自动化部高级工程师Ruth Kirkwood-Azmat说。“旧系统得到的结果误差比较大。特别是在一捆的数量可能多达500根的情况下，误差问题非常严重。”

在成本低但精度高的新方案中，Kirkwood-Azmat使用了一台智能相机来采集成捆棒材末端的图像，并快速进行光学分析。系统为数量统计提供了可见的证据，同以前必须耗费人力进行的人工检查相比是一个巨大的改进。Kirkwood-Azmat的创新是一种功能更强的动态棒材计数系统的一部分，后者已经在多家客户投入使用。



普锐特冶金技术美国伍斯特机构的高级工程师Ruth Kirkwood-Azmat和两位同事。

长材轧制Process Expert



长材轧制Process Expert具有出色的质量管理能力。

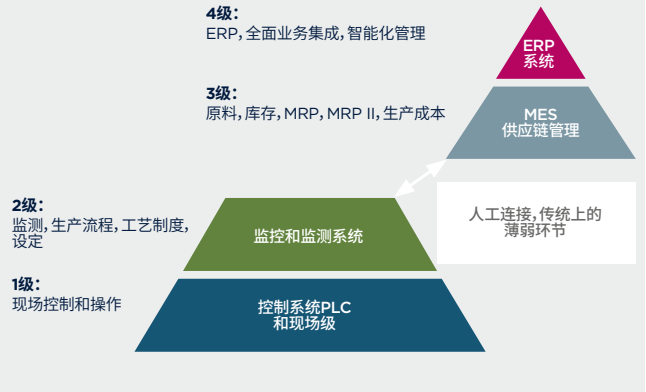
长材轧制Process Expert是一种成本效益出色的模块化工艺自动化系统，适用于连续式和可逆式轧机、一体式轧机以及扁钢轧机。其他类型轧机也有类似的专家系统——从热带钢轧机、中厚板轧机和阿维迪连续带钢生产线直到所有类型的冷轧机。

该工艺专家监测并采集从原料直到成品的数据，其范围从企业资源计划(ERP)直到制造执行系统(MES)、控制系统和现场装置。系统能够承担许多任务，从给出孔型设计建议到根据轧辊可用性计算和下载轧机设定。长材轧制Process Expert还能够帮助管理和跟踪料场和订单，给出轧机报告，分析设备性能和优化生产，从而确保生产企业在如今竞争激烈的国际市场中获得优势。

长材轧制Process Expert的宗旨是实施质量管理。在线质量监测保证了随时获知产品检验结果，而与制造执行系统和钢厂自动化系统的接口模块则保证了安全通信。另外，还有分析和报告模块，报告编辑器，标签编辑器。存档功能使得所有数据都能被储存起来，甚至若干年前的生产历史也能够查询。全面而准确的报告涵盖了轧机状况、生产效率、设备利用率、停产时间、能源和介质消耗、机架维修次数和其他很多方面，为钢厂提高效益和增强竞争力奠定了基础。

长材轧制Process Expert还能帮助迅速和灵活地对新客户的询价或新产品的需求作出响应，从而提高客户满意度。检查可以

长材轧制Process Expert链接桥



利用的生产能力，计算产品切换需要的时间，跟踪从原料到成品的流程，创建客户标签，或者生成质量报告，等等，都是长材轧制Process Expert能够完成的任务。

功能可扩展性

长材轧制Process Expert提供了模块化的订单、资产和质量管理等基本功能，生产企业可以在不同的功能中进行选择。举例来说，用于进出材料管理的料场库存模块提供了材料库存的实时状况；生产流程模块提供了关于生产计划、生产线状态和材料位置的信息，提高了生产订单执行的灵活性；跟踪模块记录从原料场和装料区直到成品库所有物料流的数据——包括加工、打捆、称重和贴标。

轧辊和导卫管理

轧辊和导卫管理帮助对轧机进行监测和管理。轧辊、孔型和导卫等部件存放在轧辊间，它们的安装位置、轧制重量和轧制时间都得到跟踪。然后，根据生产需要生成部件更换清单，从而保证缩短产品切换时间和最大限度延长部件使用时间。

长材轧制Process Expert是普锐特冶金技术在长材轧制领域开发的众多电气自动化方案之一。它既可以作为独立系统而供货，也可以全面集成到其他长材轧制自动化方案中。

长材轧制ROLL MASTER



长材轧制ROLL MASTER是一种功能强大和使用方便的工具，通过为连续式和可逆式轧机、一体式轧机以及扁钢轧机提供先进的孔型设计而帮助提高设备灵活性和性能水平。鉴于钢铁企业在竞争激烈的钢铁市场中面临着越来越大的提高生产效率的压力，长材轧制ROLL MASTER是轧机精确管理的理想方案。

长材轧制ROLL MASTER能够根据材料数据、轧机设计、轧机负荷条件和可用轧辊而为轧槽和导卫轻松地生成孔型设计和设定数据，以保证轧机平稳地启动和重启。为了帮助切换新钢种或新规格，长材轧制ROLL MASTER配有一个包括了200多个钢种和特殊合金的材料数据库。另一个关于轧辊、轧槽、导卫和其他部件的数据库含有具体的轧机数据。系统在运行过程中连续跟踪当前的部件和轧机条件，在给出孔型设计时将其考虑在内。这样，保证了显著提高设备作业率和为维修工作提供支持。

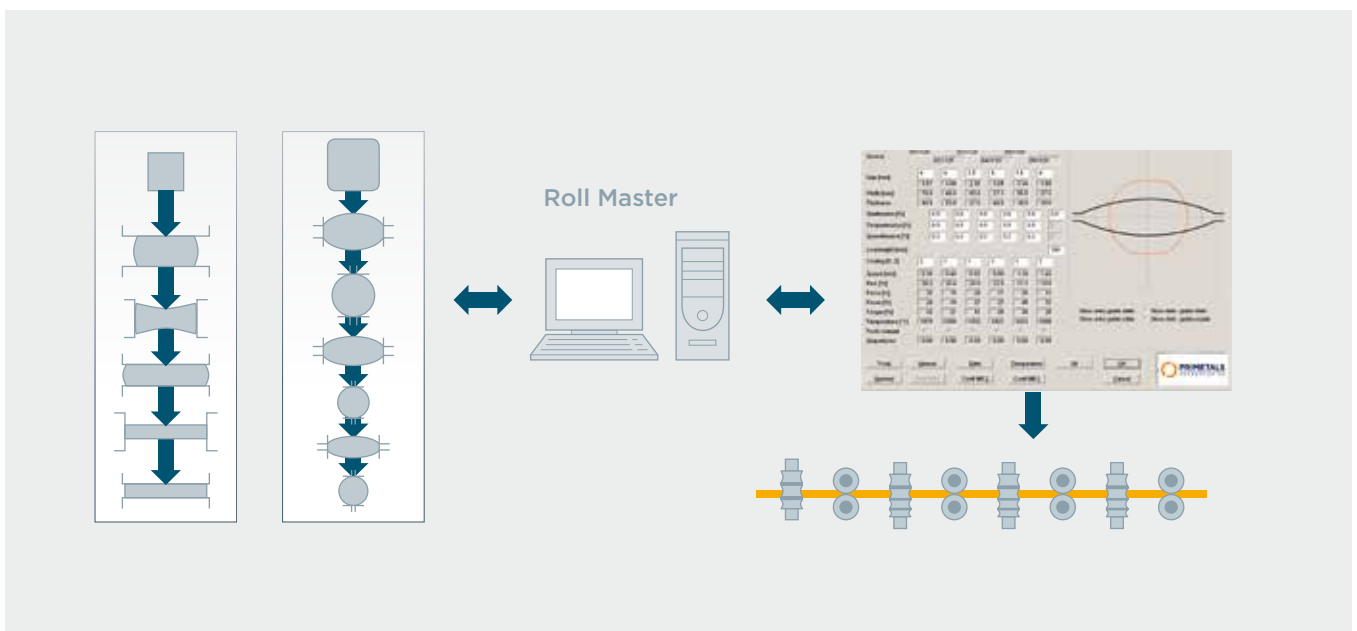
长材轧制ROLL MASTER能够帮助客户解决面临的多方面问题。在改变规格或钢种时，只有迅速和安全地重新启动才能保持高产能。为了降低堆钢率，轧机设定需要从一开始就非常准

确。不过，由于轧槽磨损，重复孔型设计可能也很困难。总的来说，对于新规格和新钢种，精确的计算难度较大。试验不仅很耗时间，而且需要对轧制工艺有深入了解。无孔型轧制非常灵活，但孔型方案和轧机设定数据难以计算和确认。

由于涉及的问题不仅复杂，而且范围较大，普锐特冶金技术坚持对轧机布置、设计极限和传动系统进行全面分析。普锐特冶金技术还努力将所有可用部件(轧辊，轧槽，导卫)集成到数据库中，并且根据轧机的具体设计和生产目标而调整长材轧制ROLL MASTER。计算和模拟都针对客户自己的工艺而定制，接口也相应设计。

长材轧制ROLL MASTER的优点是依靠基于计算机的孔型设计提高灵活性和优化生产，而钢种的材料数据库为孔型设计提供了依据。

长材轧制ROLL MASTER能够无缝集成到长材轧制自动化方案中，但也可以作为独立系统而提供，因此是改造和升级项目的理想选择。由于采用了模块化设计，它可用根据任何钢厂的具体要求而方便地修改。长材轧制ROLL MASTER是一种成熟的方案，截至目前已经安装在了世界各地的多达25套轧机上。



长材轧制ROLL MASTER简化了轧机轧槽、导卫和轧辊等所有重要数据的管理。

依靠诀窍 提升技术实力

Hans-Jürgen Zeiher不仅是普锐特冶金技术最受信赖的管理者之一，同时也是一位经验丰富的技术人员。作为一名自动化和传动专家(尤其是在下游工艺环节)，他亲自参加了很多项目的调试，还为更多项目提供过幕后支持。Zeiher自普锐特冶金技术于2015年成立以来一直担任电气自动化业务部全球主管。《冶金杂志》请他分析了数字化对冶金行业的影响。

您认为钢铁行业数字化的主要目标是什么？

Hans-Jürgen Zeiher: 在我看来，数字化有一些非常明确的目标：它将使钢铁生产工艺更灵活，改善最终产品的质量，全面提高工厂效率。同时，它还将帮助降低原料成本和能源消耗。一家全数字化的生产厂需要的操作和维修会少得多。

钢铁行业将需要多少年才能“全面实现”数字化？

Zeiher: 这个问题没有答案。我们的一些客户已经拥有了高度先进的工厂，厂里的很多工艺都由先进的软件管理和控制。还有一些客户仍然在使用Excel表格来安排生产计划。这样的客户全面升级自己的工厂所需要的时间差别很大。对几乎每一家钢铁企业来说，进行现代化改造的压力都越来越大。欧洲和东亚也许是最迫切的。

我们《冶金杂志》已经发现，很多人认为数字化的影响还有很大的不确定性——即使是经验丰富的技术人员也有这样的看法。您发现了任何对数字化的普遍误解吗？

Zeiher: 我认为，工业4.0这个概念从来就没有被提出它来的那些人讲清楚，所以一直都有些含糊不清。我们对它的理解是这样：在典型的钢铁生产厂，很多工艺已经高度自动化，但在很大程度上还属于各自为战。为了结束这种分离的局面，需要一个整体性方案把所有设备都集成到一个综合性的网络中，这

就是数字化。以这样的系统为基础，钢铁企业能够以一种全新的方式为它们的客户服务，使产品规格和批量大小都能达到高度的定制化。硬件，软件，特别是还有数据分析，这些方面的近期发展让这一切成为了可能。

钢铁行业在先进自动化方面长期领先于离散制造业和其他行业，真的是这样吗？

Zeiher: 确实是。我认为，我们的行业比几乎所有其他行业都要领先大约25年。

把现有技术结合起来实现数字化生产，是一个主要挑战吗？

Zeiher: 是的，这将是我们这个领域成功实施数字化战略的关键。钢铁生产设备投资太大，没有哪家公司愿意把迄今为止一直成功使用的所有设备都换掉。那么，我们的工作就是确定客户需要的升级方案包，帮助它们有效地改进现有工厂，从而与如今的技术和市场要求相适应。我们经常必须使旧设备和新方案沟通，以便统一监测和控制工厂的所有工作。我们普锐特冶金技术已经拥有了一种被业界广为认可的独特能力：把先进的自动化技术和丰富的冶金工艺知识结合在一起。我们正在依靠这些能力来帮助我们的客户根据它们的现有设备开发正确的数字化战略。经常有客户向我们提出要求，希望结成新的合作关系，共同开发全新的自动化方案。



成功发挥作用

Hans-Jürgen Zeiher
正在展示公司自动化
方案的能力。

一段时期以来，人工智能一直是一个热门但多少有些模糊不清的话题。人工智能会成为未来钢厂的基石吗？如果是，怎样才能做到？

Zeiber: 在我看来，关键问题是，自学习算法可能会在某个时刻以多大的程度取代我们传统上采用的基于物理的方法。在理论上，我们将来也许能够看到一些重大的技术转型或突变。因此，我们整个公司都在积极开展研究，以便继续保持领先地位。当然，我不相信摸索试验的方法会在不久就被完全淘汰。但是，大数据分析可能会带来颠覆性的变化，从而让我们将来的工作中的一些特定部分进行得更快。

钢铁企业有必要担心落在后面吗？它们应当重点做哪些工作？

Zeiber: 我认为，那些目前领先的钢铁企业必须更加努力，才能保持它们的地位。远东地区的企业正在技术方面迎头赶上，速度比很多人预计的都快。重要的是现实地看待这种变化——但也不要反应过度 and 认输。很多高端企业正在明智地处理这个问题，比如寻求同我们合作，开发能够进一步提高它们的工厂效率和产品质量的新方案。

为了适应工艺越来越多地由计算机控制的趋势，钢铁企业应当采取的措施中有哪三项是最重要的？

Zeiber: 我们把钢铁生产视为一个整体——特别是将来的钢铁生产。这意味着，能够集成所有生产工艺的软件系统应该是最关键的因素。我们正在讨论的是三种系统的“数字统一体”：一个计算机支持的维护系统，它以我们的专家知识为基础，但普通工人都能使用；一个质量管理体系，比如我们的跨工艺优化；还有一个先进的生产管理系统。重要的是，这三个系统需要彼此协调互动。

在普锐特冶金技术已经开发的“工业4.0”方案中，您认为哪一种是特别出色的，为什么？

Zeiber: 我们的技术专家在近期在大数据分析方面取得了相当大的成功。我们为一家中国客户分离出了轧制阶段产生硬度偏差的来源。在一开始，客户对问题的原因一无所知。普锐特冶金技术团队通过使用我们的跨工艺质量控制软件和先进的数据分析，准确地查明了问题的根源。换句话说，我们把我们的丰富工艺诀窍和大数据的力量结合起来，缩小相关工艺参数的范围。现在，我们的客户能够可靠地重现提高后的产品质量水平。我认为这是一个了不起的成就，使这一点得以实现的技术让我着迷。

普锐特冶金技术先进方案集萃

数字化后处理



钢铁生产的后部工艺环节像前部环节一样重要，必须消除薄弱环节以确保最终产品的质量。状态监测系统能够帮助提高生产线的可靠性和降低运行成本。

SIAS自动表面检验 为扁平材保驾护航

扁平材生产企业面临着要求表面质量达到零缺陷的越来越大的压力。这一要求最早是汽车行业的客户提出的，但在其他行业也越来越普遍，比如包装、白色家电等。从质量管理(ISO)角度来说，表面质量必须像任何其他产品特性一样达到标准化。

普锐特冶金技术SIAS是一种在线表面质量控制方案，能够通过检测带钢表面的所有可见缺陷并自动进行分类而帮助实现这一目标。它能够检测夹杂物、机械损伤、氧化皮、辊印和凹痕等重复性缺陷以及镀层缺陷等许多问题。

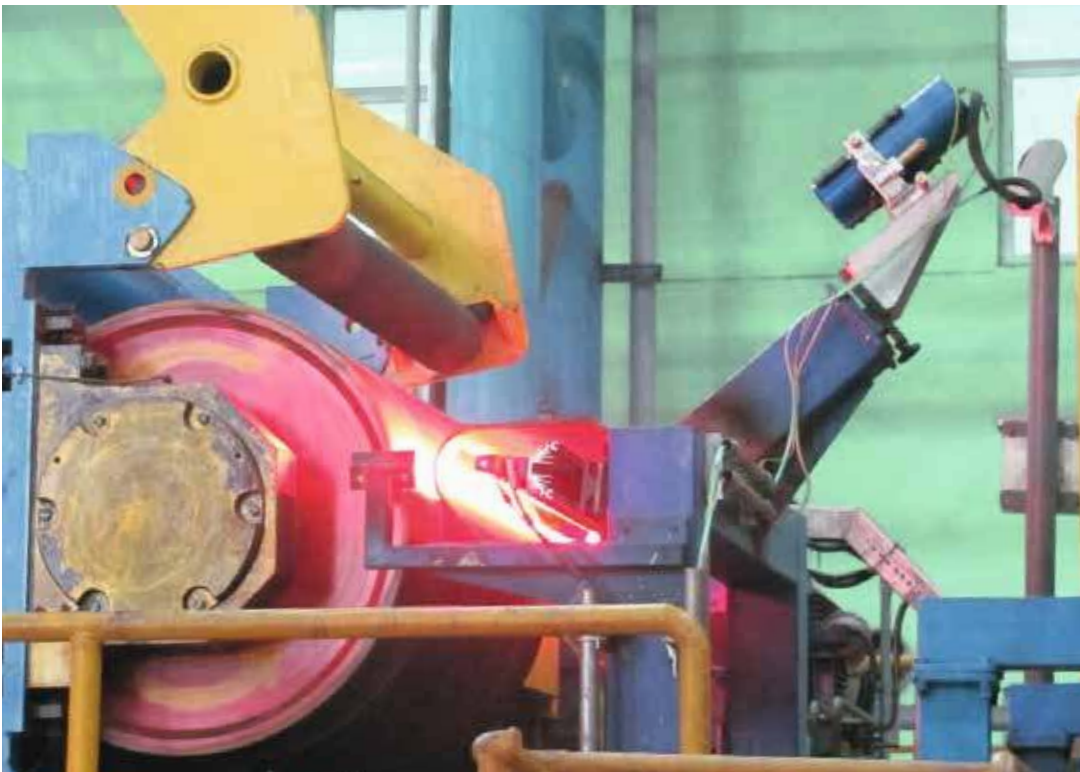
系统使用先进的相机、光学器件和照明技术来获得高清晰度的带钢表面图像。近期推出的新一代设计还包括了高分辨率近红外视觉技术。获得的图像信息由软件进行处理以发现缺陷，并自动对其分类和评定严重性等级。结果被显示给操作人员，同时以标注出每个带卷缺陷的带卷报告的形式存储起来。报告的内容包括了缺陷数据(尺寸，位置，类型，严重程度)、缺陷图像和背景信息(比如轧机/处理线速度和产品形貌)。所有信息

都存储在一个开放的SQL兼容数据库中，以后可以方便地调取用于研究，比如按照钢种或者日期确定不同带卷批次的质量趋势。

当然，操作人员能够实时看到结果，从而立刻采取对策。依靠SIAS带卷评级软件，质量部门能够立刻确定带卷表面质量是否满足客户的要求，以及不满足时应当怎样进行处理。

SIAS适用于所有的扁平材轧制和后处理工艺：热轧机，酸洗线，冷轧机，连续退火线，金属涂镀线，连续镀锌线，电解镀锌和镀锡线，彩涂线，以及不锈钢生产线。

近年来，数字化的发展使远程分析成为可能，因此可以在客户需要时更快地提供帮助。普锐特冶金技术提供SIAS远程接入服务和客户支持热线，其优点包括及时进行硬件诊断，长期提供服务，远程执行缺陷检测分析，等等。



德国不来梅的一条连续镀锌线上使用的光带和相机



配备了普锐特冶金技术状态监测系统的切边剪

关于普锐特冶金技术BOX Concept和状态监测方案的更多介绍请见第34页。

后处理线 状态监测系统

普锐特冶金技术后处理线状态监测系统采用预见性维修算法，能够在问题出现之前准确地发现它们。

状态监测系统(CMS)是普锐特冶金技术新开发的跨工艺优化方案(TPO)的组成部分，后者包括了智能型跨工艺质量控制(公司的“工业4.0”IT系统之一)、跨工艺诀窍(根据客户需要优化调整IT系统的丰富应用知识)和全面状态优化器(后处理线专家系统)，其中每一种工具的设计都是为了使普锐特冶金技术的客户能够应对新的市场挑战：开发新产品，改善产品质量，全面提升生产线的竞争力。CMS以预见性和前瞻性维修为重点，目标是提高生产线的可靠性和降低运行成本。如果没有CMS，维修只能是修复性的(响应性维修)或系统性的(预防性维修)。响应性维修的缺点是生产线需要计划外停产，导致作业率下降甚至生产损失。在另一方面，预防性维修有时会执行得过早，

从而产生不必要的成本。相比之下，CMS是预见性状态维修的最佳方案：预测出部件的寿命终点并“准时”进行维修，从而优化了每个部件的使用寿命，避免了意外停产。

对于普锐特冶金技术提供的后处理线，普锐特冶金技术法国的机电技术团队负责开发、配置和调试CMS。团队成员包括了机械、电气、自动化、IT和工艺专家，他们可以通过“CMS远程热线”依靠自己的专业技能为客户提供支持。客户可以利用热线在专家的帮助下更好地诊断问题，从而实施“前瞻性维修”。普锐特冶金技术专家还可以对客户进行培训，帮助他们为生产线上安装的CSM开发新的规则。

切边剪CMS

现在，普锐特冶金技术提供的所有设备都配备了CMS模块，切边剪也不例外。它的多个重要组成部分——液压系统，气动系统，伺服电机，还有剪刀——全部处在CMS的监测之下。

剪刀的状态是监测的重点，它直接影响着带钢的边缘质量，还间接影响着其他一些方面，比如电机的运行速度和耗电量。在最糟糕的情况下，剪刀状态不佳甚至可能造成下游设备损坏。按照以前的维修制度，剪刀必须根据已经切割的带钢长度(以千米为单位)而更换。这种作法有两个主要缺点：剪刀往往被更换得过早(仍处于良好状态，本可继续使用)或者过晚(已经出现产品质量问题)。不过，现在，CMS采用专门的相机检测边缘，对获取的图像进行分析以判定边缘质量，从而能够发现任何磨损或断裂问题，还能在必要时立刻通知操作人员更换剪刀。

基于振动分析的监测

任何运行中的设备都会由于动作(转动或平移)而产生一定程度的振动。轻微的环境振动完全可以接受，但较为严重和不断加剧的振动却是异常现象，一定要防止出现。振动主要是设备的旋转部件受到离心力作用的结果，设备传动系统不对中、轴承损坏、齿轮缺陷、设备失去平衡和其他一些原因都会引起振动。CMS利用安装在设备特定部件上的专用压电传感器给出的反馈信号对振动进行分析。这些传感器监测不同转轴的振动。通过在主频率和设备不同部件之间建立关联，CMS能够确定振动的来源。





边缘监测系统

EdgeMon边缘监测系统通常由4台相机组成。它们安装在切边剪的转台上，位于带钢的左右两侧。在切边剪每侧的2台相机中，一台保持运行，另一台则处于维修状态。EdgeMon的传感器直接安装在剪刀组件上。相机对剪刀断裂情况的检测或者由剪刀轴上的旋转编码器启动，或者由切边剪的速度信号启动。这个启动信号必须由切边剪供应商提供。EdgeMon监测并显示切割后的边缘，对切割边缘的典型质量参数切断比进行分析。另外，通过定期分析还能自动发现剪刀断裂问题。根据不同钢厂的数据，典型的检测可靠性约为90%。对于其他不能自动检测的异常缺陷，通过显示也能帮助操作人员立刻发现它们。

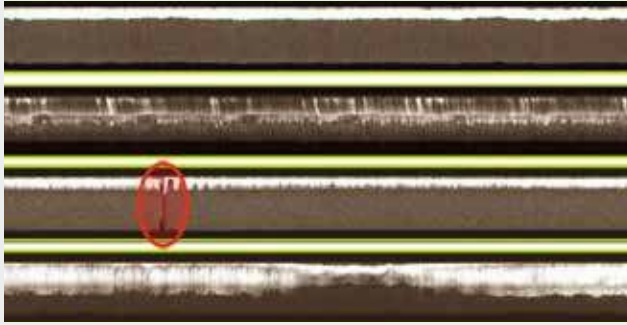
PROPERTYMON测量系统

PropertyMon是一种在线检测带钢机械和磁学性能的质量监测系统，适用于各种类型的后处理线。它能够测量铁磁性热轧和冷轧带钢，包括微合金钢、无间隙原子钢、双相钢和相变诱发塑性钢。系统利用了电磁测量的原理，以非接触方式沿整个带钢长度方向连续进行检测。所有数据都立刻获得并存储在PropertyMon的内置数据库中。

CMS利用安装在设备特定部件上的专用压电传感器对振动进行分析。

边缘监测系统

EdgeMon系统监测并显示切割后的带钢边缘,对切断比进行分析,并通过定期分析发现剪刀断裂问题。EdgeMon的检测可靠性很高,所有问题中的大约90%能够被自动发现。



- ◀ **良好:**切断比稳定保持在适当水平;边缘形状正常。
- ◀ **剪刀磨损:**切断比稳定但水平不合适,需要调节剪刀缝隙;剪刀有一定程度的磨损,必须更换。
- ◀ **断裂:**带钢边缘损坏,需要检查剪刀。
- ◀ **不均匀:**切断比不稳定;剪刀有一定程度的磨损,必须更换。

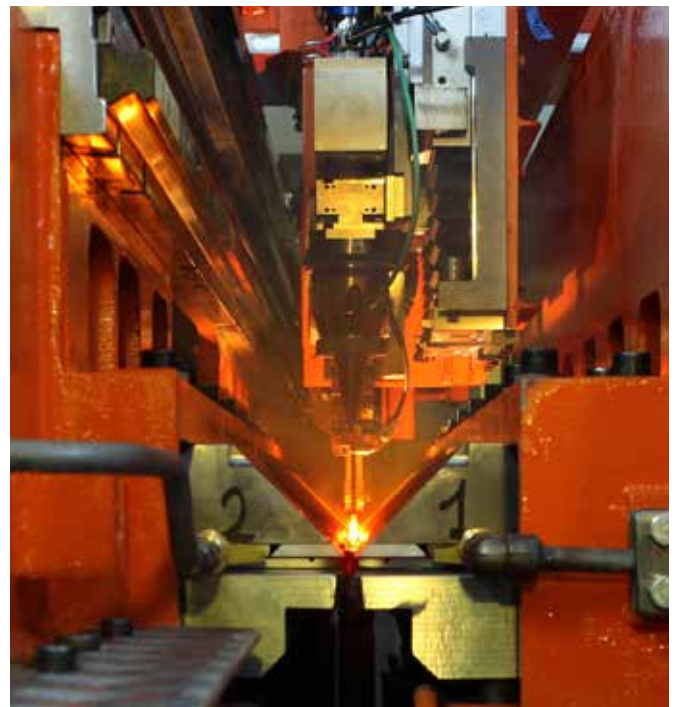
普锐特冶金技术已经选择全面采用数字化,依靠先进的方案和远程连接为客户提供迅速和可靠的专业支持。

机电一体化实验室

工艺或维修制度的优化并不能一蹴而就:每家钢厂都会知道,改善是一个长期的过程。为了成为市场领先者,需要坚持付出极大的努力,不断提高设备质量,开发新产品,最大限度减少停产。普锐特冶金技术完全了解这一点,致力于在设备的整个生命周期内为客户提供支持。为此,公司在法国机构设立了一个全新的机电一体化实验室,组建了一支高水平的跨专业团队。该团队参与后处理线设备的设计、开发、调试和优化,随时准备为全球客户提供支持。

面向客户的方案

迅速和高度专业的设备分析,加上与普锐特冶金技术专家的方案讨论,能够让客户受益匪浅。因此,现在,普锐特冶金技术提供的所有方案都建立了远程连接,以确保为客户提供迅速和可靠的专业支持。数字化和“工业4.0”技术在近年来的迅速发展使这一切成为了可能。普锐特冶金技术已经选择全面采用这些技术,以更好地服务于客户。

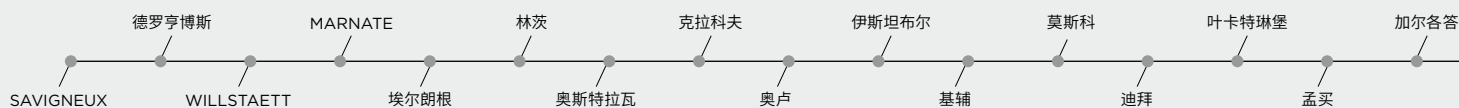


普锐特冶金技术首席技术官Etsuro Hirai博士和普锐特冶金技术法国首席执行官François Mignard共同为普锐特冶金技术法国的新建机电一体化实验室揭幕

塑造 未来世界



克赖斯特彻奇是本期《冶金杂志》机构介绍的主角



普锐特冶金技术克赖斯特彻奇机构的正式名称为ShapeTech。它也许不是公司最大的机构，但肯定处于最引人注目之列。这里共有37名员工，汇集了硬件和软件设计专家以及技术销售和采购人员，面向冶金行业提供先进的传感器产品。Tom Widter博士访问了这里，希望深入了解这处机构、这里的员工和这里的产品。

我必须承认，我总是喜欢在道路的左侧开车。多年来，我把自己的很大一部分业余时间都花在了英国，开着租来的车，和其他所有人一起沿左侧行驶。我非常喜欢英国到处都有迂回路线，也非常享受变化多端的天气条件，它能让在高速公路上的单调行程变成冒险之旅。所有这些，加上湖区或萨里丘陵的美丽风光，使你的旅程终身难忘。

您也许会发现，我对普锐特冶金技术克赖斯特彻奇机构的访问也是从这样令我陶醉的旅程开始的。我知道，前往那里会是一次激动人心的旅行(它的确是)，下榻一家毗邻海滩的饭店会留下美好的记忆(确实如此)，而游览附近的史前巨石阵能让我在自己的阅历中填上浓墨重彩的一笔。但是，尽管所有这些期待都已得到满足，最让我难忘的却是完全不同的体验——真正独特和友善的ShapeTech员工。

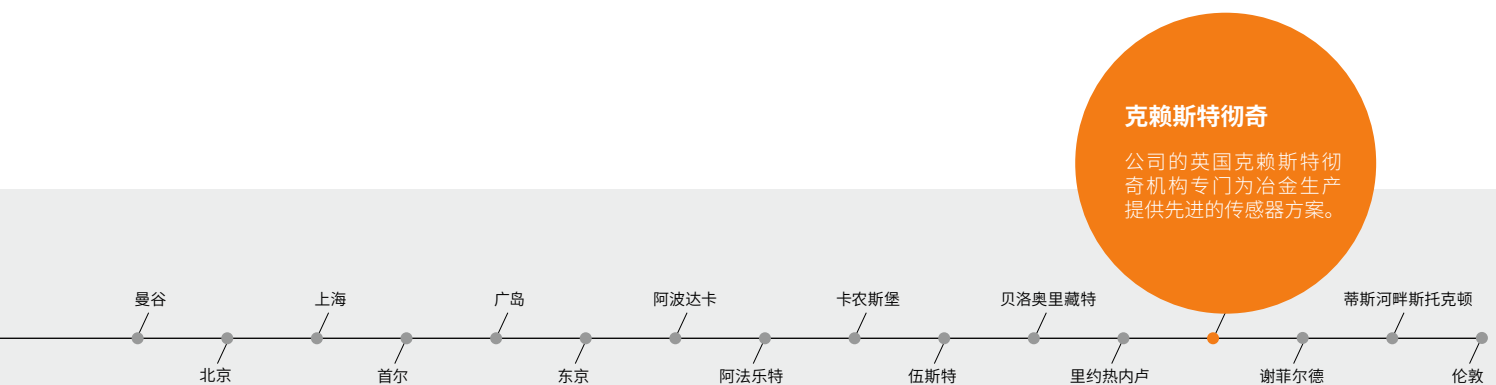
到达ShapeTech后，我立刻就受到了Susan Viljoen的热情欢迎，她的工作就是接待访客和员工。Viljoen从津巴布韦经南非来到这里，她性格开朗，待人亲切，让你很快就会露出笑容。“我们这里就像一个大家庭，”她在描述公司同事间的友好关系时这样说。每个人都能无拘无束地表达自我，坦率地提出自己的想法，用专注和热情收获创新成果。

像家庭一样的工作氛围

让我向您介绍ShapeTech的一些亮点：项目经理Roy Tubman是一个意志坚定的人，这使他不仅在工作中表现出色，而且在对于马拉松的个人爱好上也有不俗表现。仅在2017年，他就参加了三次比赛。他的跑鞋已经踏过了法国、德国和英国一些最遥远的地区。还有Trevor Card，他在我访问前不久刚刚赢得了一场航海比赛，还在前一天获得了“当月最佳销售经理”的称号。奖杯在他的办公桌上闪闪发光，令人羡慕。

在凭借最新销售业绩获得荣誉后，第二天早晨，Trevor Card从食品店买了两大袋多纳圈带到办公室。与普锐特冶金技术公司标识的颜色相呼应，多纳圈也是橙色的，上面堆满了巧克力屑。整个团队一起分享了Card成功的喜悦和美味的甜点。不出意外的是，多纳圈很快就被一扫而光，到第二天每种只剩下了一个。这是令人赞赏的英式礼节的一个典型例子：没有人会去拿最后一个，因为大家都觉得别人可能刚好需要它。ShapeTech员工相互体谅，在很多方面都是如此。

»



即使偶尔出现竞争，也会是有趣的事情。在销售人员竞争每月最佳业绩奖的同时，工程师Steve Course和Mark Davey找到了他们自己的一种为办公室增添乐趣的争论方式，通常是围绕着足球而展开。如果你听Course说，就会知道为何南安普顿“圣徒”队是荣耀之队；而如果你问Davey他的看法，他将告诉你为何伯恩茅斯“樱桃”队才是唯一值得你关注的球队。在英国，对任何一个俱乐部的偏爱通常都是你“继承的遗产”：Davey和Course都是跟随自己的父亲开始支持各自的俱乐部的。孩子们继续支持同一支球队，被认为是一种家族传统。足球让人们总能找到共同的话题，让体育成为了把几代人联结在一起的纽带。

英式设计

普锐特冶金技术克赖斯特彻奇团队中的很多人都是工程师，包括Andy Ricketts在内。“工程师的想法与众不同，”他在

描述自己对先进技术的痴迷时这样说，而在他看来这很平常。Ricketts是解决问题的能手，像他这样的人都能依靠自己的条理性处理复杂的问题，并会为实施了一个巧妙的技术方案而心满意足。如果你让他举一个出色设计的典型例子，他会毫不迟疑地提到他拥有的莲花跑车。Ricketts非常善解人意，让我试驾了一次。这是令我难以忘怀的体验。优秀的英式设计建立在大胆的想法和坚持不懈将其付诸实现的基础之上，由此获得的优秀的产品能够经受住长期考验。

ShapeTech的产品就是如此。ShapeTech员工的创意产品深受世界各地冶金客户的欢迎，这让他们倍感骄傲。如果必须简单地概括这些产品，那么，“智能传感器”会是一个恰如其分的称呼。在我访问克赖斯特彻奇期间，开发经理Peter Hunt带我穿过了公司的制造厂，同我分享了他亲眼看着这些产品诞生、改进和推广的喜悦之情。他深深地沉醉于ShapeTech的技术，尤其是相变监测器，这在他的介绍中显露无遗。



二十年后 世界会是什么样

您认为哪些技术进步会在今后20年内为我们生活的这个世界带来最大变化？普锐特冶金技术克赖斯特彻奇团队成员作出了他们的预测。



“

电动汽车的发展肯定会产生巨大影响。我认为，燃料汽车将来势必会被淘汰。从很多方面来说，这都具有积极意义。但是，这也剥夺了你在驾驶时的一些乐趣。”

Steve Course, 高级设计工程师



“

我认为，最大的变化会出现在能源管理方面。化学电池具有缺陷，已经过时。核废料也许会被制成便携式能源，虽然现在听起来根本不可能。这样能够解决世界上的很多问题。”

Mark Davey, 高级工程师

“这种装置能够准确地告诉生产人员他们的热带钢轧机内发生了什么，” Hunt说，同时启动了相变监测器演示装置。“到目前为止，技术人员必须依靠模型来确定他们应当使用的冷却流量。相变监测器大大提高了冷却工艺的精确性。它利用电磁场来分析钢在冷却过程中的性能。您可以看到，在高温的钢中铁素体含量很低，所以，相变监测器的读数不会受到太大影响。但是，随着钢逐渐冷却，它的成分从奥氏体变成铁素体，而铁素体会同传感器的电磁场相互作用。我们能够非常精确地监测相变。对冶金客户来说，这是向前迈出的的一大步，因为生产工艺变得相当透明。” Hunt补充说，他对团队与曼彻斯特大学的密切合作尤其满意，正是这样的合作让相变监测器成为了现实。

精确和精巧

ShapeTech制造的传感器属于精密产品。用于测量棒线材生产线上产品厚度偏差的Orbis+装置配备了一套始终在线运行的先

进的相机系统，所有必要的电子器件构成了装置的核心，获得的数据通过WIFI传送给计算机并显示在图形用户界面上。不过，让我印象最深的产品是设计简单而精巧的空气轴承式板形仪，它的作用是提供关于带材或箔材平直度的精确信息。这种板形仪由ShapeTech员工精心制造，目前已经售出了600多套。我的手边就有一台，我可以告诉你我的感觉：它就像来自另一个世界！它由绕同一根轴转动的钢环组成，而它们完全依靠空气压力保持悬浮状态。为了保证板形仪正常发挥作用，这些钢环的直径必须高度精确——达到人的头发直径的二十分之一。我发现，这实在是不可思议。

在每台空气轴承式板形仪上，您将看到一个刻有人名的标牌，上面可能写着“组装者Dan Parker”，这取决于是谁制造了它。这个标牌不仅是板形仪优异质量的标志，而且体现了制造厂员工对自己的产品的高度重视。总经理Paul Sherman回忆起Dan Parker急切地帮助板形仪用户时的情景：在接到客户电话仅仅两



“

我们这个社会中工作和交往的方式将会有巨大变化。远程工作很可能成为主流。另外，前往特定国家可能会变得更困难，这将进一步推动远程工作，并且催生新的通信方法。”

Stephen Fowler, 开发工程师



“

自动驾驶汽车肯定会在不久后推广开来。另外，人脸识别会有重大进步。近年来得到明显改善的光学传感器将会为这两项新技术锦上添花。总的来说，自动化对我们生活的影响会超出我们的想象。”

Peter Hunt, 开发经理



“

有很多方面都会被自动化技术改变，甚至可能出乎你的意料。我喜欢钓鱼，所以看到专门用来自动捕鱼的无人机时感到很吃惊。它们使用了相机和声纳——真的很神奇。”

Mark Dolby, 产品开发工程师

个小时后，他就登上了一架飞机。“Dan希望确保我们的客户继续生产，尽管发生的故障和他的组装工作没有任何关系。他多走了很长的路——真的有几百英里。如果您的团队能够做到这样，您还能要求他们什么呢？”ShapeTech传感器不仅在冶金行业出名。英国女王伊丽莎白二世在2006和2012年两次为团队颁发女王奖，以表彰他们的杰出成就。虽然女王也许不是冶金生产方面的专家，但我相信，她挑选了正确的公司来展现英式设计能够达到的卓异水平。这些依靠长期积累的丰富经验而获得的高超技能将帮助我们创造一个激动人心的未来。

如需进一步了解ShapeTech的智能传感器技术，
请继续阅读本期杂志第70 - 71页。



女王奖

女王奖是英国官方颁发给英国商业公司的最高级别奖项。它原名“女王工业奖”，于1966年在一个由爱丁堡公爵担任主席的委员会的倡议下由王室批准设立。对任何英国企业来说，获得该奖项都是莫大的荣幸。只有在国际贸易、创新和可持续商业实践方面取得了突出成就，才会被考虑。女王根据首相的建议作出选择，而首相在一个顾问委员会的帮助下给出建议。这个委员会由来自英国政府、产业界、商业界和工会的代表组成。获奖名单在每年的4月21日（伊丽莎白二世女王诞辰）公布。普锐特冶金技术克赖斯特彻奇机构如今已经两次荣获该奖——分别在2006和2012年。这一殊荣是对整个团队为国际冶金行业所作贡献的最高奖赏。



SHAPETECH创始人

普锐特冶金技术克赖斯特彻奇机构ShapeTech的历史可以追溯到上世纪30年代，当时Ludwig Loewy在伦敦创办了Loewy工程公司。Loewy出生在波西米亚，那里原本是奥匈帝国的一部分，后来属于捷克斯洛伐克共和国。作为一名年轻人，Loewy一开始为德国柏林的一家造船公司工作。后来，他从柏林搬到了杜塞尔多夫。随着纳粹上台的迹象日益明显，犹太血统的Loewy逃到了英格兰。当二次大战爆发后，Loewy把自己的公司迁到了他认为比伦敦市更安全的伯恩茅斯。Loewy于1942去世，但他的公司得以存续。如今的这家普锐特冶金技术机构距离Loewy生活和工作的地方只有几英里。很多人相信，当走在Shape-Tech大楼的房间和走廊内时，仍然能够感受到Loewy的创新精神。

生活中的一天 PAUL DURRANT

《冶金杂志》请制造厂主管Paul Durrant告诉我们他每天的工作是什么样。Paul负责保证克赖斯特彻奇制造厂的正常生产以及健康和安​​全事宜。他也参加制造厂产品的实际组装工作。



PAUL DURRANT

我们请制造厂主管Paul Durrant告诉我们他每天的工作是什么样。



公元前2200年,那些青石块被从威尔斯的普瑞斯里山运到了巨石阵现场。古人一定付出了巨大的努力,才把它们移动了200英里。



巨石阵的历史和奥秘

从普锐特冶金技术克赖斯特彻奇机构所在地驱车前往世界闻名的巨石阵,只需行驶38英里。巨石阵建于公元前3000年,就我们今天所知,它在历史上曾被多次改建和重建。甚至在最早的石块被竖立起来之前,这里对生活在该地区的人们来说似乎就已经具有了特殊的意义。在公元前2500年,木头被作为主要的建筑材料而使用,因此有了我们现在所说的“巨木阵”。到了公元前2200年,那些在民间传说中具有神奇治疗功能的青石块被从威尔斯的普瑞斯里山运到了巨石阵现场。古人一定付出了巨大的努力,才把这些沉重的石块移动了几乎200英里。除了青石块,这里还有白砂岩,一种用来纪念葬在当地的祖先的不同类型

的石头。虽然经过了数百年的研究,但巨石阵的一些奥秘仍然未被揭开,甚至对它当初为何会建在这里还有争议,因为根本没有明显的实际用途。最可能的解释是,当时占据人口大多数的农民相信这里具有精神力量。他们害怕一年中的那些让他们的庄稼和牲畜停止生长的黑暗月份,盼望着春天把温暖和光明带回来。巨石阵的建造和位置排列似乎就是为了标记季节的变化和一年内太阳在天空中的运行轨迹。通过到这里朝拜,古代的农民们能够找到他们绝对需要的心灵安慰——等待终将结束,白昼会再次变长,大自然将重新焕发生机。毫无疑问,这里充满了大大小小的谜团。

让冶金迈向一个 充满变革的未来

Paul Sherman是专门开发传感器技术的普锐特冶金技术克赖斯特彻奇机构ShapeTech的总经理。Sherman已在冶金行业工作了将近40年，在产品开发和设计、技术销售、设备安装和调试以及寿命周期服务等方面都积累了丰富的经验。我们请他介绍了他的工作，并且展望了冶金生产的数字化未来。



普锐特冶金技术克赖斯特彻奇机构在公司中发挥着独特的作用。您能否告诉我们的读者是什么让她与众不同？

Paul Sherman: ShapeTech从许多方面来说都是一家特别的机构。我们的业务类型属于“从摇篮到坟墓”，这意味着我们涵盖了一件产品的所有方面，从最初的产品概念直到最终工业产品的制造。这也表明，我们会一直陪伴着我们的客户，无论它们是刚有项目的设想，还是开始使用它们的新设备。

在您负责的产品中，哪一种是您最喜爱的？我们知道，这一定像问您偏爱哪个孩子一样难以选择……

Sherman: 应该是我们的相变监测器，让我告诉你为什么。你很少能够碰上你知道将会改变整个行业的技术，而相变监测器就是这样一种极其罕见的产品。它让众多不同钢种的轧制变得高度可控，高度稳定，大大减少了目前在计算中普遍存在的猜测成分。可以说它为生产透明度确立了一个新标准，就像产品证书一样。如果一家生产商能够告诉它的客户，相变监测器已经测试了它的产品，并且确认达到了最高质量标准，那么，产品的相关性能绝对让人放心。

传感器技术对数字化技术的进步非常重要。如果冶金生产的最高目标是全面自动化，现在的传感器是否能够同软件的进步相匹配，或者它们是否还必须大幅度改进？

Sherman: 这真的要看具体情况。我们ShapeTech的传感器已经达到了这样一个水平：完全能够成为数字世界中一个可靠

的部分。它们都使用可升级的软件。不过，也有的传感器不能方便地集成到大型自动化系统中，它们将会逐渐被淘汰。一定要更换这样的传感器。

如果您作出预测，您认为在今后20年内会有哪些影响最大的技术进步——不限于冶金行业？

Sherman: 我认为，在某个时间我们将会看到，人体内开始植入微型传感器。它们会是“可以远程访问的内置人体管理系统”[笑声]。这些装置将会细致地监测我们的身体状况，帮助我们延长寿命。它们还能记录我们的位置，存储社会生活中需要的各种信息。有了这样的植入体，很多事情都会很方便，比如自动考勤。我知道，硅谷有一家公司已经这样做了。随着人口日益老龄化，像这样的技术将会越来越重要。

现在，您在冶金行业已经工作了38年，但大家觉得您的工作热情依然不减。是什么让您能够保持这种热情？

Sherman: 是希望对社会产生积极影响，让世界因我而不同。我之所以有动力，是因为想要作出贡献——不仅对普锐特冶金技术，当然这对我非常重要，而且对人类社会。我们面前有这么多的事情要做，我希望看到每一个人都能以最好的方式发挥他们的聪明才智。如果一个人的能力没有得到充分发挥，会是极大的浪费。作为一名经理，我的职责是鼓励人们发挥他们的才能。每一天我都能有很多收获，这种感觉真的很好。



新AOD转炉使SIJ
Acroni加快了冶
炼速度,提高了生
产能力。

消除 瓶颈

依靠普锐特冶金技术AOD转炉提高不锈钢生产能力和质量水平



普锐特冶金技术为SIJ Acroni新建的95吨AOD转炉首次装料。

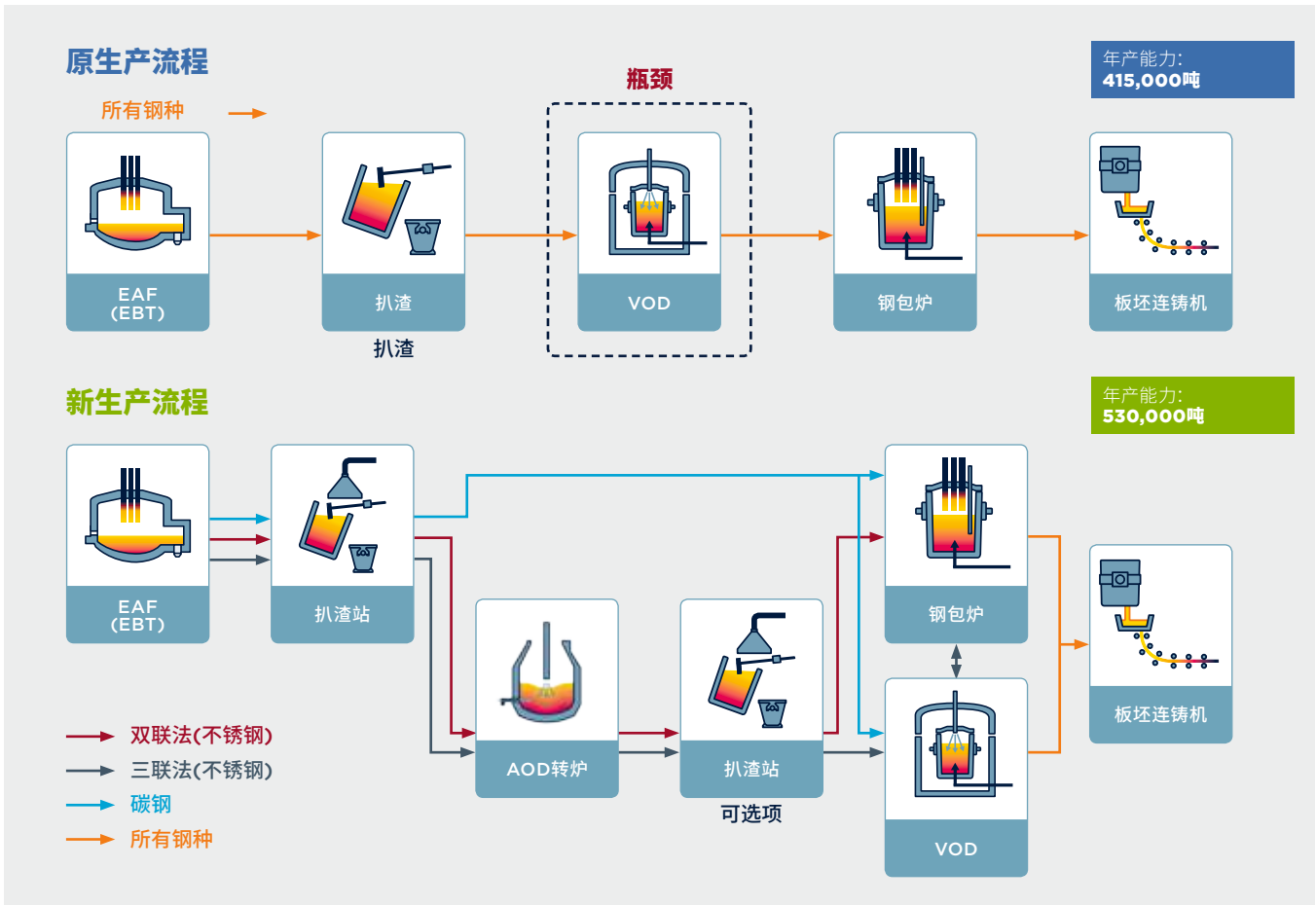
2015年年中，斯洛文尼亚SIJ Acroni委托提供普锐特冶金技术为其Jesenice钢厂提供一座新的95吨AOD转炉和新除尘系统。新设备于2017年4月投入运行，使该厂的钢水生产能力增加了大约35%，达到每年530,000吨。同时，该厂降低了生产成本，还减少了排放。

SIJ Acroni, d.o.o.隶属于斯洛文尼亚钢铁集团(SIJ)，是斯洛文尼亚最大的钢铁企业之一。它是不锈钢四开板的欧洲领先生产商，也是电工钢和特殊钢热轧及冷轧带卷、厚板和冷轧型材的专业生产商。SIJ Acroni厂位于Jesenice，在首都卢布尔雅那西北方向大约60公里处。现有炼钢车间建于上世纪80年代后期，设计能力为年产大约396,000吨钢水。采用的碳钢和不锈钢生产流程都是用一座电弧炉(EAF)熔化废钢后在一座真空吹氧脱碳(VOD)炉内脱碳，在钢包炉内进行最终调整后用一台单流连铸机(CCM)浇铸。Jesenice厂的板坯连铸机于2009年由普锐特冶金技术成功进行了升级改造，安装了新的铸机机头和铸流导向系统，以及先进的动态调宽和质量控制工艺包。除了炼钢车间，该厂还拥有一套热轧机和一条热处理线。

VOD成为不锈钢生产的瓶颈

虽然炼钢车间的二次冶金设备包括了两个而不是一个VOD处理站，但这样的设备配置成为了不锈钢生产的瓶颈：不锈钢的VOD处理时间明显长于碳钢，使整个生产链降低了速度。为了实施增加高利润不锈钢的生产和降低生产成本战略，SIJ Acroni在2015年作出了一项投资决定：安装一座氩氧脱碳(AOD)转炉，通过加快大多数不锈钢种的脱碳工艺速度而消除这个瓶颈。另外，这样还能把精炼和主要的冶金工作从EAF转移到AOD，从而进一步缩短处理时间并因此而提高产能。最后，这一改变还能增加连浇炉数，减少连铸机的设置和启动时间。

»



SIJ Acroni公司Jesenice厂炼钢车间的新、旧生产流程

完成AOD工艺升级后，普锐特冶金技术预计钢水的年生产能力可提升大约35%，意味着该厂的总产量达到530,000吨。加上EAF升级和AOD顶枪的安装，生产能力将进一步提高，达到令人惊叹的650,000吨/年。

安装第三个VOD处理站也能使产能增加大约15%。不过，SIJ Acroni选择了AOD方案，因为它能够降低运行成本(OPEX)。AOD转炉在这方面的主要优点是：

- 能够使用廉价炉料而不降低质量。举例来说，AOD处理能够使用高碳铬铁(炉料级铬铁)来代替优质的精炼铬铁
- 降低EAF、VOD和CCM的耐材消耗，因为它们与钢水接触的时间得以缩短
- 降低EAF的电耗和电极消耗
- 减少进入渣中的合金元素(比如铬)，提高收得率
- 增加连浇炉数，提高连铸收得率

AOD和VOD不锈钢生产流程的比较

上图的上半部分示意了该厂原来的生产流程，它的钢水生产能力为415,000吨。所有设备的炉容均为90吨。典型的VOD不锈钢处理时间超过4小时，这就是两个VOD处理站在原生产流程中成为瓶颈的原因。安装AOD转炉后，不锈钢生产的VOD瓶颈得以消除，EAF和AOD工艺保持平衡。由于EAF和AOD的处理时间大大短于原生产流程，总生产能力明显提高。新的EAF和AOD流程还具有其他方面的改善潜力。

在项目初期，普锐特冶金技术进行了一项关系到产能提高的物流研究，分析了采用双联法和三联法不锈钢工艺时主装料天车的利用率和连铸机可能达到的连浇炉数。研究表明，170吨装料天车的利用率在最大产能时非常高，但可以通过安装第二台天车而加以平衡。大多数不锈钢种都可以采用不需要VOD处理的双联法进行生产。生产计划的研究结果是，对于典型的双联法(比如标准的奥氏体不锈钢)，新的设备配置能够实现至少3炉连浇；而对于典型的三联法(比如含钛奥氏体不锈钢)，能够实现两炉连浇。



SIJ Acroni厂炼钢车间的新建95吨AOD转炉



新除尘系统降低了排放指标。

对AOD冶金效果和成本节约的预期

AOD转炉是最常用的不锈钢生产流程的组成部分——主要是因为它的脱碳率高而金属(比如铬)氧化极少。为了达到冶金目标,它采用了基于侧壁埋入式喷嘴(风口)的侧吹工艺。随着碳含量下降,它增大通过侧壁喷嘴喷入的惰性气体量以降低一氧化碳分压,从而能够抑制铬氧化进入渣中的程度。为使熔体中的铬达到最大回收率,脱碳后有一个还原期,此时通过侧壁喷嘴只喷入纯惰性气体进行搅拌。其他冶金目标还有:在还原期同时进行脱碳;调整氮含量;缩短工艺时间;降低介质和材料消耗。所有这些都是项目性能保证值的一部分。

普锐特冶金技术拥有种类齐全的冶金工艺计算工具,满足所有炼钢工艺设备的需要。2级工艺模型指导和监测所有精炼工艺,能够确保最高质量水平、最大工艺稳定性和最低生产成本。这些工具的离线版本被用来对原工艺流程和新流程进行全面比较。比较中使用的介质和材料成本、产量及产品方案数据均经过确认。工艺比较的结果表明,AOD能够达到明显的成本节约效果,这使SIJ Acroni增强了对于获得投资回报的信心。

升级方案的实施

2015年7月,普锐特冶金技术获得合同,作为主要供应商而承担炼钢车间升级项目的设计、制造和供货,包括一座AOD转炉和所有配套设备,比如:扒渣站,上料系统,转炉加热、砌炉和拆炉站,运输车,除尘系统,等等。普锐特冶金技术还负责了炼钢车间新总图的设计,并在完成升级后执行了调试工作。整个项目由普锐特冶金技术和来自斯洛文尼亚Velenje的Esotech d.d.公司组成的联合体执行。Esotech承担了钢结构工程、钢厂的施工和水处理厂的供货。普锐特冶金技术完成供货后,Esotech从2016年9月开始安装重型设备的主要部件,并在2017年2月完成了最后的电气设备安装。通过严格管理和加速所有供货流程,升级项目的全部工作都按照达成一致的进度表如期完成。每天召开的现场协调会和具体到每小时的工作计划保证了项目的顺利执行,最大限度减少了生产中断。在SIJ Acroni签署合同后不到两年,AOD就于2017年4月冶炼出了第一炉。经过一个时间不长的增产阶段,该设备从2017年8月以后一直满负荷运行。尽管在运行时只使用侧壁风口,但这座AOD转炉的工艺时间稳定保持在平均不到80分钟的水平。

»»

新AOD转炉的详细特点

普锐特冶金技术新提供的AOD转炉出钢量为95吨。有5个底吹风口用来向熔池中喷吹工艺气体。为了进一步加快工艺速度，可以选择安装一支顶枪。底吹风口通过旋转接头与采用单路控制的阀站连接，使得每个风口的气体流量都能独立控制和优化，大大延长了风口和炉衬的使用寿命。炉壳本身的设计以优化平熔池操作为原则，能够保证最高脱碳效率(CRE)。因此，熔池的几何形状是在采用低液面高度以减小钢水静压力和保证足够熔池深度以使喷入的工艺气体充分混合并发生化学反应这两个方面之间折衷的结果。配有两台异步电动机的倾动传动系统保证了AOD转炉快速和精确地完成倾炉动作。

为了减轻AOD固有的振动，转炉配备了Vaicon Drive Damper专利系统。来自多家样板厂的反馈已经证明，这种减振系统能够有效地减小动载荷和转炉位移，因而带来了多方面的优点：减轻设备(尤其是齿轮和轴承)疲劳和磨损，延长设备使用寿命，减少维修工作量，提高操作安全性，等等。

为了方便炉壳的快速更换，采用了Vaicon Quick悬挂设计。首先，将一套更换装置放到空载的钢包运输车上。然后，该装置托起旧AOD炉壳，将其运到天车跨，再由天车运到维修区。钢厂新增加的这个区域主要包括一个用于拆除旧炉衬的拆炉站，以及一个转炉砌炉和加热组合站，AOD炉壳在这里砌筑新炉衬，并在重新投入运行前加热。

主要的添加料从AOD转炉上方的新上料系统加入，而废钢则通过废钢溜槽装入AOD炉。新的合金和添加料上料系统分成3个储料区，将原有的和新建的储料设施结合在了一起。3个新的60 m³高位料仓保证了充足的造渣剂、石灰和白云石供应。对于标准合金(主要是炉料级铬铁)的添加，重新使用了原有的部分8和15m³高位料仓。最后，一个用于特种合金的较小(但可以扩大)的4 m³称重料斗被安装在转炉跨，它通过一条垂直皮带输送机与AOD相连。

新除尘系统

为了最大限度降低排放指标，为新的AOD工艺系统安装了基于脉冲喷吹过滤器技术的先进的一次和二次除尘系统。结果，在性能考核期间达到了灰尘含量小于10mg/Nm³的水平。



新安装的2级自动化系统。

另外，为了改善钢厂内部的清洁条件，新除尘系统还在现有EAF、上料系统、钢包炉、处理站和火切机等处设置了多个抽风点。AOD一次废气净化的冷却系统采用了一种正在申请专利的新技术，特点是冷却效率高，风机数量少，空间省，显著减少了稀释空气量和对过滤器的传热，从而大幅度降低了运行和维修成本。

先进自动化

工艺优化和控制软件，即2级和1级自动化，是确保工艺精确和高效进行的一个关键因素。2级系统直接与SIJ Acroni的现有生产计划系统(MES)通信。SIJ Acroni厂使用的动态工艺模型(专利)包括了一系列冶金模型，它们共同执行熔池状态和炉壳内化学反应的在线计算和离线模拟。结果，工艺模型对大多数钢种都能准确地预测出工艺终点的参数，碳含量的精度能够达到± 50 ppm，温度精度达到± 15°C。

新型“Acoustic Expert”系统是自动化方案的又一个亮点，它能对脉冲喷吹过滤器过滤布袋的清理操作进行监测。系统对清理布袋过滤器时发出的声音进行分析，从而能够发现偏差并执行基于状态的维修。

Bernhard Voraberger, 普锐特冶金技术转炉炼钢技术和创新主管
Gerald Wimmer博士, 普锐特冶金技术转炉炼钢副总裁
Roman Robic, SIJ Acroni技术总监

走一条新路

签署合同后仅仅两年，SIJ Acroni公司Jesenice厂的操作人员就用普锐特冶金技术提供的新AOD转炉冶炼出了第一炉钢水。在项目执行过程中钢厂保持了正常生产——最大限度缩短了停产时间。



AOD炉壳正在被吊装就位。新项目的所有工作都在正常生产过程中完成。

在生产出第一炉后的几周和几个月内，新设备又成功生产了将近20种不同的不锈钢和特殊钢。斯洛文尼亚总统Borut Pahor出席了2017年9月举行的正式投产仪式，并强调指出了SIJ集团的投资对斯洛文尼亚经济的重要意义。



在正式投产仪式上，普锐特冶金技术的Josef Lanschützer对SIJ Acroni团队的全力配合表示感谢。



AOD工艺大幅度提高了SIJ Acroni炼钢厂的生产能力，同时降低了运行成本。



请教专家

普锐特冶金技术首席技术官ETSURO HIRAI博士亲自解答客户问题

在本专栏中，普锐特冶金技术首席技术官Etsuro Hirai博士亲自解答客户问题。如果您有问题希望向他咨询，请将您的问题通过电子邮件发给我们，同时告知您的工作职务和地点。

请将问题发送至：

ask-the-expert@primetals.com

为什么工业4.0对将来的钢铁生产非常重要？

来自一位印度客户的提问

Hirai博士：在我看来，工业4.0概念的核心是知识管理。需要用到大量工艺诀窍——多到任何一位专家都难以掌握的程度——始终是冶金生产面临的主要挑战之一。由于现在产生的数据量甚至更大，这些信息的价值无法被充分消化和代代相传。这就使知识管理变得非常重要，它能大幅度提高生产工艺的可靠性和最终产品的质量。

我应当如何看待人工智能近年来的发展？

来自一位德国客户的提问

Hirai博士：我认为，人工智能需要非常慎重地对待，尽管我们还远远没有到达Ray Kurzweil所说的“奇点”——计算机的先进程度足以匹敌人类意识复杂性的时刻。但是，对今天的钢铁行业来说，人工智能非常重要。计算机网络已经变得功能更加强大，称为“机器学习”和“深度学习”的技术能够应对新

出现的问题类型。我们已经在我们的一些方案中采用了这些技术，比如我们的跨工艺质量控制方案。与人工智能和云计算都密切相关的一个重要问题是数据安全性，我们必须谨慎对待。总的来说，如果让我展望一下，我相信钢铁厂将会全自动运行——很少需要传统的工人。但是，要经过很多步才能到达那个阶段，至少需要几十年。

您认为中国钢铁行业的主要趋势是什么？

来自一位中国客户的提问

Hirai博士：中国的钢铁行业正处在调整当中，按照中国政府的要求分三个阶段进行。第一阶段是降低总产能，已经采取了很多限产措施。第二阶段是提高产品质量，这是至关重要的一步，但需要相当一段时间才能全面展开。中国拥有众多钢铁企业，它们怎样才能最好地升级没有一定之规。第三阶段是改变中国钢铁产业结构：今后，许多企业将从高炉路线改为电弧炉生产流程，并且在原料配比中加大废钢用量。



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:Thomas Widter博士, 主编;
Martin Reitbauer, 编辑; Alexander Reindl, 美术指导;
Lawrence Gould博士, 前主编;
Rainer Schulze博士, 特约编辑;
James Gray, Tanya Graw, Marsha Jones: 独立编辑

出版社:Red Sam Media GmbH, Nöchling, Austria, www.redsam-media.at

出版日期:2018年2月

总印数和出版周期:8,000份;
《冶金杂志》为季刊。

ISSN:2194-5381

照片/图片提供:除非另有说明, 提供方均为普锐特冶金技术。以下除外:

第26、39、103和104页: istock.com/matejmo & /Tunervisual;

第57页: Proximion AB;

第61页: 蒂森克虏伯公司;

第88页: Jakob Hoffmann (绘画);

第96/97和101页: SIJ Acroni d.o.o.

封面图片:普锐特冶金技术金属乐队概念和图像资料; 封面设计由Alexander Reindl和Thomas Pilz(两人都来自Red Sam Media)与Tom Widter共同完成。

© 2018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, DRIPAX, DSR, DYNACS, DynaGap SoftReduction, EAF FAST DRI, EAF Quantum, ERT-EBROS, FA-PLAC, FINEX, Gimbal Top, HCMILL, HCMW, HCX, HYPER UCM, HYPER UCMILL, HYROP, iBox, idRH+, IMGS, IT4Metals, JETFINE, KL, KLX-, KZR, LIQUIROB, LOMAS, MEROS, MORGUIL, MORSHOR, MQL, -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。

· EBROS是Steel Plantech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和DRIPAX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。

请在社交媒体上关注我们:



如需垂询和索取资料, 请联系:

primetals.com

面向未来的智能工厂



数字化的冲击

信息技术和工艺模型领域近年来所取得的进步将使未来的冶金生产企业比今天更加“智能化”。尽管钢铁行业很显然会发生一些巨大变化,但通往全自动工厂的道路仍然需要摸索。本期《冶金杂志》将探讨行业发展的方向和数字化生产的前景。

如需垂询和索取资料, 请联系:
contact@primetals.com