

STEEL ROLLING '98

1998

第七届国际轧钢会议译文集

The 7th International Conference on Steel Rolling

敖列哥 主编

鞍钢技术中心信息研究所

1999.12

1 9 9 8

《第七届国际轧钢会议译文集》

敖列哥 主编

鞍钢技术中心信息研究所

1999.12

1 9 9 8

《第七届国际轧钢会议译文集》

编委成员

主 任：林滋泉

副 主 任：王国栋 张晓刚 刘万山

委 员：（以姓氏笔划为序）

王国栋 刘万山 张晓刚

林滋泉 郝 森 敖列哥

徐春柏

主 编：敖列哥

副 主 编：徐春柏

责任编辑：孙永方

版式设计：陈 宁

校 对：《鞍钢技术》编辑部

印 刷：沈阳新华印刷厂

前 言

欢迎各位来东京参加第七届国际轧钢会议。组织委员会对来自世界各地工业界、实验室及大学里的轧钢研究人员、工程师提交本届大会论文深感欣慰。

遵循前几届轧钢委员会建立的良好传统——第一次会议是在日本，1980 年召开，第二次是 1984 年在德国，第三次是 1985 年在日本，第四次是 1987 年在法国，第五次 1990 年在英国，第六次 1994 年在德国召开的——本届会议主题也囊括了轧钢界的最新技术趋势、工艺、产品及轧钢系统的变化。

本次会议提交了 130 多篇论文，汇集成一卷论文集出版。该论文集代表了世界范围内轧钢领域的研究与开发现状及高新技术的进展，清楚地描绘出轧钢领域的重要发展趋势，在提高生产率的技术措施，生产制造要求，寿命周期评价，信息系统的使用及先进工艺的网络集成，高性能产品的生产及研究开发的新技术方面均有所涉及。

这些趋势的发展越来越显著，特别是近几年来，由于世界经济形势的巨大变化以及社会压力的不断增加，更加速了上述趋势的进展。轧钢界的研究人员及工程师面临着新的挑战 and 机遇。

我希望第七届国际轧钢会议及其出版的论文集会有助于研究人员及工程师新概念、新方法、新工艺及新产品的开发与应用。我相信它也会对增加钢产品的生产与制作，协调环境与人类资源做出积极的贡献。

本届会议组织者感谢所有的论文作者、合作者及各分组会议主持人对本次会议所做的贡献。我们希望这次会议及其论文集会对轧钢界有所裨益。

Manabu Kiuchi

第七届国际轧钢会议组织委员会主席

日本 东京 1998 年 11 月

目 录

前 言

首场演讲

轧钢技术的演变—朝着生产技术措施更加灵活的方 向前进·····	(1)
竞争性材料的机遇与挑战·····	(5)

先进工艺

·热 轧·	
材料工业规范的变化·····	(12)
EKO 钢厂新型紧凑热带钢轧机面市·····	(15)
ILQ 控制理论在轧钢过程中的应用·····	(18)
用来改进热轧带钢平直度控制的 Topomctlis 在线平直 度测量系统·····	(23)
用具有内插式控制制度的自适应控制器控制热带钢 轧机活套挑·····	(26)
轧机带钢厚度的实时神经元模糊控制·····	(31)
改进轧钢技术研究的开创性意义·····	(35)
应用于热轧机机架间工艺的多变量先进控制系统的对 比分析·····	(40)
热带轧机中不连续状态预报滑动方式控制·····	(44)
用于卷取温度控制的新物理在线模型·····	(50)
热带钢精轧机中带钢宽度变化性状及其数学模型·····	(55)
·冷 轧·	
一种新研制的用于 20 辊冷轧机上的过程优化系统 (POS) 的应用·····	(60)
20 辊森吉米尔克鲁斯特轧机中累积平整厚度控制系 统中的状态观察器设计与校核·····	(63)
新型 30—辊可逆式冷轧机的设计与研究·····	(67)

轧制制蓝带钢现代带钢冷轧机的预置模型·····	(70)
冷连轧机轧制规程调整的最佳化·····	(73)
在冷轧中用激光多普勒测速仪前滑·····	(77)
板带卷取过程中的变形和平直度改变·····	(80)
·振荡与神经网络·	
板带钢轧制过程中用于识别异常情况的振动分析 系统·····	(85)
冷轧薄带钢时轧制条件对振动的影响·····	(88)
轧机振动现象的模拟和仿真·····	(93)
用神经网络模拟可逆式轧机瞬时态轧制过程·····	(98)
神经网络用于分析带钢成形性与平直度·····	(101)

研究与开发

·规程与模拟·	
热轧钢厂轧制规程开发·····	(104)
GUI 模拟工具为基础开发热轧过程模拟·····	(107)
以模型为基础的成形生产模拟应用于编制计划和 优化·····	(110)
电流法抛光轧制操作的非线性模拟和仿真·····	(113)
·控 制·	
一种用于可逆式冷轧机头尾厚度控制的自调谐控 制器·····	(118)
不对称式 PV 冷轧机最小可轧厚度分析·····	(122)
·热科学·	
关于热轧中数值模拟的传热的实验研究·····	(125)
钢板热轧的温度分析·····	(129)
电流法抛光轧制热传导的数学模拟·····	(133)
·数学模型·	
五年来日本钢铁协会在轧钢有限元分析方面的联合 研究成果·····	(137)

热连轧机组机架间塑性变形对凸度遗传特性影响的有		
限元分析	(142)	
平板轧制的弹塑性有限元显式动力学模拟	(147)	
用显式动力学弹塑性有限元法分析轧制过程	(151)	
采用有限元法和人工神经网络预测热轧过程中的带		
材宽度	(156)	
带材、棒材/线材和型材轧制过程三维变形分析用		
的通用 FEM 模拟设备	(160)	
在带钢三维轧制问题分析中入口区长度对计算结果的		
影响	(164)	
材料在有槽立辊内变形时三维测量法及数值分析法		
的应用	(169)	
板带轧制中分析板平直度的新公式	(174)	
热带轧制中的带钢轮廓有限元计算模拟系统	(178)	
·板带轧制与成形的模型·		
带钢热轧机自动宽度控制	(182)	
辊式矫直机中带钢曲率和内应力的弹塑性有限元		
分析	(184)	
高精度 U 型弯管的无模成型工艺开发	(190)	
挤压管内表面起皱的 CAF 分析	(195)	
超光滑内表面拉拔管新工艺的开发	(200)	
·粗 轧·		
热带粗轧机组立一平轧制过程的全三维刚塑性有限		
元分析	(204)	
埃萨德冷轧试验轧机及其在双压下轧制中的应用	(207)	
延伸孔型轧制的模拟	(210)	
·型钢轧制·		
近终形工艺法的冶金概况	(213)	
万能轧机中 H 型钢的轧制力与变形特点的		
研究	(219)	
钢板桩轧制的三维有限元计算	(222)	
特种优质棒材的新一代精轧机	(226)	
V 型断面板的成型轧制研究	(229)	
NKK Fukuyama 厂新技术与型钢轧机的重建	(234)	
影响	(240)	
将喷镀成形应用于高质量带材轧机轧辊中	(245)	
热轧机工作辊的冷却特性和受热分析	(248)	
采用新的锻造半高速钢和高速钢轧辊改良现代化		
冷轧机	(253)	
轧辊材料对钢板冷轧润滑特性的影响	(257)	
·摩擦学·		
带材润滑对不锈钢热轧中摩擦的影响	(260)	
新近为热轧润滑剂研制的仿真试验机的运转性能		
评定	(263)	
利用润滑油和 HSS 轧辊改进轧钢工艺	(266)	
具有优化润滑和带钢清洁重要技术的实验轧机	(272)	
不锈钢冷轧过程中轧制薄板表面亮度评估系统的		
确立	(275)	
母带表面和轧制速度对采用可溶性轧制油的冷轧		
不锈钢表面光洁度的影响	(279)	
·组 织·		
热机械控制工艺中的结构钢微观组织变化的计算机		
模拟	(283)	
轧制变形对低碳钢机械性能各向异性的影响	(290)	
钢板热轧期间再结晶行为的预测	(294)	
通过保护轧制 AISI304 和 AISI430 混合		
粉末生产双相不锈钢	(298)	
钛覆层钢板轧制接合面强度的改进	(302)	
工艺参数对高性能钢织构和各向异性的影响	(306)	
Nb 钢控轧数学模拟的一种新方法	(312)	
集成现象学神经网络模型用于预报奥氏体钢的		
热强度	(315)	
棒材轧制时抑制晶粒粗化现象的热精轧条件的		
确定	(319)	
LTV 钢公司扁平轧材铁素体精轧工艺的开发	(323)	
蒂姆肯公司的热轧棒材的计算机模拟	(326)	
·先进工艺(板材轧制)·		
超厚板生产的工艺设计	(331)	
钢板轧制中翘曲控制技术的开发	(335)	
TMCP 钢板在线板形控制系统的开发	(340)	
建造 21 世纪有代表性的中厚板轧机	(345)	
板材残余应力的控制	(349)	
在工作辊移动式轧机上由于非同工作辊凸度产生的		

高性能产品

·轧 辊·

用于热带钢轧机的新型高速钢轧辊	(237)
工作辊上黑色氧化物膜生成及其对热轧摩擦特性的	

板材机械凸度特性的基础研究	(353)	轧钢厂 AC 驱动系统的应用	(417)
钢板轧制平直度控制	(357)	·紧凑式热轧带钢机·	
3 600 厚板轧机粗轧机架轧制过程的分析	(362)	特里柯钢公司热轧薄规格带钢	(421)
厚板和热带钢轧机宽展模型的改进	(367)	用激光测量连铸过程中热板坯的长度和宽度	(426)
采用经验方程和神经网络模拟控制轧临界温度	(372)	小钢厂卷板箱中中间板带卷取过程的有限元分析	(428)
其 它		达涅利柔性薄板轧制技术阿尔戈马钢厂薄板连铸包晶钢 技术及其初步结果	(432)
劳塔鲁基 2000 年现代化改造方案具有最低成本的 先进控制系统	(376)	·冷 轧·	
热带钢精轧机工作辊热凸度性状及其二维在线 模型	(380)	改善串列式冷轧带钢轧机的平直度控制的响应 性能	(437)
柔性轧制——一种连续生产工艺	(385)	冷连轧机控制边部减薄技术发展	(440)
信息系统		新开发的优质钢生产用万能凸度控制机组 (UCIF—机组)	(445)
日本钢铁业信息系统现状	(388)	改进可逆式冷轧机的轧制规程和调整	(450)
在轧钢厂的操作和维护中的信息技术	(391)	提高冷连轧机生产能力改进的成本 ——效益技术	(455)
生产技术措施		具有高厚度精度的先进冷连轧机的自动化边缘变薄区 的精确解决	(460)
·热 轧·		采用 IHI SHEETFLAT 的冷轧机自动 平直度控制	(467)
霍戈文 88 英寸热带钢轧机改善质量和提高产量的 措施	(394)	轧辊偏心率补偿的新方法	(471)
新的紧凑热带钢轧机的建设和操作	(399)	·新工艺及测量·	
热带钢轧机的最新技术	(402)	薄带钢展宽轧制新方法的开发	(473)
热轧带钢轧机无头轧制技术的开发	(407)	两种新型厚度计	(477)
光进的热带钢精轧机控制	(414)	国际钢铁协会 LCA 活动状态的报告	(480)

轧钢技术的演变

——朝着生产技术措施更加灵活的方向前进

Takashi ASAMURA

(新日铁公司)

2-6-3 Ohfemachi, Chiyoda-Ku 东京 100-8071 日本

【摘要】 本文对轧钢技术特别是有关扁平材的轧钢技术进行了概念性的评论。讨论了轧钢技术及生产制造系统的演化过程并探讨了下世纪为了轧钢工业的良好前景所需要的新的规范的背景情况。

关键词 生产 灵活性 质量控制 专业化 技术转移 电脑

1 前言

工业革命之后,人类文明已经有了巨大进步,这种进步给我们的生活带来了即使我们最富有的祖先也从未享受过的便利。与此同时,文明的进步也给我们带来了严重的问题,诸如能源,食物短缺,环境问题等。在这种矛盾状态中,我们正处在下一世纪的门口,我们正在为寻找解决这些问题获得光明前景的新的规范而努力。

毫无疑问,轧制工艺是人类发明的最具生产性的制作工艺,而且钢材也是实际上最常用的消耗资源材料,讨论一下轧钢技术的演变过程可得出下一世纪有关我们社会的某些启示;或者说思考这些全球性问题也许可以使我们对轧钢技术的未来有清醒的认识。

本文将对轧钢演变过程中重大事件进行评论,主要着眼于在此背景上的含混的事实,这些事实有助于我们转而去理解技术演进的趋势。本文并不涉及所有轧钢技术,仅提到并讨论几个对轧钢技术来说具有划时代意义的事件。由于篇幅有限,本文主题仅限于扁平产品的轧制技术,虽然说条形产品的轧制技术也取得了重要进展。本文努力寻求新的价值观和规范,以便理解我们社会的未来技术进步。

2 轧钢技术的进步:概念性评论

2.1 生产技术措施

毫无疑问,单个轧机是轧制过程中的通用部件。在工业化的初期,一个再加热炉、一个递回式轧机以及操作工人就组成了轧机生产线。在此阶段,轧机只是断断续续地工作,只是工人手中的一种有力的工具。串联式轧机的出现完全改

变了这种状态。连续轧制的概念已经出现在串联式轧机中。每一轧机不需要工人任何手工帮助而连续工作。这种轧机在工厂中已成为主流轧机,它带给我们巨大的生产效率。

生产技术措施并没有停留在这个阶段。1971年在 NKK Fu Kuyama 工厂出现了全连续冷带钢轧机。即使在常规的串联式轧机上,轧制带钢时,为了获得稳定和满意的结果也要对带钢头尾的轧制进行特殊处理。全连续轧制通过在进入串联式冷轧机前将带钢接在一起,从而取消了低效率的轧制工艺,这种类型轧机的成功鼓励了连轧工艺,于是 CDCM 法接着就诞生了,这就是在 NSC Kimitsu 工厂实现的“连续除鳞和冷轧机组”,(CDCM)在这个机组中串联式冷带钢轧机和邻近的酸洗线直接连接起来。随后在 1986 年出现了更先进的连轧机,这就是 FIPL(全集成生产线),这是在 NSC Hirohata 工厂实现的,在那里产品连续通过酸洗处理线和 4 架串联式冷轧机和 CAPL(连续退火线)。这被认为是顶级的连续冷轧带钢生产系统结构。

对于热带钢轧机来说,通过增加 PIW,带宽和轧制速度,生产效率已得到改善。虽然对生产率来说,轧制速度是关键因素,但在有穿头工艺时最大轧制速度是受到限制的,带钢的头尾总有不稳定现象如抛尾和波浪等。为了消除这种缺陷,1996 年开发了无头轧制技术,一套新的轧机在 Kawasaki 钢公司 Chiba 厂建成,在那里通过粗轧机轧后的中间带坯与终轧机架前的中间坯连接在一起,然后终轧机组至少连续轧出几个卷,这样除了连接起来的第一个板卷,其他的板卷就用这种技术消除了抛尾现象。NSC Oita 厂在 1998 年 4 月实现了一种轧机的无头轧制。

应当说,用高速钢制做的工作辊对改善热带钢轧机生产率贡献很大。据报道,它的磨损抗力比常规的镍基铸铁辊高出约 5 倍。由于这种优越性,它也提高了单个周期的产品产

量,即使是自由轧制操作时也是如此(非无头轧制)。

2.2 增大灵活性

由于生产率的改进主要是采用了连续轧制方法而得到的,轧制材料的一致性或者规格相同对连轧机生产就非常重要。但是规格取决于用户的要求而不能由生产厂家控制。生产商所能做的是,比如说将相似规格的材料尽量集中起来成批轧制。这并不是一种理想的方法,因为它需要很大的堆放坯子料场,它还会延长交货期,提高能源消耗。因此出现了解决这种问题的灵活轧制技术。在这种类型技术中,“自动调正控制”技术和“无计划轧制”技术值得一提。

诞生于带钢冷连轧机上的自动厚度控制(AGC)技术作为调整抛尾变化的技术扮演了主要角色。如果没有这种技术,轧制的带钢将不得不频繁地被切断,或者是沿轧制方向厚度变化的带钢的过渡部分将增大,这样全连续冷轧机的优势会大大地削弱。毫无疑问,AGC是该技术的主要部分,它测量出轧制力的变化然后通过调整辊缝从而改变带钢厚度,这样就消除了带钢厚度的不均匀现象。AGC采用了 x 射线或 γ 射线仪表和液压轧辊定位系统,这样改善了AGC系统的操作。近来,AGC技术已经有了很大进步,应当强调的是完整的AGC技术,这种技术通过轧制力测量和轧制延伸计算模型计算轧制材料的完整厚度,然后通过控制辊缝使计算出的厚度达到目标值。由于使用液压轧辊定位系统,产生的时间延迟很小,很自然,响应速度也就很快。因而完整的AGC技术不仅对降低轧制开始时厚度误差很有效,同时也对减少带钢抛尾时仪表变化产生的过渡长度很有效。要想完整的AGC发挥良好操作性能,数学模型计算轧制延展就必须很精确。在NSC使用的数学模型通过对轧制形变进行仔细的理论分析而开发出来。应当指出,引进短套或无套轴承系统用于支撑辊对改善AGC操作起了重要作用,因为由键引起的轧制偏心给提高AGC的比例系数造成很大困难。先进的中间机架张力控制技术也对改善AGC操作精度起了很大作用。

“无计划轧制”(SFR)作为一种提高轧制过程灵活性的重要技术值得注意。它使得我们能消除主要由于被轧制材料宽度所带来的对轧制计划的限制,这样连铸板坯就可以先来先轧,不必经过再加热工序,极大地节约能源。由于轧制计划还要受到被轧件的凸度和平直度的限制,对实现SFR来说,控制凸度和平直度技术十分关键,因此开发出了带可移动中间辊的6架轧机 and 一对立轧机组。除了上述的轧机设备外,还开发出了控制凸度和平直度的高级数学模型。这些开发研究成果综合在一起,于1982年在Yawata NSC实现热轧带钢SFR轧制。

2.3 精细的质量控制

轧制工艺对钢产品质量关系极大,改善产品质量,降低成本,提高生产率一直是工程技术人员及研究者的主要任务。特别是在日本,尽管总体的产品质量在前二十年里就已达到几乎一致的水平,对产品的外形、尺寸、表面质量的多

种性能的精确要求仍一直在不断提高。说到外形和尺寸的精度要求,自然是由于近年来在制造业中自动化生产系统所带来的需求趋势,因为外形和尺寸的波动都会给钢产品用户带来比手工操作制造系统严重得多的问题。现在的状况迫使日本的钢铁厂商做出更多的努力改善产品的精度同时提高生产率、降低成本。在这种情况下,先进的AGC技术和凸度、平直度控制技术做出了重要贡献。

表面质量和产品性能紧密相关。例如:无间隙原子钢(IF)在深冲,无时效钢产品方面应用已很普遍。当在热轧带钢机上轧制IF钢时,轧制温度要高于通常的低碳钢,有时由于有害的氧化皮或是工作辊表面损坏导致产品表面缺陷。同时卷取温度也很高而易于在输送板卷时产生表面缺陷。为了防止产生这些表面缺陷,对轧制IF钢做出了许多限制。其中之一是采用尽可能低的再热温度同时保持终轧温度高于 Ar_3 。一般说,这需要有有效的荒轧,为此,1992年在Nagoya NSC厂翻建了热带钢轧机。对终轧的限制包括了在终轧机架上的厚度压下量、润滑、轧制冷却液控制等之间的最佳平衡,这主要由技术员和操作工进行控制。工作辊无疑是获得良好表面质量的重要因素,在热轧带钢机上高速钢辊对此做出了重大贡献。传送板卷而产生的缺陷由于改进传送设备而被消除。对冷带钢轧机来说,润滑系统和工作辊一直在不断改善,不仅提高了表面质量,最大轧制速度也增加了。

应当指出,上面提到的改进仅仅是操作方面技术诀窍的一小部分,操作技术细致的研究改进是有助于轧钢产品质量改进的。

3 有关轧钢技术演进的讨论

3.1 全球性竞争:背景

近来,人人都清楚到处存在着全球性竞争,特别是像钢铁生产这样具有世界市场的工业,正处于剧烈的全球性竞争中心。全球性竞争本身也许可以看做是运输方式进步的结果。低廉的大型集装箱运输和迅速的喷气式飞机运输已经缩短了地理距离。更重要的是通讯和信息交换系统方面的进步不容忽视。当前,多数发达国家已经轻易地进军世界各地的信息业,换句话说,除了保留在一定集团内的机密信息外,几乎所有信息都同时在世界范围内共享,这自然打破了原有官僚体制在各国之间建立的壁垒。由于信息交换速度越来越快且加入信息共享的国家迅速增多,这种趋势不可逆转。从而全球性竞争遍及人类活动的各个领域,在下一世纪,民族的概念也许要发生根本性变化。

3.2 产品的集中

在工业革命之前,多数制造工艺都是由家庭和亲戚共同运作的,因而就有大量的小作坊,它们占据着相对小的市场,按照地理距离而分界。工业革命之后,随着每一小作坊生产率的提高,由单一作坊占据的市场越来越大,由村镇到城市,城市到国家,最后走向世界。在生产率迅速提高的过程中,一

度凭借数量而占优势的小作坊一落千丈,被少量具有更大生产率的工厂所代替。这就导致了全球竞争性产品的集中。

说到轧钢产品,如在前面 2.1 部分所评论的,不仅由于采用更大功率的电机而极大地提高了生产率,同时也通过研究开发使工艺更为有效,并且产品集中的程度也逐步升级。钢铁产品的这种集中趋势在下世纪还会继续下去吗?我冒昧地回答是否定的。尽管随着产品集中程度进一步增加会降低产品的生产成本,随之而来的产品过度集中会出现一系列问题。可以想象得到世界上没有几台生产率极高的轧机,在原材料和产品的运输成本,交货期上会出现问题,同时也要求对产品规格变化要有极大的灵活性才能满足用户要求,这也增加了生产成本。如果产品集中程度过高,由于缺乏竞争会使管理和操作效率降低,当其中某一个厂家出现严重问题时会导致钢产品供应不稳定。因而,很可能产品集中会达到饱和以平衡上面提到的互相矛盾的各种因素。事实也是如此。

在美国,具有较大能力的常规热带钢轧机正在被多功能组合式工艺所代替,如 CSP 工艺(组合式带钢生产工艺)这是一种薄板坯连铸机和 5 或 6 架的精轧机组成的一种生产工艺流程。在美国这种趋势很奇怪,美国的钢材通过长期持续发展的经济行为而以可用的废钢形式积累起来。一般地讲,经济的铁矿石分布是不均衡的,大型钢铁联合企业一般都建在发达国家的沿海区域,那里运输成本低廉,人们的经济活动是挖掘出矿石,将其炼成钢铁产品,然后送往世界各地。随着人类经济活动更加成熟,钢铁产品的原材料倾向于平均分布世界各地,这也不适于钢铁生产的集中化。

且不说原材料分布的变化,组合工艺还有其设备成本低廉的特点。它不需要大规模的高炉设施,不需要处理熔烧矿料等。由于这种优势,组合工艺可在钢铁产品用户附近区域快速容易地建成。在信息时代,速度是最有价值的竞争因素。因此,组合工艺的涌现对美国来说既不奇怪也不是暂时现象。这也许是停止钢铁产品进一步集中的全球性趋势的象征。在下一个世纪,我们也许会寻求适度集中的产品生产系统或者是混合式生产系统,这正是应当转变成新规范的概念所隐含的意义。

3.3 技术专门化

在家庭作坊式生产时期,没有几个管理人员和工人懂得必要的生产运转技术。工具和机械也很简陋,工人们常常自己制造和修理它们。技能而不是技术常常为作坊里少数工人拥有,他们通过师徒体系将其传给下一代。由于缺乏信息,这些技能可能会沿着错误的方向发展。在这种情况下,作坊没有办法继续商业化,在邻近作坊中可能会有更熟练的技能。正是在这种制造环境中,技能沿着正确的方向发展起来。

工业革命后,情况发生了根本性变化。引进了现代技术,熟练的工人不再看管制做活动的每一方面。在现代制造业中,大多数机械都是由不同的专门的公司制造的,即使是熟练的工人也难以修理或改造。因此,受过不同训练的专业工作者对现代化工厂不可缺少。产品的集中加速了这种转变。工

厂越来越大且复杂,生产更大产量的和品种繁多的产品。技术的专门化随之而来,因为人类的能力进步是有限的。

说到钢铁产品的轧制,前面我们已看到,产品的集中似乎处于一个调整时期,但技术专门化由于前面提到的研究和开发活动而处于迅速发展时期。新的高级技术的成功常使得制造系统更为复杂,从而需要更多的专家维持已建立起的技术水准。这种趋势,一般来说,使工程师和研究者的领域更为狭窄,它自然导致了通用专业数量下降。这些因素足以使我们认识到领域太狭窄的太少量的专业也许会沿着错误的方向发展。直到最近,专业技术数量下降的不理想状况由于通讯和信息交换系统的迅速进步,相关的信息量大量增加而得到补偿。由于在受教育的人群中数字网络的合理分布,大量的有用的信息正在饱和,而具有普通专业的工程师和研究人员的似乎是持续下降。我们应当认识到这种局面,对产品集中系统来说,很难找到一种单一的但是大规模的制造系统来代替,那么它的崩溃对我们的社会也许是致命的。

技术专门化对技术进步来说是完全必要的这是不争的事实。这个概念和“专门化”的方法仍有疑问。

3.4 技术转换

技术转换对技术持续发展来说是不可缺少的环节。在本部分中,我们将着重讨论技术转换问题。在集中生产系统中,商业通常在现代的有效的管理下运行。这些系统不允许存在学徒期,因为学徒期耗时间且效率低下。轧钢工业由于年轻雇员的迅速下降也决不会采用学徒期制。学徒期最严重的问题是它需要师徒之间长期而紧密的关系。没有这样的学徒期制,员工的技能和经验上的一些很难表述出的技术就难以传授下去并在制造系统中发挥作用。这些技术的每一项都属于开发出这个技术的一组人,当其中关键人物退休后,该技术也就消失了。

为了避免这种不利的结果,技术应当被彻底研究并以科学方式定义。用科学的语言,我们可以将这种技术精确地转换成一定间隔的时间和物理上的几何距离,不需要师徒之间的普遍经验,基于科学原理上的技术可以迅速地转移到不同环境中的另一生产系统。由于技术的局限性是用科学语言清楚地表述出来,就不容易发生技术误用的情况,对此技术进行研究也许会产生新的突破。可以认为这是解决办法的第一步。

在这当中还应注意,多数技术都与生产技术措施改进以及前面提到过的强化的灵活性有关,许多质量控制技术似乎引起年轻的工程师和研究人员的很大兴趣,他们将对它进行彻底的科学研究。

3.5 带有活跃的技术单元的计算机

计算机技术是近年来最具划时代意义的技术之一。最近 20 年来 CPU 的速度和容量已提高了约 1 000 倍且价格也可接受。今天我们也许可以说没有一个技术与计算机无关。即使一件产品不包含计算机,它的计划可能也是计算机做出的,它也许是在计算机控制生产系统中制造出来的,或是它是由一家使用计算机的公司生产的。轧钢制品也不例外;计算机广

泛地应用于钢铁产品的生产过程中。尤其是轧钢工艺使用计算机的程度更高。尽管计算机在商业运作和管理中起着重要作用,我们还是把我们的讨论限于直接控制轧制过程的计算机。

过程机已经可以完成设定参数及对轧机动态控制等主要任务,操作者仅做一些补充工作即可。过程机拥有大量的信息并可进行复杂的计算,它独立地完成了近来在轧钢技术方面的进步。与技术相关的计算机的特性自然就被引进钢铁工业,这也在一定程度上提高了轧钢技术的特殊性。

过程机进行非常复杂的计算一直是不可能的,因此最近开发和维修安装在过程机上复杂的软件正成为严重的问题。尽管提出有许多理论和方法加强开发和维护对用户来说非常重要的软件,我们还没有获得一种简便易行地控制最复杂过程机系统的全能的有力工具。要想得到这样的工具还要花费一定时间,因为在计算机硬件飞速发展下与之相关的计算机软件技术还处于研究发展阶段。目前这种差距正在由计算机专家缩小,但仍有问题存在。

实际上我们正在着手解决这个问题:经过适当编程的过程机的作用就像一组熟练的操作工。一旦经过彻底科学研究而建立起的编程技术实现,过程机所起的作用优于或至少等于一组受过专业教育的熟练的操作者。尽管它的作用局限于轧钢系统,对不同的工作条件和不同的工作内容也有一定的适用性,而且即便没有事先的工作经验,按照理论计算它也呈现出合理的行为。过程机相当不错地控制着巨大的轧制系统,每一程序单元都有一定的科学基础可认为是轧制技术的活的细胞。从实践的观点来看,有了带有适当程序单元的计算机就等于雇用了一名有能力的轧钢专业技术人员。只要与它的雇主,即程序器一起工作,它的作用就像是雇主的胜任的下属。在它的雇主离开其相应的工作后,它就像一个熟练的操作者或一个成熟的技术员,在它的专业领域内,它的命令无条件执行。如果我们想用真正的专业人员代替它,则需要十几名专业人员。这又引起了前面所涉及到的矛盾问题,这不是我们应当走的路。我们应当认识到,程序单元计算机就如同一名真正的专业人员一样。试图去控制程序单元计算机是没有用的。我们所能做的就是照看它的行为并为其提供必要的信息。由于这种程序单元计算机通常都有很好的学习系统,它会适应工作条件的变化并且我们也能发现它在新状态下是否胜任,我们可以对它进行改装或是另换一台以适应新的状态。这时常要花费时间,但对真正的专业人员来说,适应新的工作条件也需要花费时间。如果这些先决条件都能满足,我们就享有下列好处:

- 程序单元计算机快捷,精确且反应灵敏。
- 它能 24h 全天工作不需额外成本。
- 它可按我们所需进行克隆(复制),不需另加时间和成本:这是很好的技术转移。

我们应当注意,仅靠经验和技巧并不能产生这样的程序单元计算机,只有在科学原理基础上通过技术开发才能生产

出来。如此一来,人在下一世纪人们与计算机共同工作的方式将对钢铁制品制造业的繁荣有着深刻的影响。

4 下世纪轧钢技术的开端

本世纪尽管轧钢技术以及其他制造工艺技术有了飞速进步,发展方向几乎仍是一维的,即:大或小,重或轻,简单或复杂,单一或多种,迅速或迟缓。在这些环境中,研究与开发(R&D)已经清楚地指明了一维的目标。下一世纪,这些一维目标正在达到允许的极限,R&D 正在沿多维方向发展。

例如生产率和灵活性仍会是关键词汇,但其内涵也许发生变化。说到生产率,在正在过去的世纪里,对人们来说就要想到某一工厂在单位时间内,在单位员工数量下所生产的钢铁产品产量。然而在即将到来的世纪里,生产率将包括许多其他因素:例如,时间和建设该工厂的成本,时间和原材料及产品运输成本,相关厂的生产率,产品回收包括副产品回收的成本等。对钢产品来说,所谓灵活性是建立在用户规格要求之上的,规格本身由于两个或更多的相关公司组成的制造系统产品的归并而产生变化,受到这种启发,在 3.2 部分提到的所谓“混合生产系统”不仅意味着大型联合轧机和紧凑型轧机并存,也意味着轧制工艺与其他工艺结合或合并的联合体的存在。

这种变化的例子之一就是双卷筒带钢连铸机。通常,带钢连铸机是一种连续铸造薄钢带的工艺,它生产很薄带钢,不含轧制。然而通过进一步研究,发现轧制现象实际上可以在邻近两个转鼓最靠近点处发生。尽管在这种情况下压缩厚度相当小,轧制对消除带钢上诸如气泡等表面缺陷,获得良好的表面质量是很重要的。这种合并工艺过程也许表明了轧制技术发展的迹象。

5 结 论

本篇短文的最重要结论是显而易见的,那就是要进行彻底的 R&D 研究直到其结果可以清楚地用科学定义语言解释。我十分强调这个结论,因为尽管结论很明显,但实践起来并不容易,且在这样短的时期由个人围绕一定主题工作似乎也不易见效。本文已表明只有顽强地实践不断开发特殊技术,提高程序单元计算机才能使我们解决问题,一旦成熟的程序单元增加了,相关的工程师和研究者就能将其兴趣转移至其他专业领域或者他们集中精力完成更高水平的任务,综合相关专业在制造业中获得优势,这既有趣又有回报。我们应当使年轻工作者认识到其意义,我相信这是这类国际会议的最重要的主题。

参考文献(略)

敖列哥 译
郝 森 校

竞争性材料的机遇与挑战

[美] Brian ATTWOOD and Ronald E. MINER

LTV 钢公司技术中心

【摘要】 钢铁工业多年来在一些重要市场中一直享有“精选材料”的地位。然而日益明显的是在今日工业中惟一持续不变的事情就是变化。我们工业上的成功取决于我们适应不断变化环境的能力。本文着重于在现存市场中竞争性材料所遇到的挑战以及在新兴市场上所遇到的机会。本文举出几个低密度材料成功和失败的示例。讨论钢铁供应的几个关键领域。我们在持续竞争中取得成功的关键就是给我们的用户不断提供极好的产品。

关键词 竞争性材料 塑料 铝 ULSAB 钢

1 前言

第七届国际轧钢会议提供了一个极好的机会来探讨竞争性材料给钢铁工业带来的机遇与挑战。我们的自由企业制度导致了在材料工业中所有主要市场的高度竞争。轧制工艺对最终产品的质量和成败至关重要；该领域内的技术改进措施有助于我们在将来更具竞争能力。在此次会议中的信息交换及讨论也会增强钢铁材料的竞争能力。

2 在汽车和包装市场中的材料竞争

汽车工业是全球竞争及相互依赖的一个早期例子（图1）。日本的汽车制造商的材料战略不仅对日本的钢铁工业造成很大冲击，也对美国和欧洲的钢铁工业造成巨大冲击。同样，美国的汽车及设备制造商全球战略也影响了遍及世界的钢铁厂商。我们在全球化过程中获得的成功将直接影响到我们在汽车用户方面保持钢铁“精选”材料的成功。钢铁工业进攻性的竞争策略是成功的关键。我们必须继续抓住在成本和质量方面的每一改进，以便有效地满足用户的需求，尽量使他们不去选择其他材料。其中著名的例子就是美国基于“短流程工艺”的电炉的发展。他们已获得了每吨热轧包装带钢0.3工时的先进生产率。美国的扁平材短流程轧机现已生产2 000万t热轧包装带钢，超过美国能力的20%。日本和德国的薄板坯连铸和轧制技术的发展使得生产厚度、外型控制极佳的薄和宽的包装带钢成为可能。在生产技术方面也有同样的进步。由于引进了真空除气装置和扩大使用涂层产品，钢铁工业已使其产品连续增值。在美国，如今超过

钢铁与塑料之间的争论升温	钢铁工业如何面对新材料的挑战
铝赶上了钢	挑战
福特从钢铁转向 Alcoa 经济。	SAE 重要新闻汽车工业塑料材料与技术
安全点燃了材料界的战火	
GE 坚持使用钢制冷藏车衬	Saturn 将车顶由塑料换成钢铁
Alcoa 帮助建造新铝轿车	

图1 新闻标题的挑战表明了汽车材料的剧烈竞争

材料	典型家用车用钢重量（磅）					
	单壳车身/总体设计				车架	
	2005	2000	1998	1990	1980	1976
低碳钢	1 236	1 319	1 409	1 406	1 737	2 075
HSLA 钢	289	276	287	238	175	120
其他钢材	43	43	38	40	54	56
塑料及塑料部件	282	258	245	229	195	—
铝	228	200	196	159	130	—
铸造镁	14	8	6	3	2	—

图2 北美典型车辆用钢长期下降趋势及未来材料使用预测^[1]

50%的汽车用钢都是在过去的15年里开发出来的。产品技术上的这种革新一直有助于保持我们的市场份额阻止其他替代材料的进入市场。图2表明了北美货车车辆制造业用钢长期以来的下降情况及使用其他材料的预测^[1]。用钢量的下降也反映了1970和1980年间美国载人轿车用钢同样的下降。这种趋势是1970年石油危机及汽油短缺的直接后果。随着“共同平均燃料节约”征税规则（CAFE）的出现，燃料效率得到了改善——轿车的尺寸在这一时期稳定地减小。这一趋

势也为汽车工业竞争性材料的应用提供了挑战的舞台。汽车公司在保持车辆的大小和舒适性方面代价不低并且一直在改善其燃料的效率。同时引擎技术和动力设计及燃料管理系统都得到了某些改进, 燃料效率的部分重要改进极大地降低了车身的重量。汽车应用方面的竞争危胁主要来自车身重量的减少。

尽管近年来轿车开始流行起来, 1990 年遏制重量趋势开始流行, 各种材料都开始加入竞争。在美国 1997 年轿车平均用钢材 822kg, 用铝 99kg。比 1996 年用钢增加 1.1%, 用铝增加 5.3%。这种不断增加的遏制重量的趋势的基础是在美国市场上流行从轿车转向轻型货车和多用途运动车。图 3 表明了福特公司的这种趋势^[2]。

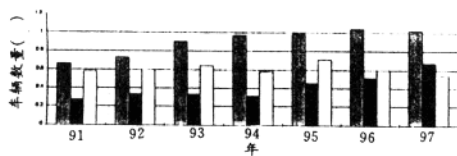


图3 美国市场上福特公司销售从轿车转向轻型货车及多用途运动车的趋势^[2]

包装材料方面的竞争同样有趣且更变化多端。图4表明在了全球范围内玻璃包装容器要优于软饮料包装容器, 占市场份额 48%^[3]。在金属包装的 37% 市场份额中, 铝是最广泛使用的材料, 南非、欧洲和日本除外。每年对包装容器的需求预计以 3.4% 的速率增长, 到 2001 年将达到 3 243 亿个单位。然而塑料容器〔聚乙烯对苯二甲酸酯 (PET)〕将获得最大的市场份额, 多数是通过减少玻璃市场份额为代价的。

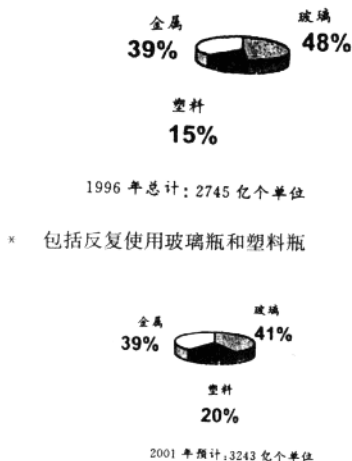


图4 全球软饮料包装容器需求^[3]

图5给出了日本, 欧洲和北美近年来玻璃、塑料和金属罐的市场份额及未来预测。在过去的几年里, 美国、西欧、日本的铝罐和钢铁罐消耗一直是平滑地下降, 其主要原因就是来自玻璃和塑料的竞争。

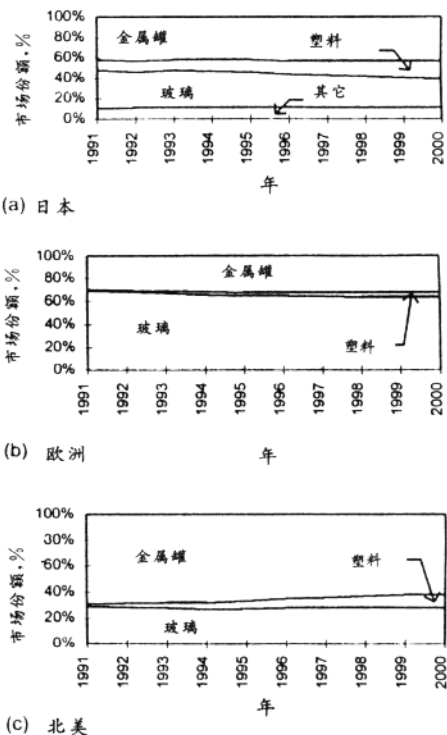


图5 日本、欧洲、北美近年来玻璃、塑料和金属罐市场份额及未来预测^[4]

包装应用材料方面的竞争导致了使用上很大变化。由于两件铝罐代替了传统的三件铁罐而使钢制酒罐在美国市场上减少了1 000亿个单位。两件罐生产工艺是采用众所周知的冲压和熔壁工艺 (DWI) 完成的。它是先深冲出一个半成品, 然后将罐壁挤压拉使壁厚变薄达到罐的高度。在美国市场上, 生产很薄的比较便宜的两件 DWI 铝质罐, 替代了铁罐。当钢铁制造商继续致力于改进三件罐时, 铝制造商则转向两件罐的制作技术。充碳酸气体的酿造饮料要求铝罐的强度要足以经受充满碳酸汽。铝制造商还将铝罐材料成本高的缺点通过回收铝罐重新制作从而降低成本, 变成生产铝罐的优势。实际上铝是很昂贵的, 要想铝罐生产有生命力, 必须回收再生铝罐。这种必要性也成为一种环境保护美德。与此同时, 炼钢技术也没能达到薄壁钢 DWI 罐所要求的钢质的洁净程度。由于现在炼钢水平提高很快, 在非碳酸食品包装应用市场上, 钢铁制品处于优势地位, 在美国钢铁制品也许

会向酿造饮料市场占优势的铝制品挑战。

世界范围内每年生产 1 900 亿个酿造饮料罐，其中仅 30% 是钢制的。欧洲、日本、澳大利亚一直保留有较高的酿造饮料钢罐的市场份额^[5]。这是由于上述国家钢铁厂商采用的进取性策略以及铝生产商比较保守而造成的结果。例如，欧洲的钢铁厂商将产品宽度从 900mm 扩大到 1 220mm，以有助于与铝产品竞争。本次轧钢会议的参加者赞赏这种努力，它对改变竞争地位很有意义。

对于酿造饮料罐材料的竞争一直比较关键的技术是极薄钢的轧制；从 1986 年以来，钢的厚度已经减少了 17%。带头进行减少钢的厚度的是 Sollac-Hoogovens-Rassdstein 联合公司以及他们的富有创新精神的 Ultralight Stea Can 公司。同时，轧机纵向厚度公差已从 $\pm 2.5\%$ 降至 $\pm 1.2\%$ 。这些都是在 1 300mm 宽的材料上实行的。经过几年的努力，罐身重量已从 1990 年的平均 29g 降至 1996 年的 25g^[6]。总的说来，当初次用钢铁制作 DWI，就有必要把生产的板卷分成三种厚度规格级别。用户就可在三种厚度规格中选择，避免在厚度公差范围内产生短罐或长罐的问题。很显然，目前的厚度控制水平很高，已没有必要这样做了。

富有创新精神的包装设计和组合，如英国钢公司的 Ferrolite（铁质掺合料）和 Toyo Kohan 的 TULC（聚乙烯 对苯二酸脂 涂层 TFS 钢）也有助于保持欧洲和日本的钢铁市场份额。

3 AISI 竞争性材料分析

北美钢铁工业对竞争性材料挑战的反应之一就是设计了竞争性材料信息系统以便有助于识别对钢铁的机遇和威胁。1996 年美国钢铁学会执行委员会已认识到需要结合市场开发与学会的技术支撑以便认清新的竞争性材料，技术对钢材市场的冲击作用。这对美国铝工业 1996 年制定它们的技术发展策略是一个很好的机会并且它们认清了技术发展的需求，取得了汽车铝部件从 25% 增加到 40% 的成就。

图 6 总结了钢铁工业各个组所面临的任务。

1. 系统、综合性的方法对竞争性材料工艺的分析
2. 认清钢铁界面临的挑战
3. 认清竞争中的知识的差距
4. 认清竞争性材料的弱点和提供给钢铁界的机会
5. 认清竞争性材料的技术难点（哪些技术需要开发）
6. 认清克服难点的竞争策略

图 6 钢铁工业各个组所面临的任务

为解决这些问题需要建立一个组织。这个组织包括所有竞争材料进入市场的步骤并且按照工艺过程和应用将竞争材料信息分级。这种方法是上述各组开发出的竞争材料分析模型的基础。

图 7 说明了各种材料从原材料到市场流动的基础信息。主要包括：

- 制造——代表从半成品转变为成品的工艺中的所有单个的制作过程。
- 制作——包括了将半成品材料如钢板转变成最终用户订购的最终产品的所有运做过程。
- 消费者——包括用户订货时所考虑的产品的属性和性能。
- 社会——代表所有管理的、环境的、政治的对商务产生的外部冲击因素，如美国的 CAFE 规则。

竞争性材料分析模式

影响水平	材料	应用	最终使用	竞争性结果
制造				
制作				
消费者				
社会				

图 7 任何材料从原材料流向市场过程中所需要的基本信息

我们正处于把信息填入上面表格中的过程。美国钢铁协会正在提供基于上述概念的竞争性材料信息源。图 8（略）至少是部分地描述了系统是如何工作的。在华盛顿特区的 AISI 计算机中有两个数据库。数据库包括了竞争性材料在汽车工业应用及居民住房的数据，有 1 000 多条目来自道·琼斯新闻并且可应答服务，而且有许多公司会员持有接口。头两个信息源提供公开信息，即公开的和文件性的信息，会员持有接口提供公开的和灰色信息，即未公开发表的信息。

数据库可以通过因特网和商业软件进入，可用来搜寻关键词。第三个数据库着重于交通运输和基础设施，它将于 1998 年底开始运行。

使用汽车材料数据库最初是用来研究提供可供考虑的战略。每千克铝的成本约是钢的 4 倍。因此找到降低成本的方式是非常关键的。带钢连铸是他们一直孜孜以求的一种方式。铝连接是比钢铁连接更为有力的集约化方式，焊接连接是一种有潜力的解决方法。汽车公司在使用铝材方面也经受过较低生产率的过程。在以新的结构概念建设奥迪 8 的新厂时，所有这些成本因素都反映在昂贵的价格上。对钢铁工业的挑战一直是降低钢制品成本以便抵消铝的收益并且维持现在的成本优势。

数据库的另一用途是为保持钢材优势而需要的研究与开发设立一个直通道路。这样就建立起一个技术路径图，它可以使研究处于优势地位且有助于外界研究计划在此开展。个体公司也利用数据库进行自己内部的研究。例如在 LTV，月度报告重点是新竞争性材料的开发。

在美国，一个炼钢工作者和工艺师的联合会，正在努力推

进一项耗时5年,耗资\$80MM广告计划,着重在钢材的强度、安全性及与用户的密不可分方面向消费者进行宣传,强化钢铁业的公共形象。LTV钢公司的总裁,Dwid Hoag,也加入钢铁联盟,主持广告宣传运动。他们的电视广告里着重宣传钢铁对汽车的安全性,钢结构房的强度以及钢制品的再生性。消费者的购买决定中,环境问题也成为重要的考虑因素。这样,消费者接受这样的观点,就是住房的结构架可用从汽车上回收的6块钢材制造,而不用消耗一英亩的树木进行建造。从这个角度说,可认为钢铁是一种“绿色”建筑材料。

4 材料竞争示例

下列示例是从许多示例中挑选出来的,它们能说明我们在我们的市场选择中保持钢铁材料份额所做的努力的范围和性质。

4.1 高强度钢门梁

钢铁界内部的竞争及在汽车应用中有效利用钢材的不断的改进是避免钢材被其他材料所代替的最佳方式。通用(GM)汽车公司生产的大驾驶室小型货车是这方面的代表车辆。GM和美国所有的汽车公司都很关注改进重量节约燃料同时保持一定的尺寸和具有大货车的操作性能。这种三门大驾驶室小货车需要更有效的门内置梁以符合“联邦车辆安全标准”。

设计的改进使用了一种单件超高强度钢轧制成型梁,重量节约大约1kg,实际上比原型号有更低的成本,更重要的是改进了安全性能。



图10 原型和新型的CLK冲击梁

4.2 塑料燃料箱

需要高强度和良好的能量吸收性能的门梁在汽车工业应用中很不容易被其他材料直接替代。而燃料箱则很容易被其他材料所取代。现今许多车辆的燃料箱都已采用塑料制作且越来越普遍。塑料具有可制成复杂形状的重要优点。它可适应小车的复杂空间,做成大体积的箱体。

4.3 结构塑料件

在内部或非暴露的结构件应用中使用塑料件已很普遍,塑料结构件已扩展到制作大型的复杂的部件,如塑模组件(SMC)仪表板。当然这种组件应用并没减轻它所替代的部件的重量,但它确实减少生产仪表板所需的部件的数量并简化了组装工艺。

4.4 外露的汽车蒙板

汽车外蒙板的竞争一直在继续。钢材仍然占据外蒙板市场优势,铝和塑料在小容量车型以及那些减轻重量甚于降低

成本的车型上有所进展。Chrysler(克莱斯勒)的LH车型是一种有趣的例子^[10]。

销售量的最初保守估计表明,高的零件成本和较低的工装设备投资所生产的塑料保险杠将会是生产这种车辆的有效降低成本之路。然而,随着建造这种模具的流行,很清楚,采用钢铁材料将是更有效的节约成本的方法,据估计每辆车可节约15美元,所以1997年,克莱斯勒又转向采用钢铁材料。

通用汽车公司(GM)的APV mini-vans是从塑料SMC转向钢铁蒙板的另一有趣实例。图13表明了在美国汽车应用钢模部件的突然增长^[11]。其1995年的数据是由SMC工业评估的,有高达3000万磅的材料GM没有决定转用钢材。考虑到欧洲的再生的需求,至少有一部分急需从塑料材料转用钢材。尽管塑料面板有潜在的发展能力,钢面板也有很容易回收的优点。

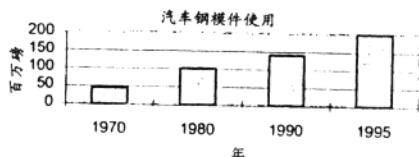


图13 美国汽车工业使用钢模部件的增长

在暴露性蒙板的生产中,使用铝是很普通的。Rover的外露板从1948年起基本就是使用铝制作。福特汽车公司在大型车辆生产中在使用铝方面最有经验。例如,1995年型的福特的Crown Victoria和Grand Marquis外露板,出于节约重量的需要都使用了铝。同样,上述车型和Lincoln Town车的罩板也根据节约重量的需求而使用铝。

4.5 全铝车辆

图14给出了福特的全铝车(AIV),该项目的目的之一是寻找并开发一种生产大体积车辆的制造工艺。例如光宽外壳体的铝件的连接与那些封闭的铝面板的栓接要求就很不一样。这样,这种车辆一直用各种方式生产并且由福特公司的工程师进行日常研究。

图15是铝学会对AIV^[12]取得的节约重量情况的总结。请注意钢体结构重量是272kg,铝体结构为145kg,整个车辆减重159kg,虽然成本高些,也是非常有意义的结果。

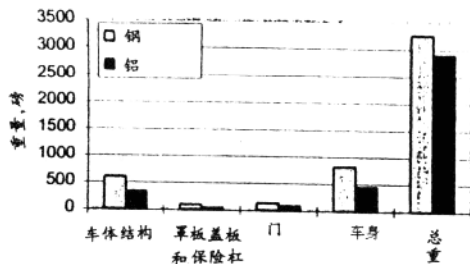


图15 铝学会评估AIV节约重量的结果

4. 6 镁

汽车工业在节约重量方面最好的前景就是正在进行的用铸造镁件代替冲压钢件。一种小体积的跑车车型目前正用镁制造车架。镁的应用包括小货车和载人小货车的座椅架,后者将消耗8 000t 镁,约占今日北美生产能力的1/4。其他一些镁制小部件如仪表板、支撑架等也都很流行。

4. 7 步行桥

替代材料最有意思的非汽车工业应用之一是在苏格兰建设的用玻璃纤维强化物的步行桥(图16)^[13]。其200英尺长的桥面座落在两座竖直的A型塔上,设计桥的英国公司宣称,它与传统的钢铁、水泥桥相比有很强的成本竞争优势,因为它的建筑劳动力成本非常低。Dundee 大学的学生小组花了两周时间将桥面固定并粘接在一起。更大的组合桥正在考虑之中,但其建设期限仍是一个重要问题。

4. 8 新钢材的应用

也许钢铁的最大机遇是在其他材料占优势的领域内。这是很有意思的,例如,欧洲经济共同体将使用镀铜钢制1分、2分、5分硬币。在美国,国内建筑业提供了这种应用的很好实例,见图17。美国民居建筑,木材一直是主要材料,然而近年来,木材价格的易变性使得钢铁在国内建筑市场上更具竞争性。实际上,使用钢铁材料的主要障碍并不是材料成本问题而是建筑工人缺乏使用钢铁材料的设备与技能。美国钢铁协会一直在努力开展培训以便克服这个障碍。

图18说明了美国钢制住房结构架的增长趋势^[14]。每一座房使用约4t 钢,很显然,这种应用在美国正在形成重要的市场。

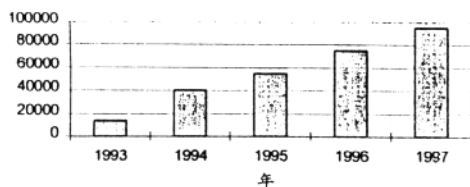


图18 美国钢结构房屋架的增长趋势

5 钢铁业的反击

5. 1 超轻钢车体工程

超轻钢车体工程代表了钢铁业在汽车应用材料选择方面保持钢铁优势的努力最成功的示例之一。示范用的硬件设备现在已经建好并在世界各地向汽车客商演示。这项工程由世界各地的35家钢铁公司组成的集团主持。

ULSAB(超轻钢车体)工程证明了钢制的车体结构重量轻、结构结实、安全,可操作性好,且成本低。工程的第一阶段包括建立一组流行的4门5人轿车的标准工艺。在发展的基础上确定有潜在前景的车型的特点,从而决定 ULSAB 工程的目标。

该工程的结果总结在图19(略)中。它表明与标准平

均水平相比节约重量25%(最高达36%)同时在结构性性能方面及经受碰撞性能方面也有相当的改进。

该项目成功的关键之一是在车体结构中广泛采用了高强度钢。而多数的结构分析工作主要取决于钢的模数并且用普碳钢就可满足,碰撞分析要求使用高强度钢以满足性能要求。图20图解了车体上使用的高强度钢。车体结构重量90%以上是高强度钢。

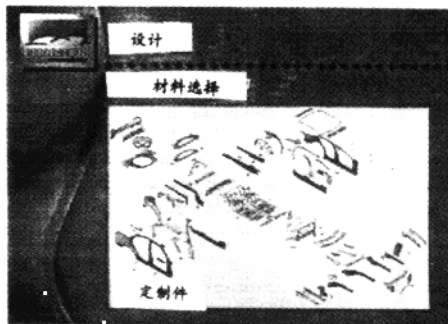


图20 在 ULSAB 中使用的高强度钢

在车体上使用这种强度级别的高强度钢主要原因是:
(1)出于设计上的考虑使用高强度钢;(2)高强度钢很好的成型性。高强钢的成型性是钢铁工业巨大投资并开发新的,多种成型性好的高强度钢产品的结果。超低碳钢、烘烤硬化钢、双相钢等这些新品种均是这些开发产物。

图21总结了车体上这些钢的屈服强度的分布情况。这里最重要的也许是我们确保能生产出良好的表面质量、厚度均匀一致、良好的性能及很好的外形的产品。本次会议的探讨有助于我们在薄钢板方面获取进展,宽的高强度钢将来会有很好的发展。

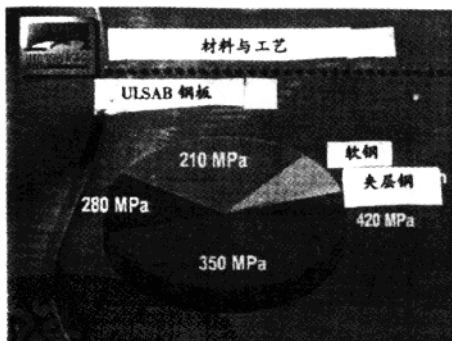


图21 在 ULSAB 中使用的钢板屈服强度分布

图22给出了在 ULSAB 中使用的钢板的厚度。人们可以预测到同样的设计,使用很薄的材料会使重量更轻。在图

22 中可以看出在 ULSAB 中使用的厚度与在其他汽车应用中使用的厚度大致相同。这个结果源于下列事实, (1) 设计的改变, (2) 碰撞要求先于工艺要求, 简单的掉落标准已很少使用了。

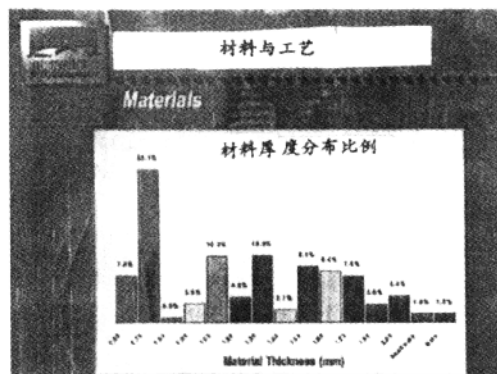


图 22 在 ULSAB 中使用的钢板厚度

图 23 给出了 ULSAB 中使用的焊接定制部件, 这是取得成功的另一关键。定制的半成品可以在车体上所需要的部位换上最佳强度和厚度的钢件, 而且更重要的也许是, 在不需要的地方根本就不用放上钢件。图 24 表明几乎有一半 ULSAB 车体结构是由焊接定制的件组成的。详细的 ULSAB 成本表明, 广泛使用定制部件是降低成本的。随着客户越来越熟悉使用焊接定制件, 定制件将会快速增长。

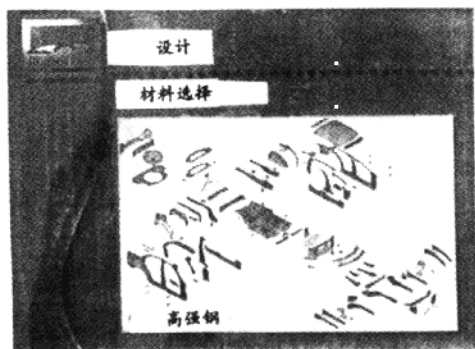


图 23 ULSAB 中广泛使用的焊接定制件

焊接定制件的增多将会产生很多专门供应商。例如, 焊接定制件要求极平的剪切边以适应激光焊接的要求。通常的整形工艺, 如拉伸校平, 由于残余应力在剪切时释放, 在切后造成波浪边而影响焊接。在轧制和退火条件下生产平直的板带钢变得越来越重要。厚度控制也将产品的综合性能中变得更为重要。本次会议议程要讨论的厚度和形状的控制也

是成功地发挥焊接定制件优势的必然结果。对钢铁工业来说一个好消息是焊接定制件的完整工艺要比铝和塑料占优。它的成本低的优点也使钢铁材料在汽车应用材料选择中保持领先地位。

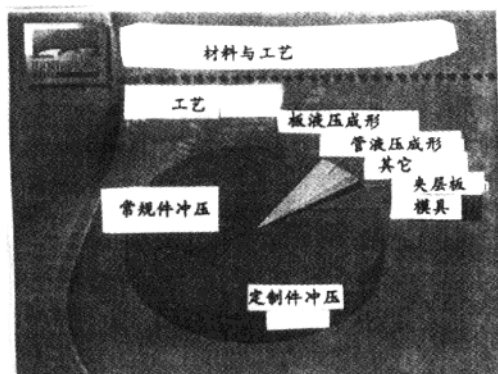


图 24 表明几乎一半焊接定制件使用在 ULSAB 结构中

图 25 总结了已经建设的 ULSAB 示范硬件设备分析的最终结果。它说明在车辆重量方面有明显减轻的同时车体的性能也有很大的改进。也许最有意义的是工程项目的成本结果。我们的汽车用户已经习惯为使用替代材料铝甚至工程塑料而使重量减轻而多付额外的钱, ULSAB 的成本是打算低于现行的类似车体结构。与常规汽车概念相比, ULSAB 项目已经清楚地证明了现行的轿车设计和制造工艺远远谈不上是很好地利用了钢材。此外新的设计方法应当使车辆更轻、成本更低同时性能有所改进。

性能			
结构			
	Benchmark	Reference	ULSAB
静态扭转刚度	11,531	13,000	20,600
静弯刚度	11,902	12,200	18,100
第一个车体结构振荡模	38	40	60
质量, kg	271	250	203

图 25 ULSAB 示范硬件设备分析的最终结果

5.2 板带铸造

板带铸造是钢铁业反击的另一领域, 它与这次轧钢会议密切相关。图 26 表明铝的轧制成本几乎是钢的轧制成本的 4