



从德国 K 2016 看注射成型行业技术发展趋势

谢鹏程, 武高健, 张玉丽

(北京化工大学机电工程学院, 北京 100029)

摘要: 根据 2016 年德国杜塞尔多夫国际塑料及橡胶展览会(K 2016—International Trade Fair for Plastics and Rubber)现场参观体会,重点介绍了注射成型行业目前代表性的技术趋势,包括智能化、轻量化与绿色制造、高效精密化、增材制造等,指出工业 4.0 和中国制造 2025 为中国注塑产业带来的发展机遇。

关键词: 塑料;橡胶;展览会;注塑产业;智能化;轻量化;绿色制造

中图分类号: TQ32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-9278(2017)01-0001-06

DOI: 10.19491/j.issn.1001-9278.2017.01.001

An Observation at K 2016 for Development Trends of Injection-molding Technology

XIE Pengcheng, WU Gaojian, ZHANG Yuli

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: This article described an observation at German K 2016—International Trade Fair for Plastics and Rubber for the worldwide development trends of some representative injection-molding technologies, including intelligent manufacturing, lightweight and green manufacturing, high efficiency and precision, additive manufacturing, etc. The opportunities for the development of Chinese injection-molding industry on the background of “Industry 4.0” and “Made in China 2025” were also proposed.

Key words: plastic; rubber; exhibition; injection molding; intelligent manufacturing; lightweight and green manufacturing

0 前言

被称作是“自举办以来最成功的 K 展”的 K 2016 (简称 K 展)于 2016 年 10 月 26 日在德国杜塞尔多夫完美落幕。据统计,共有来自 160 个国家约 230000 名有投资意向的观众和 3285 个展商参与此次盛会^[1]。其中 70 % 的观众来自于国外,40 % 来自于欧洲以外的国家和地区。来自亚洲的近 30000 观众是外国观众中的最大群体,其中印度参展人数最多,中国、韩国和伊朗的观众数量也有明显增长。在过去 10 年中,全球塑

料加工业生产格局的改变。除了美国、日本和德国基本保持原有份额以外,以中国为代表的亚洲新兴市场的全球销售占比显著提升。市场对塑料产品的需求在未来几年将继续增长,预计亚洲塑料加工业在未来 10 年还将保持 10 % 的年均增长率。此次展会硕果频丰,整个产业受益于全球终端用户市场不断增长的高品质需求,参展观众纷纷展现出强烈的投资意愿。

K 2016 的口号是“工业 4.0——Working for you! (为你而为)”设备制造商们都基于这一目标努力为用户创造出具有更高附加值的技术解决方案。对于塑料加工业来说,工业 4.0 本身并不是最终目的,智能工厂的目标是通过信息化和网络化,以及自我优化的制造流程来提高生产率并实现资源的最佳利用。这对客户则意味着可靠的生产与高标准品质,最终将带来

收稿日期:2016-11-24

国家科技支撑计划(2014BAF10B01)

联系人, xiepc@mail. buct. edu. cn

决定性的竞争优势。本届 K 展上,几乎所有参展单位都以完整的生产单元形式来展示工业 4.0 如何使制造过程更高效,以及如何使产品本身变得更加智能。作为塑料行业的技术发展趋势的风向标,本文将透过本次 K 展简要总结注射成型行业代表性的几项技术趋势。

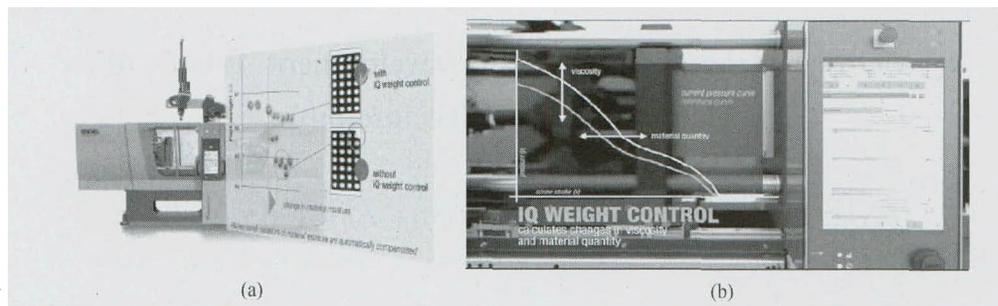
1 工业 4.0: 智能制造推动行业未来发展

K 2016 期间,欧洲塑料和橡胶机械制造商协会(EUROMAP)推出了 EUROMAP 77 标准,这是一种面向工业 4.0 的注塑机与中央计算机或制造执行系统(MES)之间数据交换的新工业标准,这方面欧洲企业已经走在了前面。从目前市场现状和未来发展趋势来看,智能化将是我们必须面对的挑战,目前也是欧美发

达国家把握在手中的市场阵地。

德国恩格尔公司(Engel Austria GmbH,简称恩格尔)通过其“inject4.0”概念和相关技术向用户全方位诠释注射成型工业 4.0,分别从智能机器(smart machine)、智能生产(smart production)和智能服务(smart service)3个层面来实现智能工厂的目标^[2]。

在智能机器方面,恩格尔的 iQ 系列软件可以持续不断地分析关键工艺参数,及时发现偏差并进行补偿,从而避免产出废品。如 iQ Weight 可以在整个注塑过程中保持射胶量和熔体黏度的恒定(图 1 所示);iQ Clamp 可通过控制模具的排气持续调整合模力;iQ Flow 可实现模具温度的闭环控制。在环境或者原料发生变化时,恩格尔软件自动采取措施来保持工艺的一致性,从而确保产品的品质。



(a) 注塑过程中偏差分析 (b) 注塑过程中保持射胶量和熔体黏度恒定

图 1 恩格尔的 iQ Weight control 系统

Fig. 1 iQ Weight control system of Engel

在智能生产方面,恩格尔的 e-factory 系统可以将所有高度集成的自动化生产单元完全联网,从一台中央电脑上观察并分析每个机器的工作状况、使用情况以及产量。新增加的能源模块可以让用户对机器能源的消耗进行详细地展示、分析和优化,通过自动控制注塑机的启动避免出现能源使用高峰。

在智能服务方面,恩格尔的 e-connect. monitor 可在线监测设备核心部件工作状态并提供可靠地故障诊断结果,避免因设备零件问题而导致意外停机。对磨损情况的分析可以确定导致关键零件加速磨损的关键过程参数,再通过参数调整可以避免磨损再次发生。e-connect. monitor 扩充了恩格尔 inject 4.0 解决方案的范围,为实现智能工厂建立了新的里程碑。

德国克劳斯玛菲公司(KraussMaffei Technologies GmbH,简称克劳斯玛菲)将其工业 4.0 解决方案称为“Plastics 4.0”,从智能机器(Intelligent Machines)、集成生产(Integrated Production)和交互服务(Interactive Service)3个层面进行实施,文字表达上略有不同,但是内涵一致。

智能机器:克劳斯玛菲在 2014 年时就推出自适应

过程控制系统(Adaptive Process Control,简称 APC)。本次展会上的 APC Plus 可以更有针对性地对由于环境条件变化、停产或使用回收材料造成的工艺波动做出响应。APC plus 首次考虑了 20 种基本材料的具体性能(如熔体的可压缩性),并在保压阶段自动采取措施进行调控。

集成生产:DataXplorer 是克劳斯玛菲研发的具有检测、分析和记录注塑生产过程以及上下游加工过程综合工艺数据的开放性系统,如图 2 所示。本次展会通过 CX 300 FiberForm 生产系统为例展示其生产过



(a) 带有二维码的注塑制品 (b) 制品二维码对应的加工数据

图 2 克劳斯玛菲的 DataXplorer 系统

Fig. 2 DataXplorer system of KraussMaffei

程中无缝链接的新网络智能解决方案。所有以品质为导向的加工数据如有机板加热曲线或注塑压力、模腔压力曲线等,都被记录在数据库中并形成跟随组件一起的二维码,可在全球范围内查询和跟踪每个组件的加工数据。

交互服务:克劳斯玛菲展示了监控机器、评估实际数据和各种服务功能的众多工具,如基于 OPC-UA 报告的联网机器的摄像头应用和中央计算机接口标准化等。客户还可在任何时间通过克劳斯玛菲网站直接登录电子服务平台(E-Service platform),查询所有相关的中央数据,快速处理问题。

德国阿博格公司(Arburg GmbH+Co KG,简称阿博格)在本次展会上展示了其工业 4.0 的应用新模式:空间上分离生产并且个性化制造的“智能”行李箱标牌^[3]。行李箱标牌作为信息载体,用户的联络数据以电子名片(vCard)的形式与生产过程数据一同存储到集成的 NFC 芯片中,最后用激光对行李箱标牌进行个性化处理。生产数据可由生产部件的行李箱标牌提供信息直接从云端获取,从而实现灵活的分散生产。

德国威猛巴顿菲尔公司(Wittmann Battenfeld GmbH,简称威猛巴顿菲尔)推出可在 Windows 操作系统下运行的新一代 UNILOG B8 控制系统,可方便地集成标准应用以及基于互联网的服务支持^[4]。Quick-Setup 程序能够快速完成机器与新模具的初始设置,通过 B8 中的材料数据以及录入与成型部件和机器有关的数据,该控制系统即可计算出初始的工艺参数用于参数的快速设置。凭借 Wittmann 4.0 技术,可以通过单一的监控屏幕,对注塑机和周边设备可视化和操作。

博创智能装备股份有限公司(简称博创)的工业 4.0 技术也是通过一套交钥匙系统进行展示,而且产品能够满足工业 4.0 的欧洲标准。此外,其他国内参展的设备供应商都相继推出各自品牌的工业 4.0 的解决方案。如震雄集团有限公司控股的 iChen 4.0、东华机械有限公司的 2.0、广东伊之密精密机械股份有限公司的 I-factory 4.0 等,关注重点是解决生产过程的监控、管理及服务。

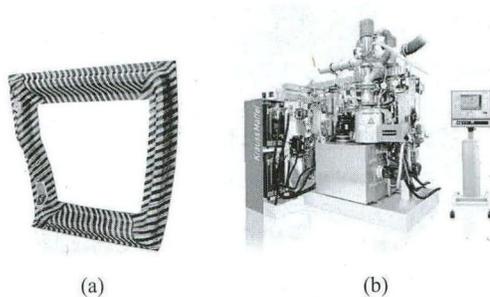
海天国际控股有限公司(简称海天)在讨论工业 4.0 时,考虑更多的是成本因素,以及如何将信息技术与制造业更深入地融合。海天提出“以恰到好处的技术打造灵活性”的参展口号,重点展示其能够满足 80% 市场需求的标准化应用解决方案^[5]。早在 K 2013 海天就已将发展方向设定为:“小机电动化,大机两板化”。截至 2015 年底,海天小吨位全电机销售份额从 11.1% 上升到 14.8%,大中吨位的两板机销售份额也

从 19.5% 提升至 28.5%。此次 K 展上,海天发布了“模块化生产”的新战略,客户在未来可以更加方便地将不同规格型号或是将全电机和伺服液压设备的零部件进行混合和匹配。“模块化”战略有助于帮助客户找到柔性制造、生产效率和价格的最佳组合,也将帮助海天更方便地适应工业化程度不同的国家的需求。新发布的“模块化生产”也被海天称为是未来注塑机设计的发展方向。

2 汽车工业:轻量化及绿色制造

近年来,随着各国不断出台愈加严苛的燃油经济性、排放、回收标准,汽车行业要想在这样的大背景下实现可持续发展,轻量化势在必行。其中,采用新型轻量化替代材料是行业内普遍看好的实现途径。

克劳斯玛菲推出了热塑性树脂传递模塑成型(T-RTM)技术^[6],如图 3 所示,该技术能在较短成型周期内生产出由纤维、塑料和金属制成的混合材料汽车样件。新的计量系统可实现原料(己内酰胺)的按需供应,近净形状的生产最大程度地减少了碳纤维材料浪费和加工步骤,该工艺可同时用于加工玻璃纤维(白色)和碳纤维。现场展示的成型样件是一种带有金属嵌件的纤维增强复合材料汽车结构部件,生产过程只需几分钟。显然,热塑聚酰胺 6(PA6)结构件比热固性塑料拥有更高的冲击强度和更大的韧性断裂特性。此外,T-RTM 相比注射成型工艺具有更高的纤维含量和更低黏度,因而可生产出壁厚极薄的部件。克劳斯玛菲的 T-RTM 工艺将反应加工设备、热塑性材料以及传递模塑工艺集于一体,同时具备连续纤维、短周期、可焊接及可回收等方面的优势,实现了对现代轻量化生产的完美整合。



(a) T-RTM 工艺成型制品 (b) T-RTM 模塑成型设备

图 3 克劳斯玛菲的 T-RTM 模塑成型工艺

Fig. 3 T-RTM moulding equipment of KraussMaffei

恩格尔展示了利用模内成型皮纹覆皮工艺(In-Mould Graining, IMG)结合连续滚动式制程生产汽车

内饰件产品,这是恩格尔首次在完全自动化的生产单元中展示 DecoJect 技术^[7]。图 4 给出了恩格尔 IMG 在 70 s 内生产出具有许多先进特性的汽车门内板。与传统的 IMD 工艺不同,IMG 工艺不是简单将图案从薄膜传递到组件上,利用激光对薄膜进行精细加工并将其保留在组件上,制件颜色、图案、表层结构和触感都一次成型。为了表明新技术应用前景,展示的部件表面呈现出包括复杂皮革颗粒在内的多种结构。



图 4 恩格尔 IMG 生产的具有许多先进特性的汽车门内板

Fig. 4 The car door panel with lots of advanced nature made by IMG

阿博格则采用物理发泡方式的 ProFoam 工艺用于轿车内饰件生产,同时借助动态模温控制技术可获得高质量的高光表面^[8],如图 5 所示。ProFoam 技术的基本原理是在原料进入机筒之前通过超临界氮气进行浸润发泡,其优势在于不需要在螺杆上设置额外的剪切和混合功能部件。采用 Profoam 技术可注塑出轻质、稳定并且不易变形的部件,部件具备均匀的发泡结构。相比于传统注塑工艺,获得的制件不仅可减重 13% 以上,而且增强纤维平均长度更长。

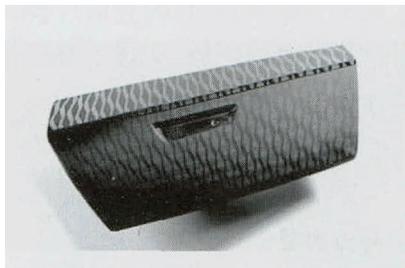


图 5 阿博格 ProFoam 发泡工艺生产汽车内饰的外观部件

Fig. 5 Car inner decoration manufactured by ProFoam of Arburg

克劳斯玛菲的 ColorForm 工艺仅通过一道工序即可将具有不同厚度、不同表面效果(比如表面同时具有哑光和高光泽度)和颜色的聚氨酯涂层涂覆于热塑性背衬材料之上^[9]。ColorForm 工艺完全取代了传统的喷漆及其上下游所需配套工艺步骤,无需单独清洁部件。新工艺既可提高生产效率和产品合格率,又可显著降低生产成本。作为一种高光表面部件的绿色生产

方案,ColorForm 可将高光泽表面与各种基体材料(如热塑性塑料、热固性塑料或聚氨酯)相结合。可实现从透明到钢琴黑的广泛色彩的显示,使得颜色管理灵活可变,从而使设计更为自由。

3 包装工业:高效及精密的追求永无止境

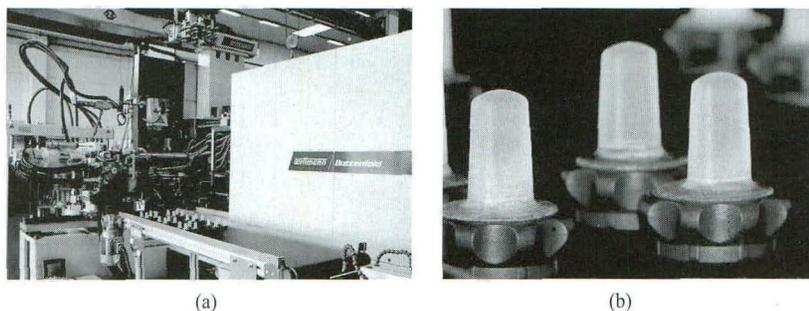
包装行业是聚合物应用最广的行业之一,约 30% 的欧洲包装应用都要求 2~3 s 的极短周期。不断提升生产效率和精度是包装行业对于生产系统永无止境的要求。

德国住友德马格公司[Sumitomo (SHI) Demag Plastics Machinery GmbH,简称住友德马格]在全球塑料包装制造领域的份额超过 20%,目前已经有超过 2000 台 El-Exis SP 注塑机用于薄壁塑料包装、螺纹盖和各种密封件的生产。展会现场展示的是利用 El-Exis SP 200 高速注塑机和 1 模 4 腔模具生产装饰杯,周期不到 2 s,这应该是 K 2016 展会上生产装饰容器最快的机器。此外,El-Exis SP 420 注塑机在 2+2 叠模中采用注射压缩工艺生产聚丙烯(PP)托盘,注射压力和锁模力显著降低、保压压力分布均匀,成品的残余应力和翘曲变形也明显减弱,最终达到更薄、更轻的生产效果。

瑞士耐驰特公司(Netstal-Maschinen AG,简称耐驰特)在 K 2016 展示采用 ELIOS 7500 注塑机,搭配 24+24 叠模,每小时生产超过 43000 多个圆盖,每个质量为 2.8 g,生产周期为 4 s^[10]。注塑机构由两个动态伺服阀驱动,保证在注塑和保压过程中实现高加速度、高注射能力和精密控制的效果。双伺服阀使流速高达 2×550 L/min,最大注射速度为 2200 mm/s,加速度可达 20 G。通过配备数字控制器确保高定位精度可实现注塑量的高度一致性。

威猛巴顿菲尔多组分机型 SmartPower Cobmi-mould 的每个注射单元都拥有单独的伺服液压驱动,使得“以低能耗实现极短的循环周期”成为可能^[11]。SmartPower 系列多组分机型能够更方便地完成多色、复合材料、组装和多组分注射成型,而且能耗更低。图 6 为威猛巴顿菲尔多在 K 2016 上展出的采用热塑性塑料和液态硅胶制成的饮用瓶盖生产单元采用其 COM-BIMOULD 技术,能将数种具有不同特性及(或)颜色的塑料材料加工成一个部件,且集成诸如黏合、装配、拧紧等下游工序,为产品特性开辟了新空间,又兼具经济高效性。

赫斯基注塑系统有限公司(Husky Injection Molding Systems Ltd,简称赫斯基)于 K 2016 期间推出一



(a)采用 COMBIMOULD 技术的生产单元 (b)热塑性塑料和液态硅胶制成的饮用瓶盖

图6 威猛巴顿菲尔的 COMBIMOULD 技术

Fig. 6 COMBIMOULD technology system of Wittmann Battenfeld

项集成式解决方案 HyCAP 4, 模具、机器及辅助设备协同工作以提高生产效率、改善能效并增强易用性。系统现场生产 1.25 g 的 29/25 矿泉水瓶盖的周期为 2.4 s, 生产 6.1 g 的洗发水翻盖的生产周期为 8.5 s。全集成式 eIMC 模内闭合技术通过在注塑过程提供更精确的控制, 在提升产品品质的同时将注塑时间缩短 20%。此外, Husky 还推出采用共注塑热流道技术生成多层阻隔包装制品, 通过与先进的热流道系统以及增强型控制相结合可对阻隔材料进行精确分配, 满足不同阻隔能力应用要求。同时还通过减少阻隔材料的使用量来提高阻隔性 PET 包装制品的可回收性。配合使用 LayerWatcher 检测系统, 可通过精确测量阻隔层来确保阻隔防护和包装的安全性。

4 增材制造: 3D 打印应用不断扩展

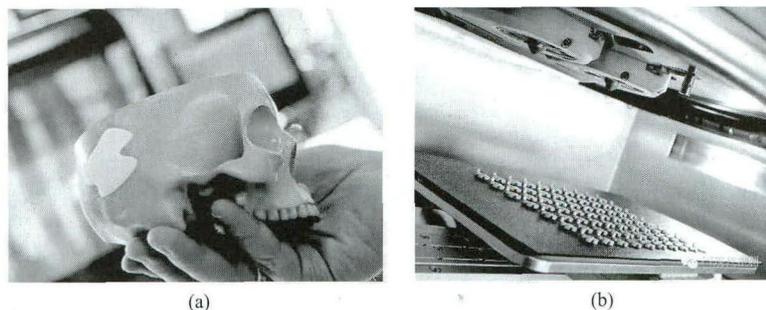
增材制造技术自提出后因其三维结构的快速成型制造等诸多特点, 在航空航天、汽车制造、生物医学等诸多领域得到了广泛的应用。目前, 欧美、日本等发达国家都投入大量资金来推动该技术的发展应用, 越来越多的厂商来也将目光投向该技术领域。

阿博格于 K 2013 发布了 Freeformer 和 Arburg

Plastic Freeforming (APF) 工艺, 通过带有脉冲开关的喷嘴形成塑胶液滴进行逐层排列构建功能部件^[12]。此次展会, 结构优化后的 Freeformer 具有更佳的通风排热性能, 还可选配材料烘干装置。打印材料也可扩展到耐高温塑料、生物基聚酰胺等材料等。

德国瓦克化学公司 (Wacker Chemie AG, 简称瓦克) 于 K 2016 上展示了有机硅材料的按需喷墨打印技术, 打印速度明显提升, 机器结构也更为紧凑。3D 打印技术目前最主要的应用是汽车、航空航天和医用领域, 具有耐高温、低温柔韧性、较佳的生物兼容性和透明度、能够任意染色、消音效果好等特性的有机硅材料正好可在这些应用中充分发挥优势。

3D 打印在注射成型加工中最直接的应用案例是用于注塑模具异型冷却水路的制造。传统设计制作的水路都是以钻孔方式完成, 其直线圆管状须避开结构或组装原件。异型冷却水路模具设计可根据需要任意设计, 使用时可显著提高脱模速率或缩短成型周期, 并能提升 30%~70% 产能时效与制品良率。直接金属激光烧结技术 (Direct Metal Laser-Sintering, DMLS) 技术是目前市场上成熟的金属 3D 打印技术, 可根据 3D 模型数据通过高能激光束来局部熔化金属基体同



(a)Freeformer 工艺打印的颅骨 (b)耐高温聚酰胺材料制品

图7 阿博格的增材制造产品

Fig. 7 Products of additive manufacturing of Arburg

时烧结固化金属粉末材料并层层堆叠生成致密实体零件,代表厂商包括德国 EOS 公司、日本沙迪克集团等。此外,德国 PVA-TePla 公司通过高真空叠层扩散焊技术的实现也是目前模具异型冷却水路制造的有效解决方案。

5 结语

根据 EUROMAP 发布的统计数据,2015 年全球塑料和橡胶机械产值达到 339 亿欧元(2014 年为 325 亿欧元),橡塑机产量占比位居前三的国家分别是中国(32.5%)、德国(20.7%)和意大利(7.8%)。在中国增长引擎的驱使下,预计 2016—2018 年期间全球塑料橡胶机械的销售仍将保持 3.4% 的平均增长率。过去的 20 年来,中国橡塑机械企业通过持续不断的技术引进和自主创新已在全球塑机市场上占有举足轻重的地位。虽然我们与欧美日等发达国家之间的技术水平差距正在不断缩小,但在高端市场争夺方面我们仍然缺乏竞争力,中国的高端机械仍旧需要从欧洲进口。这是中国制造业所面临的残酷现实,但同时也是难得的发展机遇。中国注塑产业同仁应该在工业 4.0 和中国制造 2025 的推进过程中抓住机遇,加快实施智能化制造技术的升级,实现中国制造百年强国梦想将指日可待。

参考文献:

- [1] 230,000 Investment-oriented Visitors from All Over the World Make for Excellent Mood at K 2016 [EB/OL]. [2016-10-28]. http://www.k-online.com/cgi-bin/md_k/lib/pub/tt.cgi/230_000_investment-oriented_visitors_from_all_over_the_world_make_for_excellent_mood_at_K_2016.html?oid=97986&lang=2&ticket=g_u_e_s_t
- [2] Injection4.0 Solutions for the Smartfactory [EB/OL]. [2016-09-26]. <https://www.engel-konline.com/en/inject-40.html>
- [3] 4.0 Information Point-Components for the Smart Factory [EB/OL]. [2016-09-26]. <https://www.arburg.com/en/my/events/k2016/industry-40/40-information-point/>
- [4] Control Unit UNILOG B8_One Control Unit for All Machines [EB/OL]. [2016-08-25]. http://www.wittmann-group.com/zh_hans/zhusujishu/control-unit-unilog-b8.html
- [5] Lots of Potential to Grow [EB/OL]. [2016-07-28]. http://www.haitian.com/cn/advantage_online/?tabdbadv_cat=&tabdbadv_id=293
- [6] Thermoplastic Resin Transfer Molding (T-RTM) [EB/OL]. [2016-10-03]. <http://k2016.kraussmaffeigroup.com/en/thermoplastic-resin-transfer-molding-t-rtm.html>
- [7] DecoJect® Moulding and Designing in One Step [EB/OL]. [2016-09-28]. <https://www.engelglobal.com/en/at-decoject.html>
- [8] Automotive-Lightweight Construction with ProFoam [EB/OL]. [2016-09-15]. <https://www.arburg.com/en/my/events/k2016/industries/automotive/>
- [9] GXW ColorForm: New Total Package for Perfect High-gloss Surfaces [EB/OL]. [2016-10-03]. <http://k2016.kraussmaffeigroup.com/en/gxw-650-4300-colorform.html>
- [10] ELIOS 7500: New Standard for Thin-wall Packaging [EB/OL]. [2016-10-04]. <http://k2016.kraussmaffeigroup.com/en/elios-7500-4200.html>
- [11] HM MK 45-300 t More of Functionality, Design Quality and Performance [EB/OL]. [2016-08-16]. http://www.wittmann-group.com/en_us/injection-molding/hydraulic/hm-mc-45-300.html
- [12] Freeformer Parts-Manufactured on an Additive Basis [EB/OL]. [2016-09-15]. <https://www.arburg.com/en/my/products-and-services/additive-manufacturing/freeformer-parts/>

招聘启事

江阴市中利塑业有限公司,成立于 2007 年,厂区占地万余平米,拥有 10 条 PVC 人造革自动化设备生产线,各种高、中、低档 PVC 人造革的日均产量可达 20 万米。现因公司技术创新、扩大规模、完善管理的企业发展需要,特诚聘以下人员:

招聘岗位:车间主管类人员 1 名

招聘说明:48 岁以下,男女不限,熟悉 PVC 人造革生产管理,较好的管理理念,较强的执行力,工作认真踏实,待遇丰厚。

另,欢迎人造革行业,有关生产、技术、打样、销售等各岗位优秀人才,以及业内外同仁,电联咨询,可以选择加入中利团队,也可选择成为中利的朋友,真诚相待,共同成长!

联系电话:0510-68975217

公司地址:江苏省江阴市徐霞客镇璜塘兴公庄 1 号