



武汉天昱智能制造有限公司

湖北省武汉市东湖新技术开发区光谷一路225号

tianny@ty-im.com

+86 02759611590 59611696

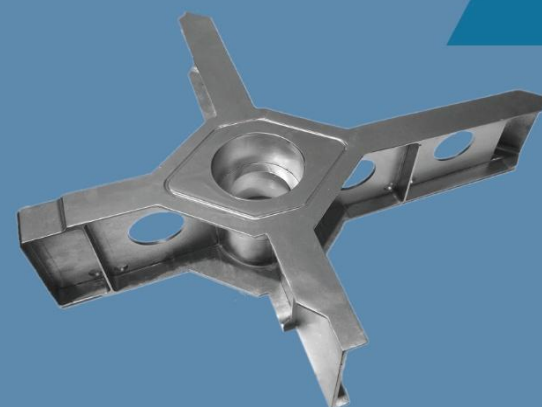
www.ty-im.com

TIANYU INTELLIGENT

天昱智造产品手册



INTELLIGENT MICRO WELDING & FORGING HYBRID ADDITIVE



飞机挂架
Aircraft Main Load-Bearing Structure

尺寸规格：810*736*217mm

材 质：钛合金

结构特点：壁薄，80% 以上厚度为 3mm，
结构复杂，小角度曲面多，性能强度高。

性能要求： $\sigma_b \geq 860\text{MPa}$ ， $\sigma_{0.2} \geq 760\text{MPa}$ ，
 $\delta_5 \geq 8\%$ ，超声波探伤达到
GB-T 5193-2007 的 A 级标准。

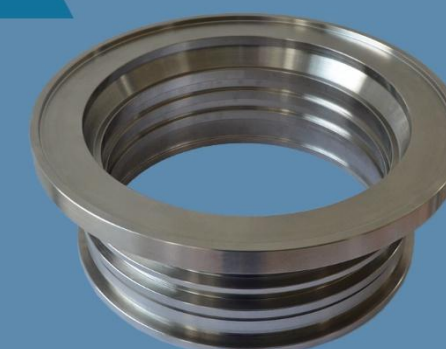
航空发动机机匣
X-Aeroengine Cartridge

尺寸规格： $\Phi 420 \times 150\text{mm}$

材 质：高温合金

结构特点：变壁厚。

性能要求：锻件性能水平，无缺陷。



• 项目背景

钛合金飞机挂架一般采用传统铸锻方法制造。传统铸造存在变形、尺寸超差、缺陷偏多、重量超重等一系列问题，无法满足设计要求，且由于结构限制，铸件局部 X 射线不可检测，严重影响装机进度与飞机质量。为了降低结构风险，现有是采用“分段锻造 + 机械加工 + 机械连接”的方案，挂架主承力部分采用钛合金锻件机加，并设计安装套合面与两侧支臂套合安装，通过机械连接实现载荷传递。显然，该方案破坏了结构的整体性，受力部位主要集中在连接件，可靠性降低，同时，零件及连接件冗余，增加了装配工作量和结构重量，疲劳寿命大幅度下降。采用“微铸锻铣复合增材制造技术”可完全避免缺陷，使挂架达到最佳状态。

• 经济效益

本项目解决了挂架铸件方案易变形、尺寸超差、缺陷偏多以及挂架机械连接方案整体性被破坏、可靠性降低的难题，使得挂架整体成形并大大提高了挂架的韧性（1.5-6 倍），获得高疲劳寿命。

微铸锻铣复合增材制造无需大型设备，采用成本低廉的丝材和电弧能量，熔积效率高，每年将节约 30 亿左右的成本投入；该技术投产后单套设备每年将能够生产 100 多件钛合金挂架，完全能满足国产军用武器的需求，具有很大的应用价值。



• 项目背景

机匣是航空发动机的基座，是主要承力部件。由于机匣零件设计难度大，周期长，在整个发动机的设计中，机匣的设计占相当大的比重，提高机匣的设计效率对压缩发动机整机的设计有重要的意义。GE 使用增材制造技术对航空发动机进行优化，使发动机某些构造由原来的 855 个零件减少至 12 个。然而，发动机承力件及核心件还无法实现一体化制造，因为常规的增材制造技术无法满足它们在性能强度上的高要求。

采用“微铸锻铣复合增材制造技术”可制造出均匀致密锻件，与机匣等核心部件的需求吻合。

• 经济效益

3D 打印技术在航空航天领域应用最广泛，这几年来发展十分迅速。知名市场研究公司 MARKETS & MARKETS (M & M) 就发布了一份相关的分析报告，预测到 2022 年，航空航天 3D 打印市场的全球规模将增至 30.57 亿美元（约 211 亿人民币）。而在此期间，其复合年增长率（CAGR）将高达 27.42%。

微铸锻铣复合增材在航空发动机核心件的制造上具有很大的应用前景。

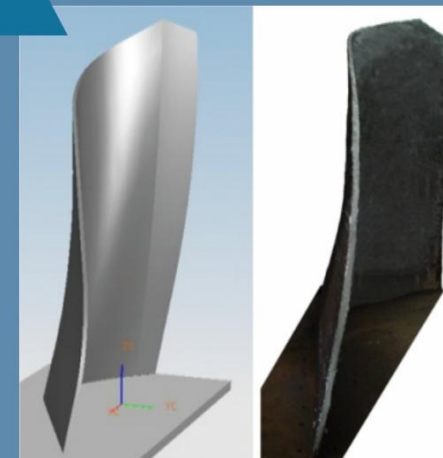


飞机复合材料模具 Composite Material Mould



- 尺寸规格： 720*410*240mm
- 材 质： 4J36
- 结构特点： 曲面变厚，材料焊接性能差。
- 性能要求： 高温气密性，精度高。

大飞机蒙皮模具 Aircraft skin mold



- 尺寸规格： 1600*1400*8mm
- 材 质： 不锈钢
- 结构特点： 双扭曲面，薄壁。
- 性能要求： 热压气密性。

• 项目背景

传统的设计制造方法较依赖模具设计人员所掌握的知识和经验，例如不同的设计者设计出的框格间距、通风口尺寸、型板厚度等都会有所差异，且设计重复性劳动较多，效率低下。同时，该项目按常规工艺流程，新制工装生产周期约为 4～6 个月，无法满足任务节点要求，采用微铸锻铣复合增材制造技术突破瓶颈、缩短任务周期。

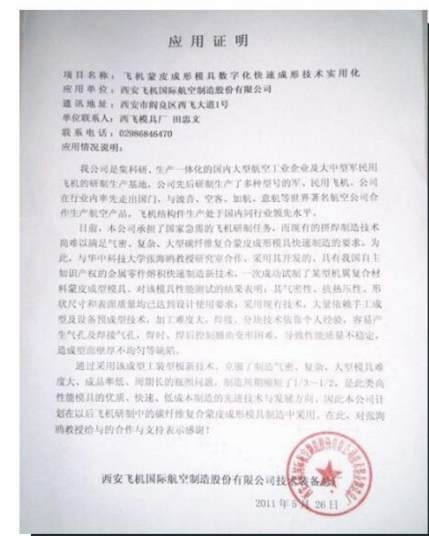
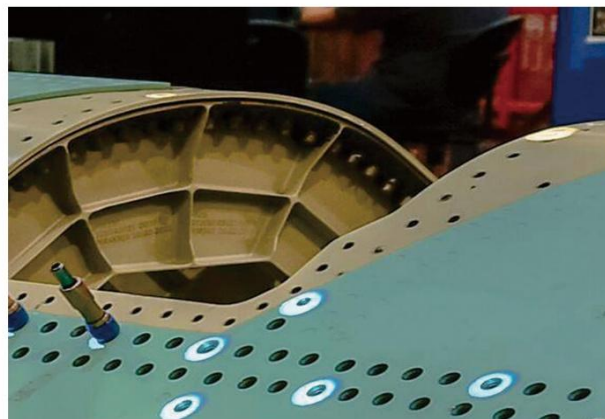
该项目通过采用“微铸锻铣复合增材制造技术”，在周期上缩短了 1/2 左右，解决了气密、成型方面的问题。其应用中体现优质、快速、低成本的特点，是优于传统工艺的先进技术。

• 项目背景

飞机蒙皮具有尺寸大、品种多、外形复杂、批量小等特点，是飞机上的重要零件。在传统的实体模具蒙皮加工工艺中，每项蒙皮都需要实体模具，其生产制造所消耗的工时占零件研制周期的 60%～80%，在很大程度上影响了蒙皮的加工总效率。此外，由于蒙皮的规格繁多、形状复杂等特点，如果按照传统的设计方法来设计蒙皮模具，将无形增加成本。蒙皮的制造成形技术是我国大飞机制造过程中的一个薄弱环节，为此需要开发新工艺来缩短产品研制周期和降低成本。

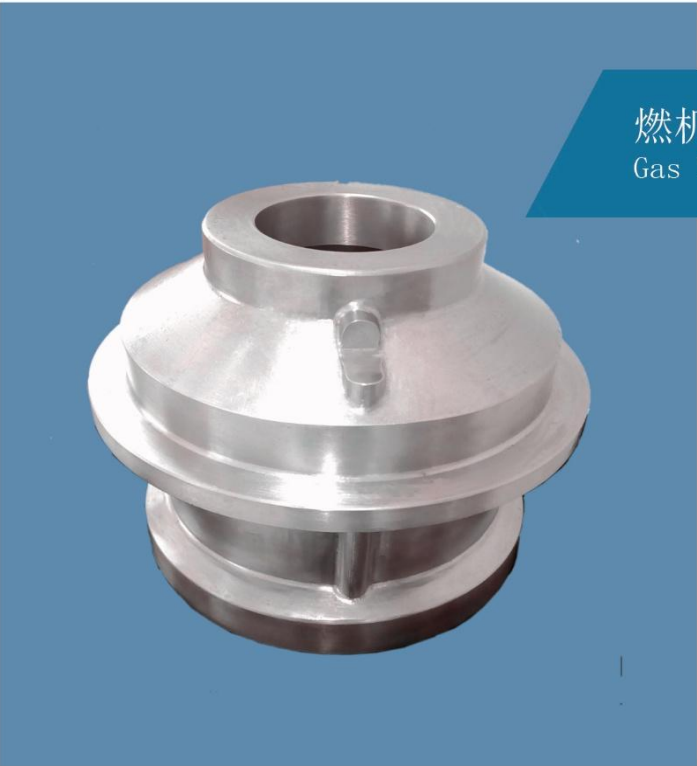
• 经济效益

随着先进复合材料在现代航空航天领域上的用量不断扩大，其已经成为铝、钢、钛之外的第 4 大航空结构材料，复合材料的使用极大丰富了材料加工市场，使得航空领域获得了长远的发展，应用前景广阔。



• 经济效益

蒙皮是飞机重要组成部分，就像是飞机的“皮肤”，属于飞机的外形部件。如今，航空制造技术不断发展进步，飞机的蒙皮应用将会越来越广泛。采用微铸锻铣复合增材制造技术制造蒙皮模具，效率高，制造周期全面缩短；低成本，能量及材料利用率高，投资及运行成本低，形与质并行创制，性能超过锻件，是飞机蒙皮模具的先进数字制造技术之一，应用前景巨大。



燃机过渡段

Gas Turbine Transition

尺寸规格：Φ265*192mm

材 质：中碳钢

结构特点：大悬臂结构，变壁厚，无支撑，熔积难度大壁厚差大于3.2。

性能要求： $\sigma_b \geq 540\text{MPa}$ ， $\delta_5 \geq 12\%$ ，X射线探伤符合NB/T47013.2-2015 I级要求。

• 项目背景

燃机过渡段最大壁厚与最小壁厚之比>3，此前采用传统工艺——熔模铸造法来制造生产，由于高温流动性较差、热应力大，极易产生缩孔偏析和开裂，导致产品的一次合格率≤10%。

本项目采用45#钢材材料成型，得到12级超细等轴晶。45#钢作为优质碳素结构用钢，成本相对低廉，且具备很好的综合力学性能。以45#钢作为焊材，由于焊接过程存在复杂的相变，使用常规焊接方法几乎无可焊性，国际上尚无先例。制件检测结果表明：未发现裂纹、未融合和超标气孔，冶金质量完全满足NB/T47013.2-2015 I级和乌克兰航空发动机И255.105.059-86标准的要求。

• 经济效益

本项目解决了燃机过渡段传统铸造方法因高温流动性较差、热应力大，极易产生缩孔偏析和开裂，成品率极低的难题，大大提高了金属零件的韧性（1.5-6倍）和高疲劳寿命，极大的减少了焊接热变形，产品合格率提高至100%。据估算，该方法每年可为产生效益860余万，并显著提高过渡段使用寿命，降低维护损失。



舰船螺旋桨

Propeller

尺寸规格：Φ600*200mm

材 质：普碳钢

结构特点：空间薄壁变厚曲面，结构复杂，壁厚渐变不均匀，最小厚度约为0.2mm。

性能要求：螺旋桨结构尺寸及表面精度符合080150300Z的标准要求；熔积层冶金质量满足И255.105.059-86技术条件要求；各项常规力学性能满足SA-480/SA-480M的要求。

• 项目背景

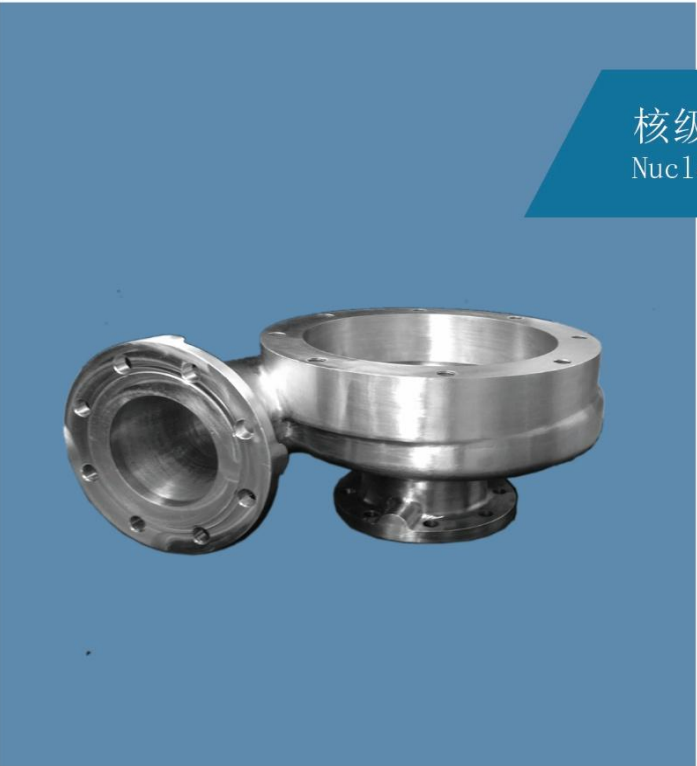
螺旋桨造型为空间薄壁曲面，传统制造方法制造周期长，材料去除率大，加工难度相当大，螺旋桨本体力学性能不稳定，且成本相当高。为了降低制造成本、缩短产品制造周期和提升零件的性能，应用微铸锻钛复合增材制造技术进行制造。



• 经济效益

通过对螺旋桨的结构尺寸进行分析，在轧制过程引入压变形有利于减小有害的拉应力形成，同时热轧制可以促进晶粒细化，减小裂纹趋势，并对螺旋桨三维模型进行了适应性支撑添加，同时在打印过程中复合多轴铣削功能，一体化成功制作了高强度船用螺旋桨。通过检测，该螺旋桨尺寸精度0.2mm以内，无气孔、裂纹、夹渣等缺陷，完全满足要求。制造周期缩短70%以上，成本降低50%。





核级高压泵壳体

Nuclear High Pressure Turbo Pump Casing

尺寸规格：Φ325*190mm

材 质： 不锈钢 316L

结构特点： 腔体和流道皆有曲面和变壁厚，内部结构复杂。

性能要求： 强度、韧性、疲劳寿命和可靠性等全面提升到新的高度。

• 项目背景

该泵体的传统制造工艺工序多、流程长，成本高，强度和寿命较短，亟待在制造技术上进行创新。

• 经济效益

采用“微铸锻钛合一超短流程增材制造技术”制造的泵体，强度、韧性、疲劳寿命和可靠性全面提高，且制造周期缩短，节约成本 60% 左右。



船舶整流罩

Ship Fairing

尺寸规格： 990*620*335mm

材 质： 低碳钢

结构特点： 曲面连接，变壁厚。

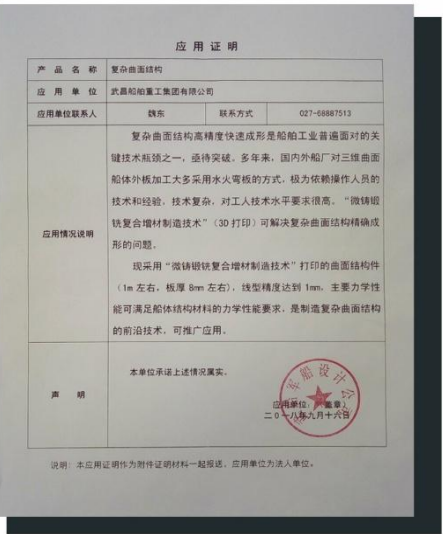
性能要求： 结构优化，强度提升。

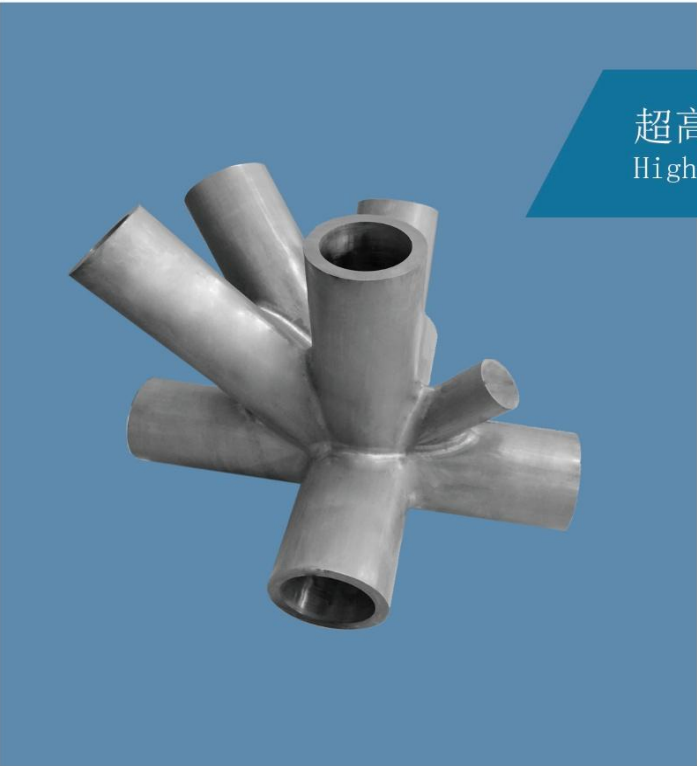
• 项目背景

复杂曲面结构难以成形是船舶工业普遍面对的关键技术瓶颈之一，亟待突破。多年来，国内外船厂对曲面分段中的三维曲面（双曲度）船体外板等进行加工，一直是采用人工操作的方式，极为依赖操作人员的技术和经验，技术复杂，工作条件差、生产效率低、环境污染等问题日益凸显，尤其是一些用于军舰的特种钢不能采用水火弯板的制造工艺，其加工成形的难度更大，成本更高。

• 经济效益

采用“微铸锻钛复合增材制造技术”可解决复杂曲面结构成形的问题，同时在结构性能上优于传统制造件。本项目打印的曲面结构件，包括 ER49-1、ER50-6、907A 等材料，强度均达到要求，表明所用技术具有很大的应用价值，是制造复杂曲面结构的前沿技术。





超高强度九节点

High-standard Tube Union

尺寸规格：750*750*700mm

材 质：ER50-6

结构特点：空间多管相贯节点。

性能要求：抗拉强度>500MPa，屈服强度>300MPa，断裂延伸率>22，室温冲击功>60J。

• 项目背景

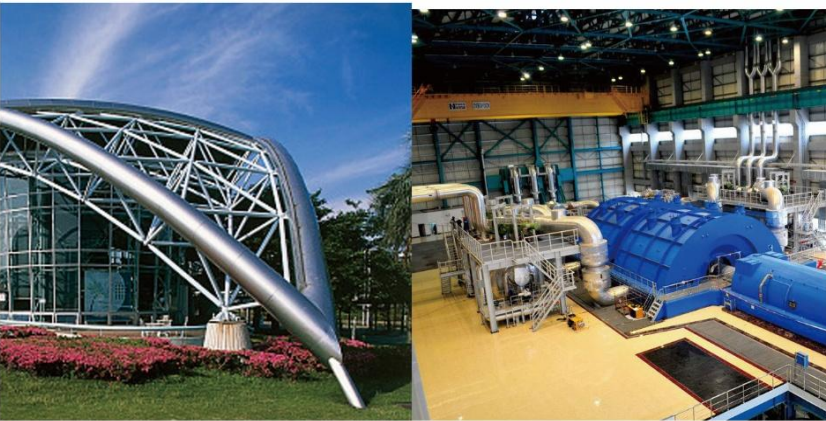
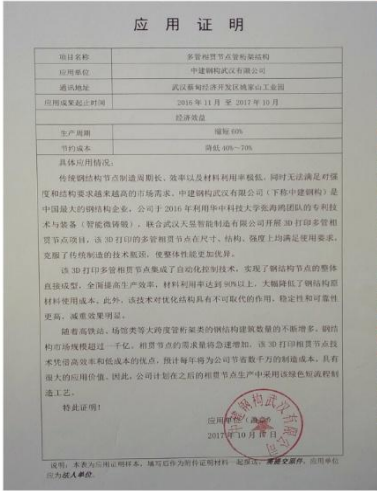
传统钢结构节点铸造周期长、效率以及材料利用率极低，同时无法满足其在强度和结构上的高要求，加上单型号相贯节点用量不大，个性化定制特点明显，与 3D 打印服务特点吻合。

采用“微铸锻铣复合增材制造技术”打印多管相贯节点，集成了自动化控制技术，实现了钢结构节点的整体直接成型，强度和稳定性提高，壁厚减小，减重明显，对优化结构具有不可取代的作用，且全面提高生产效率。

• 经济效益

研制周期缩短 60% 以上，材料利用率达到 90% 以上，大幅降低了钢结构原材料使用成本。

随着高铁站、场馆类等大跨度管桁架类的钢结构建筑数量的不断增多，钢结构市场规模超过一千亿。相贯节点的需求量将急速增加，该 3D 打印相贯节点技术凭借高效率 and 低成本的优点，预计每年将为公司节省数千万的制造成本，具有很大的应用价值。



航电力夹具

Electric Jig

尺寸规格：300*120*200mm

材 质：ER5356

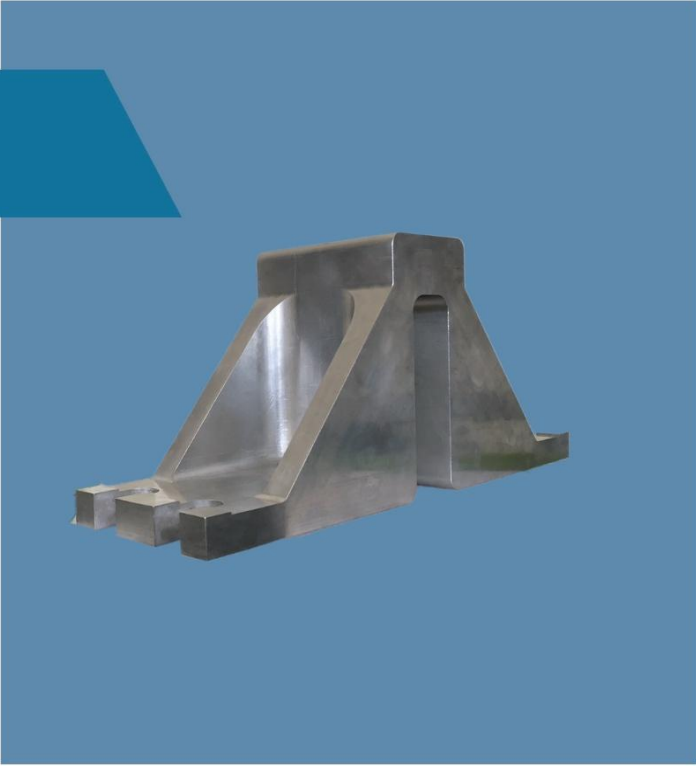
结构特点：槽深，精度高。

性能要求：提高强度、寿命，减重。

• 项目背景

电力夹具精度要求高，传统的挤出或注塑定型和加工方法周期长、材料利用率低、废品率高，成本高昂。

采用“微铸锻铣复合增材制造技术”打印的航电力夹具，能精确控制复合材料应力取向，优化特定机械、电和热性能，能严格设定其综合性能，尤其对优化结构具有不可取代的作用，显著提高其稳定性和可靠性，减重效果明显。



• 经济效益

研发周期缩短 50%，生产周期缩短 60%，效率极高，成本为使用传统制造工艺的 30% ~ 40%，材料利用率为 90% 以上。

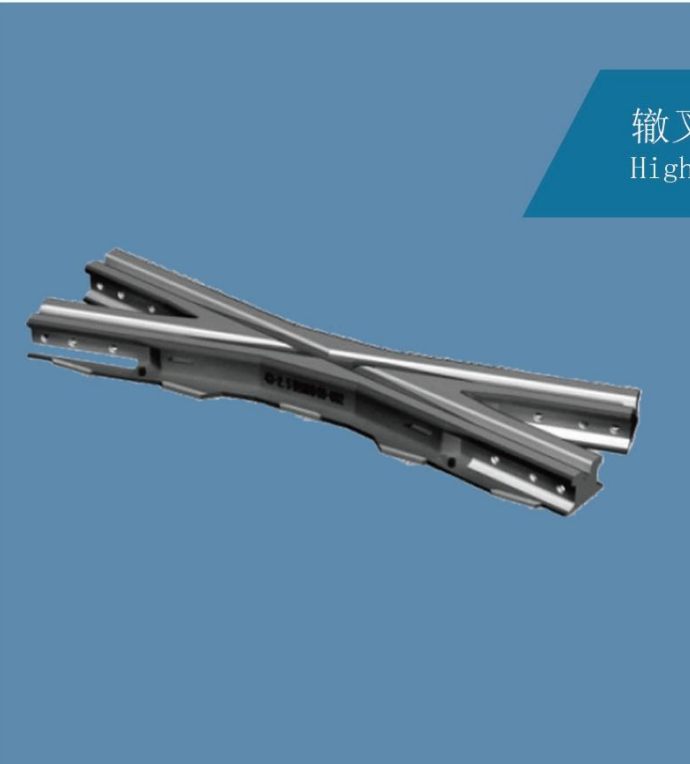
“十三五”期间，我国电网投资额不低于 3.34 万亿元，电器设备和配套市场将迎来峰值，电力夹具市场规模超过一千亿。该新型 3D 打印电力夹具技术从缩短周期，降低成本，提高精度，为公司创造巨大的经济效益，具有很大的应用价值。





高速铁路 HIGH SPEED RAILWAY

汽车工业 AUTO INDUSTRY



辙叉
High-speed Railway Frog

尺寸规格： 2242*96*176mm
材 质： 超强贝氏体钢
结构特点： 轮廓超长、窄尖，最小角度 2°，
最薄尺寸 1mm，性能要求高。
性能要求： 抗拉强度 $\geq 1280\text{MPa}$ ，延伸率 $\geq 10\%$ ，冲击韧性 $\geq 70\text{J}/\text{cm}^2$ （室温），硬度 38 ~ 45HRC 无气孔和裂纹等焊接缺陷，打印部分与基体为冶金结合；符合运基线路 [2005]230 号《合金钢心轨组合辙叉技术条件》的要求。

• 项目背景

铁路辙叉在车辆的交变载荷下，经常会出现磨损、裂纹等现象，以致使辙叉报废，因其受铸造质量和材料特性影响，高锰钢辙叉的焊接性较差，传统手工堆焊修复中极易开裂，故急需寻求一种经济合理的焊接修复技术去解决辙叉的修复问题。
采用“微铸锻铣复合增材制造技术”，解决了传统辙叉堆焊修复焊中和焊后易开裂，修复后的辙叉使用寿命短的难题。经检测，综合力学性能全面超过锻造性能，其中室温冲击韧性是传统锻件的 2 倍以上，完全符合运基线路 [2005]230 号《合金钢心轨组合辙叉技术条件》的要求。

• 经济效益

辙叉是损耗件，每年的消耗量很大，该技术每年仅为成都铁路局在辙叉的制造维护上就节约 5000 万的成本，极大地降低铁路运营成本，为中国万亿辙叉制造、修复市场创造重大价值。



汽车翼子板模具
Automotive Front Fender Mould

尺寸规格： 600*300*100mm
材 质： 普碳钢 + 工具钢梯度材料
结构特点： 梯度功能材料、低成本长寿模具。
性能要求： 基体材料和梯度材料之间的结合良好，为冶金结合；梯度材料处的硬度较未增加添加梯度材料部位硬度和耐磨性提高。



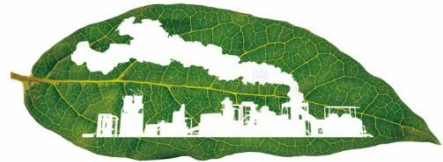
• 项目背景

大型覆盖件模具因其结构尺寸大，模具型面形状复杂，尺寸精度和表面质量要求高使得模具制造周期长、成本高，而一旦磨损或损坏，将造成极大的损失。为此，本项目通过计算机软件对拉伸成形的过程进行模拟分析，提出合理的拉深成形工艺参数，分析模具，识别应力集中区域，然后在这些应力集中区域添加功能梯度材料以提高模具的使用寿命。

• 经济效益

汽车制造中，60% ~ 70% 的金属零部件需冲压加工成形，据统计，制造一辆普通轿车平均需要约 1500 个冲压件。冲压是最基本、最传统、最重要的金属加工方法之一，车身上各种覆盖件，车内支撑件，结构加强件，还有大量的汽车零部件，如发动机的排气弯管及消声器，空心凸轮轴，油底壳，发动机支架，框架结构件，横纵梁等都属于冲压件。





工业阀门 INDUSTRIAL VALVE



冶金工业 METALLURGICAL INDUSTRY

球阀
Ball Vavles



尺寸规格：Φ250*200mm

材 质：普碳钢 + 不锈钢

结构特点：球体，精度高。

性能要求：球体外壁达到并超过普通 316L 耐
腐蚀、耐磨性能。

高炉风口
Tuyere



尺寸规格：Φ170*450mm

材 质：紫铜 + 高耐温磨合金

结构特点：风口小套空腔的前端直径为
130mm，尾端直径 170mm，总长 450mm，
内部结构复杂，内壁性能要求高。

性能要求：过渡层和铜基体结合良好，为
冶金结合；表层的硬度较铜基体高，耐磨
性更高；抗热震性能优于等离子喷涂工艺。

• 项目背景

中国阀门制造业起步较晚，大部分企业技术水平落后，主要是通过引进国外同类产品的设计、工艺等先进技术和加工设备为主，集中于低端阀门市场。技术的缺乏和对中高端产品的研发力量投入不足，缺少高端产品研发，使得中国阀门制造业刚达到发达国家上世纪 80 年代的水平。当前，中国阀门产品的质量还不够稳定，如跑、冒、滴、漏现象经常出现，且阀门的配套能力也与发达国家相比尚存在一定的差距。球阀制造技术的突破，是提高我国阀门技术的根本。

• 项目背景

风口是高炉的关键零部件之一，在工作环境为 2000℃ 以上的高炉炉缸内，其前端受炉内铁水侵蚀和冲刷易烧蚀，内壁受高温热风及煤粉的高速冲刷和强烈氧化易磨损，因此需对该部件内外表面进行强化，以提高风口的使用寿命。

目前主要采用两种方法：第一种是等离子热喷涂，但层厚较小且孔隙率高，容易脱落和磨损；第二种是采用熔积方法，可获得熔积厚层，但其材料都为镍铜合金，耐磨性、抗高温氧化性能不强。本项目针对高炉风口在生产中的实际使用情况和主要失效形式，提出过渡层 JSTNi6382+ 表层耐磨合金的材料结构，并对熔覆层的金相组织、显微硬度、耐磨性和抗热震性能进行分析。

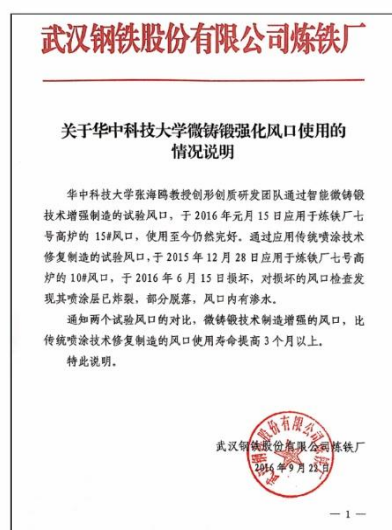
• 经济效益

工业阀门的需求量相当大，主要市场依次为亚太地区、非洲 / 中东、中南美洲、东欧、北美、西欧。据分析，全球工业用阀门每年增长 4.3%，到 2020 年将超过 1000 亿美元，其中中国工业阀门市场到 2020 年将超过 200 亿元。



• 经济效益

项目解决了传统喷涂方法因材料性能的突变而产生的应力集中难题，在不影响风口导热能力的前提下，大大提高了表面涂层的抗剥落能力和耐磨能力，风口寿命将显著提高，已经应用并获得了认可。据估算，该方法每年可为武钢炼铁厂节约生产成本 1200 万，并显著提高生产效率，降低停产损失。

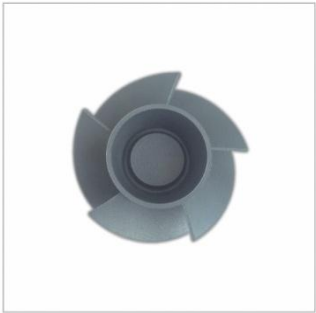




名称：机械手柄
材料：铝合金
规格：43*35*130mm



名称：导流板
材料：钛合金
规格：Φ87*20mm



名称：推进器
材料：钛合金
规格：Φ40*30mm



名称：无人机部件
材料：钛合金
规格：120*40*30mm



名称：微型叶轮
材料：钛合金
规格：Φ40*25mm



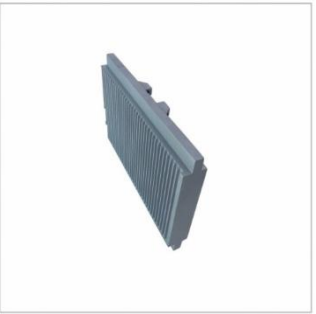
名称：潜艇特种鼠标
材料：钛合金
规格：40*80*25mm



名称：核级高压涡轮
材料：铝合金
规格：Φ160*50mm



名称：旋流器
材料：铝合金
规格：Φ40*50mm



名称：电气散热件
材料：铝合金
规格：160*100*20mm



名称：航空叶轮
材料：ZTC4
规格：Φ45*80mm



名称：隔热环
材料：钛合金
规格：Φ232*20mm



名称：旋流器模型
材料：钛合金
规格：Φ40*50mm



名称：人体股骨柄
材料：钛合金
规格：120*180mm



名称：髋臼杯
材料：钛合金
规格：Φ30*15mm



名称：无人机挂架
材料：铝合金
规格：Φ50*230mm



名称：电力组合夹具
材料：钛合金
规格：150*50*30mm



名称：注塑模具
材料：钛合金
规格：30*30*20mm



名称：脊椎笼
材料：钛合金
规格：12*9*9mm



名称：定制狗颊骨
材料：钛合金
规格：40*27*5mm



名称：活动支架
材料：钛合金
规格：50*2（壁厚）mm