



大型铸锻件节能节材技术应用论坛

在大型铸锻件生产中，节能节材对企业提质增效具有重要意义，也有巨大的潜力，企业对先进技术与工艺在铸锻中的应用越来越关注。而企业应从哪些方面入手，如何根据自身实际和产品特点制定和完善管理、技术、工艺中的提质增效措施，请听生产一线专业工程师们的认识和看法。

论坛主持：田文华 王建宏

重要工艺过程控制是大铸件节材降耗的关键



企业要分析影响效益增长的瓶颈在哪里，潜力何在，并制定积极的正激励政策。

天津市江天重工有限公司铸钢事业部部长高之宝

在市场竞争日益激烈的形势下，大型商品铸件的承接与生产依然依靠质量、交期、价格等优势而赖以把持，拼价得以保本，微利仍旧是企业的经营之道，无论是国企、民企均是现状。无疑，企业节材降耗是走出困境的唯一出路。

大型铸钢件更是如此，低成本、高性能，高级别UT、MT、PT、VT的要求日益苛刻，与国际接轨的标准化流程是国内外商家的一致要求，因而严格的工艺执行率、精益的操作、高端的材料与节材降耗形成了尖锐的对立，这也是大部分企业的纠结所在。

我公司是国内首家集冶金、重工融为一体的大型民企，生产单重5~400t的大型碳钢、低合金钢铸件，产品涉及冶金、锻压、船舶、水泥等行业，30%是出口产品。近年依靠自己的优势和不断的努力，广泛开展节材降耗，使得铸造成本每吨降低1000元，为企业应对市场竞争，以及企业的生存、发展奠定了基础。其具体措施如下：

(1) 充分利用短流程优势，采用高炉铁液（80%），少用废钢，最终进行“LF”精炼，选择性地使用“VD”，使得钢液既清洁价又低。

(2) 利用批量小、单件生产特点，充分拆解旧木型，使得旧木型利用率达60%。

(3) 设计多规格、多功能水泥块或其他填充物，减少砂型用砂量，使铁砂比从1:3.7降至1:2.5。

(4) 充分利用高炉煤气进行铸件热处理。切割浇冒口用乙炔改为天然气，提高热处理炉装载率（达80%），依据性能要求，优化热处理方式（正火、退火、回火）。

(5) 充分利用发热保温冒口及高效覆盖剂，既提高铸件收得率又确保内部质量。

(6) 利用本单位废钢坯制造大型明冷铁或暗冷铁，对于水泥产品铸钢件均采用铁模挂砂工艺，既节约了用砂又确保了铸件收缩质量。

(7) 充分进行旧砂回用。

(8) 铸件工艺设计全部采用计算机模拟，确保其可靠性，降低甚至杜绝废品产生。

(9) 根据铸件结构、壁厚

等因素，合理选择加工余量等工艺参数。综合考虑缩尺、加工量、补正量的相互关系。对大壁厚可负公差的，采取减壁厚措施；对精度要求低的加工面减小加工余量。

(10) 依据产品的品质、技术标准合理选择铬铁矿砂敷层砂厚度与范围，保证表面质量，降低后序清理费用。

基于以上的生产实践，我们认为企业的节材降耗，关键是抓住重要工艺过程，即冶炼、造型、热处理。而保证前序的质量又可降低后序清理的费用，所以

企业依然要关注钢液冶炼控制、造型、制芯费用，热处理费用，而降低铁砂比及燃气消耗又是重中之重，为此企业在管理上也要采取一些必要的措施。

第一，企业要分析影响效益增长的瓶颈在哪里，潜力何在，并制定积极的正激励政策。

第二，正确把握产品质量与节能降耗的辩证关系，正确判断、认识产品的质量适用性，取得二者的交集。

第三，充分利用企业人才、设备、工艺、工装及材料的特点，有针对性地开展节能降耗活动。

第四，进行价值工程分析，确立保温冒口、冷铁、高档材料采纳应用的综合效益，也就是与产品品质、标准要求相匹配、使投入科学化，产出最大化。

今后工艺发展方向应是数字化即计算机化，具体表现在以下方面：一是未来的铸件结构设计和技术要求更趋于合理，如结构、形状、壁厚、材质、加工及无损检测等；二是钢液冶炼、原辅材料、设备与工装更加规范化、标准化、现代化；三是操作的精细化，人员素质化；四是工艺参数的标准化、多元化。

大型铸件节能节材技术与工艺应用实例



能耗高、材料利用率低、污染严重、经济效益低等制约了铸造行业的发展，因此节能节材已成为中国铸造行业健康发展的首要问题之一。

济钢集团重工机械有限公司高级工程师 纪云玲

铸造行业是制造业中的能耗大户，因此节能潜力很大。能耗高、材料利用率低、污染严重、经济效益低等制约了铸造行业的发展，因此合理利用能源及材料，节能节材已成为中国铸造行业健康发展的首要问题之一。现将我公司在大型铸件生产中应用的节能节材技术与工艺情况进行简单介绍。

模拟技术及冷铁应用

众所周知，厚大铸钢件在铸造过程中如果工艺不合理，浇冒口设置不当易产生缩孔、缩松等缺陷。在铸造过程应用计算机模拟技术，预测铸件中的缩松、缩孔等铸造缺陷，可辅助工艺优化，指导铸件实际生产，减少铸件的废品率，提高铸件质量；通

过对浇注系统的优化设计，最大限度地提高材料利用率，降低浇冒口所占质量比，提高工艺出品率。例如：我公司在出口件破碎机连杆的生产中就采用了模拟技术（见图1），合理地设计了内外冷铁，取得很好的效果。

通过模拟分析及放置内外冷铁，减少了铸件的缺陷，提高了铸件的工艺出品率，节约了原材料。

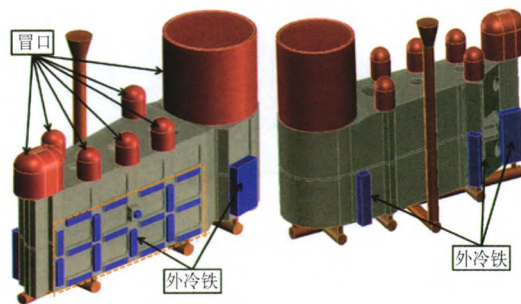


图1 连杆浇冒口及外冷铁设置模拟

聚乙烯泡沫塑料的应用

对于某些大型单件生产的铸件如果采用通常的木模，则成本高，制作难度大，而采用泡沫塑料做木模，可以显著降低生产成本，提高劳动效率。另外在某一特定部位的应用也可起到降低成本、提高铸件成品率的作用。例如：渣罐支轴部位因为尺寸精度要求较严格而成为渣灌铸造中的一个难点。我厂在生产中采取以下措施：整个支轴做活块处理，支轴部分制作锻件，与罐体结合的锥体部分则采用聚乙烯泡沫塑料，轴头作为预埋件在聚乙烯发泡后结合在整个支轴的内部，在轴头上事先钻出螺纹孔，与罐体模样把合在一起，造型结束后取出螺栓。为进一步将轴头定位，在砂箱帮上用螺栓将轴头固定，然后用煤气将泡沫燃烧干净，用压缩空气吹净残渣，再用芯卡从内部顶牢支轴，从而解决了支轴的尺寸精度不易保证的问题，减少了因该因素造成的废品率，如

图2所示。

消失模的应用

当今铸造工艺中，消失模工艺是较为先进的新工艺，铸件尺寸形状精确，表面粗糙度值低，无飞边毛刺，消除了因取模、合箱引起的铸造缺陷，取消了型砂制备工部和废砂处理工艺，可以显著地减少铸件的加工余量，提高工艺出品率，对于企业的节能节材有很大的作用。消失模造型替代传统砂型铸造，同时实现球墨铸铁铸态使用，可省去有大量耗能的热处理环节，节能效果明显。图3为我公司在生产出口件炉箅子时消失模工艺的应用。通过消失模生产炉箅子，尺寸精度由原来的13级提高到10~11级，加工量由原来的20mm降为10mm。造型成本由2500元/t降为500元/t，劳动效率提高一倍，出品率由65%提高到95%。

另外，我厂在一些大型铸件的砂芯中加入焦炭，不仅可以提

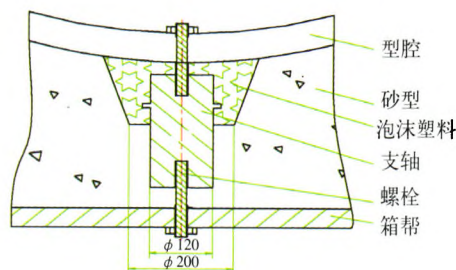


图 2



图3 炉箅子消失模模样

高砂芯的透气性，还可降低芯砂的用量，大大降低了铸造材料的成本。

铸造业的节能节材从根本上讲是以提高铸件质量、降低废品率、减少消耗为中心，以计算机技术应用、新材料选用，以及采用先进工艺与设备为主要手段的综合节能节材。

大型铸钢件基础工艺是提质增效的重要一环



由于铸造企业自身的复杂性，我认为在节能节材环节主要的问题还是考核细则的制定和执行落实。

哈尔滨电机厂有限责任公司 关俊龙

我厂以大型铸钢件为主，年生产铸件6000~8000t，主要产品为水轮机上冠、下环、叶片、

导叶类不锈钢铸件和硅锰碳钢类铸件。我厂在节能节材方面做了大量工作，具体表现在节约型砂

（铬矿砂、硅砂）用量、焊接骨架用原材料（钢管、钢圆）、冶炼原材料、天然气使用量、用电量，以及提高铸造工艺出品率等几个方面。

随着市场竞争的激烈，成本控制显得越来越重要，由于铸造企业自身的复杂性，我认为在节能节材环节主要的问题还是考核细则的制定和执行落实。在执行过程中很难去界定原材料的使用成本比例，比如型砂等原材料的

使用如何节约, 能源的消耗多少才是最合理的, 如何考核等。目前我厂还处于在一个不断摸索、不断完善、逐渐趋于更加合理的过程, 在最近几年我厂增加了成本考核项目, 积极推广节能降耗、人均节约降成本活动, 把节能节材纳入目标责任状的硬性考核指标。最终的目的还是要落实到制度化管理, 形成企业文化的一部分。

工艺设计是铸造企业的基础技术, 工艺设计过程中合理地使用冷铁和选择保温冒口, 可以降低钢液总量; 冷铁一次性投入后可反复回收利用; 保温冒口的采购成本与节约钢液成本之间的关系要综合考虑; 工艺模拟的应用有效检验工艺设计, 避免原材料的浪费, 提高工艺一次合格率。随着铸造模拟技术的不断普及和应用, 现阶段的工艺设计变得简

单化、单一化、高效化。多数工艺员都把如何满足质量要求列为第一要素, 应该打破传统的工艺思想, 不能局限于只提供冒口、冷铁、浇注系统、加工余量、型砂种类及工装这些基本参数设计, 还要继续扩展到产品制造过程中涉及的安全、成本、实际生产的可操作性这三个重要因素。好的工艺设计要求我们必须对质量、安全、成本、实际生产可操作性都要考虑, 因为企业存在的目的就是为了追求盈利, 哪个因素没有控制好都会造成损失。

加工余量偏大会增加铸件热节, 随之要选择大模数尺寸冒口, 相对地增加了钢液量, 提高了生产成本。铸造的目的是为了满足零件的使用要求, 是一个基本的成形过程, 现阶段的工艺设计都是按照手册或本单位的标准去设计预留加工余量, 存在一定

的笼统性。合理科学的加工余量应该根据产品类型去分类: 一是根据零件的使用要求设计减小加工余量; 二是根据自身企业的型砂原材料及涂料提高表面质量以减小加工余量; 三是合理设计砂芯填充材料, 提高退让性, 保证铸件尺寸达到理论收缩量以减小加工余量。

未来铸造技术的发展方向应是以先进技术为指导, 完善计算机数值模拟技术, 结合3D打印技术, 更接近于生产实际。要充分考虑到安全、环保, 铸造原材料合理选用, 生产操作过程控制, 模样结构工艺及材料选择, 浇注、凝固过程模拟, 从而使工艺设计更加趋于合理化, 生产过程更加清晰、明确, 提高工艺设计的准确性和实际应用性, 最终达到提质增效的目的。

大型铸件生产应重视工艺流程的每个细节



质量的提高是最好的节能节材。铸件生产工序多、影响因素多, 质量控制难度大, 特别是大型铸件, 每一个细节都需处理好。

齐重数控装备股份有限公司铸造厂
周桂梅

先进铸造技术与工艺是大型铸件生产中节能节材的基础保证, 并有很大潜力。结合我公司大型铸件生产, 主要谈一些大型

铸件的铸造工艺技术要点和应用。

我公司主要生产的大型铸件主要为机床产品, 如大型立车

的105t工作台、78t立柱, 79t横梁, 大型卧车的87t尾座体、95t主轴箱体、9.5m床身等。

实际生产中, 应根据每个铸件的结构特点编制相应的工艺。大型铸件主要有细长形(如横梁、床身)、圆形(如工作台)和高大型(如尾座体、主轴箱体), 如细长形的横梁和床身, 为了防止铸件变形, 模样设计出预变形挠度, 即铸件的反变形量, 这种铸件的中间型腔砂芯通用性较好, 可以减少芯盒的数量; 圆形铸件的中心孔较大时, 可将中心

孔圆形砂型分成1/2或1/4,从而减小芯盒的尺寸。至于外围的扇形型芯,通用性也很高。

对于大型铸件,除了轮廓尺寸大,壁厚也较大,因此所采取的工艺措施显得非常重要。

(1) 冷铁 分为内冷铁和外冷铁,对于尾座体、主轴箱体、工作台的厚大部位,在其内部我们设计了焊接内冷铁架(材质为钢筋),外部放置石墨冷铁。

(2) 保温冒口 针对铸件上箱的厚大部分,放置不同规格的保温冒口,可以起到较好的补缩效果,且减少金属液用量。

(3) 对于高大型铸件,我们设计两套浇注系统,上面为一套(距上箱约1/3总高),中下区域为一套,铁液先充入中下区域的浇注系统,上面浇注系统后进,同时,上面的铁液温度比先浇的要高一些,这样的浇注系统

对铸件有很好的补缩效果。

(4) 铸造工艺模拟 对大型铸件的各种预设工艺方案进行模拟,可以避免大型铸件不能先试验在生产中带来的风险,可以提高大型铸件的成功率,我厂的105t工作台、78t立柱、87t尾座体、95t主轴箱体都曾进行工艺模拟,起到了为质量保驾护航的作用。

质量的提高是最好的节能节材。铸件生产工序多、影响因素多,质量控制难度大,特别是大型铸件,每一个细节都需处理好。尤其是铁液的质量对于铸件生产的成败很关键,除了满足材质的牌号要求外,铁液的温度、性能等都对铸件有影响。裂纹是大型铸件的一个敏感问题。我公司的铸件如方形工作台和立柱、刀板等均出现过裂纹,分析原因除了是零件结构本身壁厚差大之

外,由铁液材质的性能所导致的裂纹产生占较大比例。另外,根据零件的结构特点选择合适的原材料和配比,对于大型铸件的浇注成功也至关重要。

铸造作为一种传统金属成形行业,随着科学技术的不断发展,也在逐渐融合其他行业的材料和技术,本身也在蜕变和成长。未来原材料包括生铁、废钢和回炉的成分、性能,以及熔炼过程中发生一系列反应而形成铁液,又经过充型、降温、凝固、冷却等各个环节,会更清晰地被业界所了解。在模样制造方面,树脂、钢材等材料也将代替传统的木材,根据需要可以在铸件内镶各种钢管,铸件结构也会更合理,这些都是大型铸件的未来发展趋势和方向,同时为铸造节能节材带来重要影响。

节能节材是锻造企业系统持续发展的推动力



企业在节能节材的工作方针指导思想是以工艺开发为龙头,统筹规划,开源节流。

中国重汽集团(香港)有限公司济南铸锻中心 杜立东

我单位主要生产各类重型载重汽车零件模锻毛坯,其中大型锻件有125MN热模锻压力机和16吨模锻电液锤生产线生产的重

型汽车发动机曲轴和前轴模锻毛坯。企业在节能节材的工作方针指导思想是以工艺开发为龙头,统筹规划,开源节流。

1. 统筹规划

企业在新项目建设伊始就将节能节材思想贯穿于规划设计建设全过程,从车间厂房风水电气各专业设备到工艺设备选型及工艺布局均统筹考虑,选用节能高效的耗能设备,工艺规划布局满足工艺性前提,合理布局,减少热坯料温降,提高毛坯成形终锻温度,减少锻造设备能耗。

2. 开源节流

(1) 新的零部件产品设计从产品图样设计就考虑到锻造工

艺, 产品设计时尽可能避免或减少毛坯锻造工艺中的余块用量和加工余量, 从而达到减少材料和能耗的目的。

(2) 采用新工艺或提高工艺水平提高锻件材料利用率。原材料棒料采购采用倍尺或定尺采购, 下料工艺采用高速带锯或温热剪无屑下料, 减少料头锯口损耗。锻造工艺中的辊锻、预制坯及闭式挤压工艺的采用, 优化了终锻成形前材料的分配, 有利于成形提高材料利用率, 减少原材料和锻造设备能耗。如某前轴锻造毛坯采用辊锻机预成形辊锻工艺后, 材料利用率提高了4个百分点, 节材效果明显。

(3) 新技术提高装备水平。我们目前使用的锻造、热处理加热炉采用清洁高效能源的电力加热, 由于产生高次谐波, 若功率因数低, 易产生电网污染。

电力设备采用无功补偿等技术完成谐波治理, 提高功率因数降低线损和电网污染。变频技术在实际生产中的推广应用也起到了节约能耗的作用。所用电器的采购选用国家目录节能推荐产品。

(4) 能源回收, 重复利用。目前只限于锻后余热热处理工艺的开发应用及余热收集用于生活洗浴用水加热。随着国内余热回收技术的发展成熟和余热回收成本的降低, 热加工领域余热回收技术使用将普及化。

(5) 新材料非调质钢材料的应用。开发的新型发动机曲轴材料采用C38+N非调质钢, 在满足各类机械参数的同时, 省却了锻件毛坯锻后淬火、高温回火工序, 因而也节省了热处理设备投资及使用费用, 简化了生产工艺, 降低了能耗, 改善了产品质量, 降低制造成本约12%, 具有

良好的经济效益与社会效益。非调质钢的逐步普遍使用是未来锻造材料使用的发展方向。

对于锻后需要热处理的合金钢大型模锻件, 采用大型轴类件(前轴)吊具不随工件入淬火介质的方案, 省略副吊具悬挂, 单件吊具重量下降到11kg, 大幅减少吊具的无效加热能耗损失, 提高有效热能效率。

3. 发展方向

具有一定生产规模的大型模锻件生产企业应向采用新工艺、新技术、新材料的专业化、规模化、自动化生产方向发展, 以降低能耗边际成本和提高材料利用率。以工艺开发为龙头, 深挖企业潜力, 提高生产效率, 统筹规划节能节材工作, 为企业长远发展提供内在动力。

支承辊锻件钢锭利用率提高途径



针对支承辊产品锻件, 从锻造工艺优化、锻造工序、过程操作等方面进行分析, 并提出相应措施以提高锻件利用率, 实现降低生产成本。

中国第一重型机械集团公司水压机锻造分厂 荣中华

针对支承辊产品锻件, 从锻造工艺优化、锻造工序、过程操作等方面进行分析, 并提出相应

措施以提高锻件利用率, 实现降低生产成本。支承辊产品是我国钢厂轧制设备的关键部件, 同

时也是高消耗部件。通过工艺优化, 减少锻造工序, 精细化过程操作, 提高锻件表面质量, 合理控制锻件尺寸余量, 避免锻件尺寸超差, 进而提高支承辊锻件钢锭利用率, 减少钢液消耗量, 最终实现降低锻件生产成本。

生产成本因素分析。

(1) 原材料成本 锻造生产过程中, 原材料是制约成本的重要因素。其具体表现为钢锭锭型的选取, 而锭型选取应根据锻件利用率, 所以编制合理的锻造工艺至关重要。

(2) 生产成本 在钢锭锭型确定后, 对生产过程中的成本控制是降低总成本的关键。其中包括加热炉燃气成本, 水压机、操作机、桥式起重机、机加车床等设备电力成本, 人力成本等方面。而影响上述因素的关键在于锻造工序是否合理, 钢锭及坯料质量的保证, 锻件尺寸及表面质量的控制。

对此, 要实现成本的降低, 应该从锻件图的优化绘制、工序的合理选取、精细化操作等方面着手改进。

降本增效措施

(1) 锻造工艺编制 首先根据产品粗加工图样绘制产品锻件图。对于粗加工图样中支承辊辊颈带有斜稍面的情况, 应通过压台阶的方式锻出 (见图1); 台阶要尽量随形锻出 (见图2), 最大限度地减少锻造余块, 以减少锻件毛重。

(2) 锻造工序确定 根据技术条件或图样要求确定锻造比, 通过计算确定是否需要镦粗工序。如果需要镦粗, 则锻造工序为压钳口、镦粗KD拔长、拔长下料出成品; 如果不需要镦粗工序, 则钢锭直接拔长下料出成品。在保证无损检测要求的情况下, 锻件可采用小锻比进行生产, 取消镦粗工序, 不仅减少锻造火次, 且减少坯料加热氧化损耗, 节约生产成本。

(3) 钢锭锭型选取 锻件毛重确定后, 根据锻造工序及钢锭利用率估算, 选取合适的锭型。在锭型选择时, 应尽量采用一锭出一件, 以便减少预拔分料火次刀口占料。

(4) 精细化操作 压钳口工序, 要剥掉钢锭浇口锭底, 浇口弃料可在出成品火次去除 (对于8棱钢锭需对钢锭倒棱)。镦粗拔长工序, 如果锻造过程中坯料有裂纹 (见图3), 则应及时将裂纹清理干净, 以保证拔长工序一火次出成品。出成品火次, 要对锻件进行精整, 精确测量成品尺寸, 保证锻件表面质量及尺寸在公差范围内, 减少冷加工车床加工量, 提高加工效率。对于需

要剥刀下料或切弃料的工序, 应避免剥料时出现歪斜, 造成端面不齐, 后续锻造时出现占料 (见图4)。

对于生产成本降低, 每一位从业人员都应该从细节着手, 根据产品特点, 细致制定相应合理的工艺方案, 制定详尽的操作方法, 采取具体、可行、有效的质量控制手段, 稳步地提高产品质量, 实现降本增效。

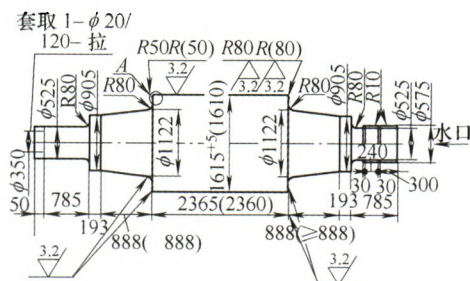


图 1

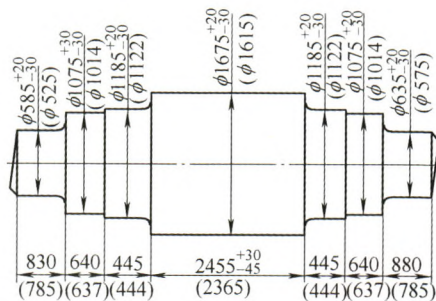


图 2

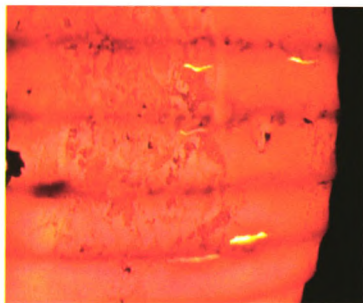


图 3

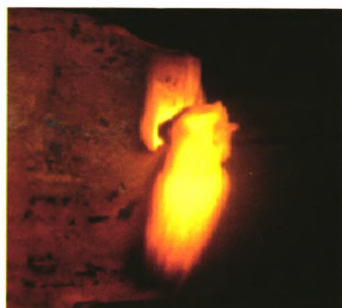


图 4