

• 铸造技术 Foundry Technology •

铸锻热加工行业节能减排技术及设备

单忠德¹, 杨 菁²

(1. 机械科学研究总院先进成形技术与装备国家重点实验室, 北京 100083; 2. 北京信息科技大学, 北京 100192)

摘要:在分析机械工业制造领域节能减排的现状基础上, 提出了机械工业制造领域节能减排新技术、新工艺和新装备, 如数字化制造融入铸锻过程、减量化促进铸造新材料开发、铸锻生产趋向近净成形制造、特种铸锻技术缩短工艺过程、熔炼(加热)过程趋向节能化、自动化控制促进铸锻清洁生产等, 这些新技术和新装备为机械工业实现节能环保、清洁生产提供了强力支撑。机械制造过程趋向数字化、精密化、柔性化、智能化和绿色化, 大量优质、高效、少无切屑的新制造技术不断出现并逐渐在铸造、锻压、热处理等领域获得应用。

关键词:节能减排; 先进制造; 铸造; 锻压

中图分类号: TG2; TG31 文献标识码: A 文章编号: 1000-8365(2009)05-0583-06

Energy-Saving Emission Reduction and Equipment in the Field of Theromechanical Processing

SHAN Zhong-de¹, YANG Jing²

(1. China Academy of Machinery Science & Technology, Beijing 100083, China; 2. Beijing Information Science & Technology University, Beijing 100192, China)

Abstract: Based on the analysis of energy-saving emission reduction status in the field of mechanical manufacturing industry, new technology, new processing and equipments are proposed, such as digital manufacturing process into casting and forging, development of new foundry materials by decrtement, near net shaping in the casting and forging field, and special technology to shorten the process of casting and forging, melting trend of energy-saving process, automation and control to promote the cleaner production of casting and forging. These new technologies and new equipments can provide strongly support for the machinery industry to achieve energy saving and environmental protection, clean production. With the development of machinery manufacturing process towards digitization, precision, flexibility, intelligence and greenization, a large number of high-quality, high efficiency, low or non-cutting new manufacturing technologies are increasingly emerged, and are progressively used in the casting, forging, heat treatment.

Key words: Energy-saving emission reduction; Advanced manufacturing; Casting; Forging

1 机械工业制造领域节能减排现状

据国家统计局统计, 2007 年机械装备业规模以上企业 72 900 多家, 2006 年机械装备制造业总能耗约 7 365 万 t 标煤, 占工业能源消耗的 4.2% (工业总能耗 175 137 万 t 标煤, 工业增加值 91 311 亿元, 万元工业增加值 1.92 t 标煤)。2006 年机械制造业 GDP 值

16 615 亿元, 占工业总 GDP 的比重是 18.2%, 万元 GDP 能耗是 0.44 t 标煤。2006 年我国机械制造工业废水排放总量 65 828 万 t, 废水排放达标量 63 282 万 t, 二氧化硫排放量 14.2 万 t。

我国机械装备制造技术及设备整体落后于发达国家 15~20 年, 机械能耗主要在热加工(铸造、锻压、热处理等)及设备控制运行等, 排放主要在热加工、涂装和电镀等方面。与国外相比:

(1) 制造精度低, 加工余量大

铸件尺寸精度低于国际标准 1~2 个等级, 废品率高出 5%~10%, 加工余量高出 1~3 个等级。我国铸铁件废品率通常为 9%~15%, 铸钢件废品率为 5%~

收稿日期: 2009-02-27; 修订日期: 2009-03-04

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAF02A06)、北京市科技新星计划(2005BA5)

作者简介: 单忠德(1970~), 工学博士、研究员, 研究生导师。主要研究方向: 数字化成形、机械装备制造、绿色制造技术等。

Email: shanzd@cam.com.cn

15%，而国外铸铁件和铸钢件的废品率均低于5%。我国锻造行业主要生产技术和经济指标与发达国家相比差距巨大，日本是0.35%~0.55%，我国最好的企业也只达到2%~3%，废品率比国外高5~6倍。

(2) 材料浪费大，能源消耗高

铸造能源利用率仅为17%，我国吨铸铁件能耗为0.55~0.70 t标煤，而国外为0.3~0.4 t标煤，铸造综合能耗是发达国家的2倍。工业发达国家20世纪90年代大锻件燃耗0.44 t标煤/t锻件，模锻件燃耗0.3 t标煤/t锻件，综合能耗0.6~0.8 t标煤/t锻件；国内目前大锻件燃耗1.3 t标煤/t锻件，模锻件燃耗0.55 t标煤/t锻件，综合能耗1.3~1.5 t标煤/t锻件，锻造业单位产值的能耗为发达国家3倍。国外大锻件钢锭利用率65%，模锻件日本丰田达到80%~93%，俄罗斯卡马厂达到84%。国内大锻件钢锭利用率仅为54%，国内最好的企业模锻件材料利用率达到78%，企业平均63%。材料利用率平均比日本低15%左右。

(3) 控制水平差，设备效率低

在锻压自动线方面，美国5 085条，日本9 000条，德国6 130条，广泛应用多工位锻压机、电动、液压螺旋压力机等先进锻压设备；我国锻压自动线、半自动之和约300条，模锻锤、摩擦压力机占大多数。50~125 MN曲柄热模锻压力机锻造线仅16条。

(4) 制造工艺差，废弃物排放量大

我国铸件的年产量超过2 800万t，消耗标准煤2 100万t，排放废渣420万t、粉尘70~100万t、废气140~279亿m³、废砂1 810~2 090万t。我国吨合格铸件的三废排放量为发达国家的10倍。我国汽车铝轮毂年产能已过5 000万件/年，出口2 300万件以上，普遍采用传统化学电镀表面处理，对环境造成极大破坏。据估算电镀行业每年排放4亿t含重金属废水、50 000 t固体废物和3 000万m³酸性气体等大量污染物，有机溶剂挥发量至少在751 000 t以上。

2007年我国能源消耗和原材料消耗持续增长，其中煤炭消费量25.8亿t，增长7.9%；原油消费量3.4亿t，增长6.3%；钢材5.2亿t，增长17.4%；且我国能源利用效率仅33%，比发达国家低约10个百分点。伴随着自然资源严重短缺，生态环境严重恶化，全球气候变暖，极端气候现象频发，欧、美、日从20世纪80年代开始实施节能减排工作。伴随着中国经济的高速发展，带动了电力、钢铁、水泥、汽车等工业领域的快速发展，我国由过去的资源大国，变成目前面临资源匮乏的危机。例如，主要矿产资源人均占有量不到世界平均水平的一半；淡水资源总量为28 000亿m³，占全球水资源的6%，人均只有2 300 m³，仅为世界平均水平的

1/4、美国的1/5。我国每年因污水排放和SO₂排放导致的经济损失分别在5 000亿元以上。从以上分析可以看出，机械工业领域节能减排形势严峻，急需通过科技提高产品竞争力，实现工业又好又快的发展。

2 铸锻热行业节能减排新技术及设备

近年来，随着机电一体化、计算机、信息和控制、装备自动化、新材料、新工艺等的快速发展，铸造、锻压和热处理（以下简称铸锻热）过程趋向数字化、精密化、柔性化、智能化和绿色化，一些新的工艺、技术及设备在生产中获得应用，有力促进了工业领域节能减排工作的开展。

(1) 数字化制造融入铸锻过程

通过产品设计、模具制造、铸造（锻压）工艺优化等制造过程及企业管理过程实现数字化，有效提高产品开发与制造能力，减少了零件组合数量，减轻了零件重量，使原材料的利用率达到最高，开发周期缩短，有效地促进了行业中的节能减排。根据美国科学研究院工程技术委员会的测算：模拟仿真可提高产品质量5~15倍，增加材料出品率25%，提高投入设备利用率30%~60%，缩短产品设计和试制周期30%~60%等。多尺度基于过程的集成工艺仿真技术获得应用（如图1）。

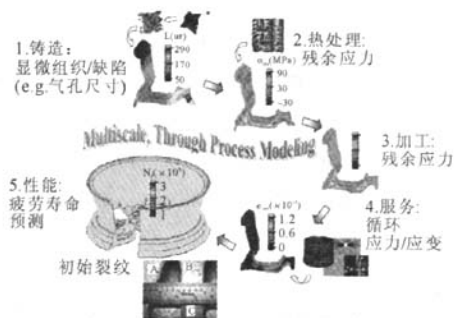


图1 多尺度基于过程的集成工艺仿真

Fig. 1 Integrated process simulation of multiscale based process

(2) 减量化促进铸造新材料开发

装备零部件的减量化促进了高技术新材料和轻合金的开发应用。高技术新材料是具有高比强度、高比刚度、耐高温、耐腐蚀、耐磨损的材料，是在高新技术推动下发展起来的一类新材料。轻量化（铝合金、镁合金、超高强度钢、奥贝球铁等）将是未来装备零部件，特别是汽车零部件制造的重要发展方向。美国FreedomCAR及新一代汽车发展计划（PNGV）（到2010年），通过汽车车身及底盘零件的轻量化降低零部件重量50%，达到汽车总重降低40%的研究目标。例如通用汽车公司采用奥贝球铁代替淬火钢生产汽车

后桥螺旋伞齿轮,节约能耗 50%,成本降低 40%。美国 Smith 铸造厂生产的 ADI 驱动轮铸件,由原先需要 84 件钢零件装配而成,目前设计为 1 件整体铸造而成,重量减轻 15%,成本降低 55%。

对于汽车零部件,铝合金替代钢、铸铁减重为 40%~60%,而镁合金替代钢、铸铁可达 60%~75%。世界各大汽车公司已把采用镁合金零部件的多少作为衡量其汽车产品技术是否领先的标志。BMW 公司将其 Z22 车型的水冷发动机曲轴箱的设计以铸铝材料来接触曲轴轴承,而镁合金材料以外壳方式包覆于外层,使曲轴箱箱体重量比原设计减轻 10 kg 左右,且较同尺寸铝制品减轻 25%。磁悬浮列车上底盘部分主要结构部件均为铝合金铸件,每列列车共有十几种 200 多件,铸件基本壁厚为 6~8 mm,铸件中最大尺寸达 2 000 mm 以上,最小壁厚 2 mm。

(3) 铸锻生产趋向近净成形制造

在近净形铸造技术方面,近年来重点发展了熔模精密铸造、陶瓷型精密铸造、消失模铸造等新技术。采用消失模铸造生产的铸件壁厚公差达到了 ± 0.15 mm,电渣熔铸工艺已用于大型水轮机的导叶生产,高强度、形态复杂、薄壁、净重 2.7 t 铝合金铸件也获成功。在大尺寸复杂钛及钛合金铸件的整体熔模精密铸造领域,20 世纪 80 年代,美国 PCC 公司制造了直径达 2m 的 GE90 发动机风扇轮毂,是目前世界上最大的精铸件,其铸造尺寸公差可达 ± 0.13 mm,最小壁厚达 1.0~2.0 mm。我国在铸造近净成形方面,还需进一步开展大型、薄壁、复杂钛合金铸件熔模精密铸造技术及设备、镁合金低压铸造技术及成套设备以及航空复杂薄壁结构件精密铸造研究等。

国外黑色金属冷锻精密塑性成形技术——中空径向分流冷锻技术、多工位温-冷复合成形技术等,其锻件的径向精度可达到 0.02 mm,形位公差 < 0.04 mm,机加工余量仅留 0.15 mm 磨削余量,省去了大量的车、铣等粗切削加工,真正实现了近净成形。如德国 BLM 公司热精锻齿轮精度已达 DIN6 级,可节约材料 20%~30%,力学性能提高 15%~30%。国外锻造设备可以生产重量公差小于 $\pm 1\%$ 的轿车精密连杆,只有 6~8g 的重量差意味着小于 0.1 mm 的厚度差。美国能源部制定的 2020 年发展规划中,在精密塑性成形和热处理方面,提出了原材料消耗量减少 15%,加工废屑减少 90%,能耗减少 75%,锻造成形模具寿命提高 10 倍,人均生产率提高 50% 的目标。相应要求热处理行业节约能量消耗 80%、减少生产成本 75%,实现零排放等。

(4) 铸锻短流程生产减少资源消耗

铸锻短流程生产主要通过充分利用前期工序中的

材料、热能,或者将几道工序进行集成,使整个制造过程实现流程再造。例如,为直接可以使用高炉熔炼的铁液,生产高质量的复杂铸件,近年来国内外开展了高炉-中频感应电炉短流程熔炼技术方面的研究,可以利用高炉铁液直接转入中频感应电炉进行温度和成分调整,获得适合铸件要求的高温优质铁液。相对于常规熔炼工艺,省去了高炉铁液冷却和生铁重熔的过程,充分利用高炉铁液自身热量,设备能源效率高,能源消耗少,减少污染物排放,实现短流程的熔炼铸造。

在汽车行业得到广泛应用的铝合金轮毂通常采用低压铸造技术生产,但大型客车、重型卡车以及豪华轿车上的应用以及轻量化(锻造铝车轮比铸造轻 23%)、高性能(锻造铝车轮强度是钢车轮的 5 倍)需求,开发了铝合金轮毂锻造—旋压复合成形技术。如美国、德国和日本等工业发达国家主要采用 6 000 t 以上的大型锻压设备进行预成型,然后在旋压机上进行旋压成形至轮毂尺寸,仅在轮毂外观表面部位留有少许精加工余量,其余部位不再机加工,材料利用率高达 90%。

此外,通过开发新的材料来简化原来的热处理工艺。随着现代汽车制造业快速发展,对高性能锻件的需求量越来越大,微合金非调质钢以其优异的节能、节材、降低污染并缩短生产周期的性能在汽车制造中备受瞩目。铸锻件非调质化工艺技术取消原“淬火+高温回火”的热处理工艺,精简了热处理工艺流程,可缩短生产周期 15%,提高材料利用率 10%,节电 700~900 kWh/t。

(5) 大型锻件余热回收促进工业节能

重型装备行业制造及设备使用过程中消耗大量能源,排放大量废弃物如 CO_2 、 SO_2 、 NO_x 等;同时,大型锻件如 50 t 以上锻件的余热没有进行回收利用,炼钢和铸造过程中的余热没有进行回收利用,大型工业炉余热回收效率与国外相比还有很大差距。研究大型高温锻件、钢锭、铸件余热回收时冷却速度的控制,以保证余热回收过程不改变大型高温锻件、钢锭、铸件内部组织结构、力学性能;研究高温钢包、金属模余热快速回收再利用技术,并确保余热回收过程对钢包、金属模的各项性能不产生影响;开发出大型高温锻件、高温钢锭、铸件余热回收再利用设备,开发出高温钢包、金属模余热回收再利用设备,填补国内空白。研究针对不同材料、形状、重量的高温金属件余热回收设备,以适应高温金属件批量小、形状复杂、材料种类多、重量相差大等特点。

按照某重型企业现有铸、锻件产量计算,2006 年锻件总产量为 9 万 t,铸件总产量 3 万 t;2007 年钢液 26 万 t,锻件总产量为 12 万 t,铸件总产量 4 万 t。

2006年回收余热热量可达2 141 t标准煤,2007年回收余热热量可达2 644 t标准煤,伴随企业发展,对其进行回收具有很好的经济效益。

(6) 特种铸锻技术缩短工艺过程

基于离散堆积原理的铸型制造技术近年来取得一定进展,通过以铸造用的陶瓷粉末或型砂为原料,在CAD模型驱动下通过快速成形机,逐层堆积制造,可以直接制成铸造用的型壳。在CAD环境中,直接将零件模型转换为壳型,再配以浇冒口系统。型壳的厚度可取5~10 mm,烧结或粘接过程中,非零件部分进

行烧结或粘接,零件部分仍是粉末。造型完成后将粉末倒出,再经固化处理就获得铸造用的型壳。用此方法,省去传统精密铸造过程中蜡型、泡沫塑料模、木模的制作等多种工艺过程,是传统铸造过程的重大变革。一般一个壳型只能使用一次。目前典型的CAD直接铸型工艺主要有PCM(Patternless Casting Modeling)无模铸型制造工艺、SLS(Selective Laser Sintering)选择性激光烧结工艺、3D-P(3-Dimensional Printing)工艺、直接壳型铸造工艺(DSPC)和德国GS(Generis sand)工艺(如图2)。

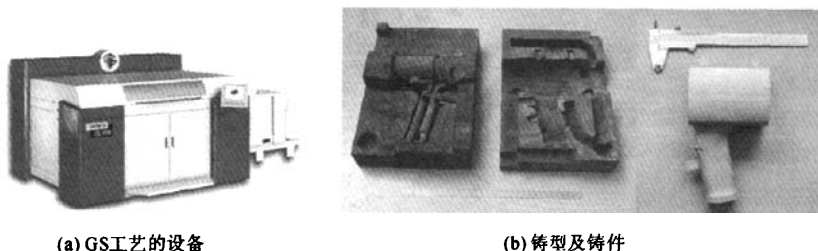
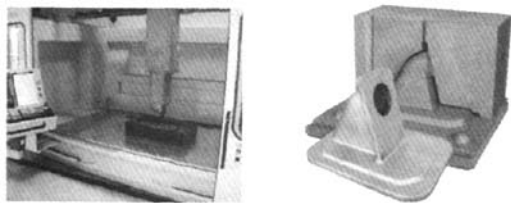


图2 GS工艺制造的铸型与铸件

Fig. 2 Mold and casting GS manufacture technics

基于去除加工原理的无模铸型制造技术,是在CAD模型驱动下,直接采用数控机床加工砂型,获得浇注的铸型,不需要传统的铸造模样,不仅制造速度快,而且精度高。由于在封闭环境中加工,成形过程中的废弃物如粉尘、废气、废渣等可以得到回收。目前,典型的工艺主要有DMM(Direct Mould Milling)5轴数控铣直接切削铸型工艺(图3)、并联机床加工、铸型雕刻加工等。德国AcTech公司通常接到客户提供的三维CAD数据后,根据铸件尺寸和复杂程度的不同,在3周时间内即可为顾客提供1~5个铸件。其可加工的最大外形尺寸达2.4 m,该设备可用于加工大型的车身结构、批量生产的压铸模等。



(a) DMM加工铸型示意 (b) DMM加工油过滤器铸型与金属件
图3 DMM加工及其铸型

Fig. 3 DMM processing and its mold

(加工数据生成:3 h;铸型加工6.5 h/个;尺寸:600 mm×500 mm×340 mm;从CAD数据到交货时间:8天)

(7) 熔炼(加热)过程趋向节能化

我国燃料炉热效率平均为20%左右,而世界发达国家为40%~50%之间,两者相比存在着明显的差距。

我国工业炉在筑炉材料、燃烧设备、控制元件等方面通过引进消化和自我研制开发,水平有了很大的提高。但从目前的能源利用效率来看节能的潜力很大,因此有必要在炉衬材料、燃烧设备、控制系统、余热回收以及生产管理等方面,通过实践分析和理论研究,找出影响能耗的各种因素,采取有效的节能途径和措施降低能耗,从而以最少的能源消耗获得最大的技术经济效益。

铸造方面,采用了感应电炉双联熔炼技术,炉前微机自动检测控制技术,通过采用新技术,铁液温度由1 350~1 450℃提高到1 500℃左右。在熔炼铸铁时,推荐采用外热风连续作业的长炉龄冲天炉,或者冲天炉和电炉双联熔炼。熔炼铸钢时推荐更多采用AOD、VOD设备,逐步淘汰电弧炉的生产方式。另外,尽可能延长一次性开炉熔炼的次数,每新开一次炉就增加一次炉体的蓄热损失。如第一炉钢液的耗电量在1 000~1 200 kWh/t钢液,从第三炉开始耗电量一般都低于800 kWh/t钢液。

热处理是我国的能耗大户,90%以上热处理设备采用电加热,其电耗占制造企业电耗的20%~30%。热处理过程中不断产生的热辐射、废气、废水、粉尘和噪音对环境也造成一定程度的污染。高效节能、少无变形、清洁热处理技术是热处理技术发展的重要方向之一。节能热处理强调在对大批量生产的标准件、汽车零件、工具等进行热处理时,应充分利用铸、锻工序后的余热进行热处理(铸铁淬火、轧热淬火、锻热淬火),节省重新奥氏体化时所需的高额热量。

(8) 无废弃物制造促进循环利用

美国在展望 2010 年的制造业前景时,提出“无废弃物加工”的新一代制造技术,即加工过程中不产生废弃物;或产生的废弃物能被整个制造过程中作为原料而利用,并在下一个流程中不再产生废弃物。无废弃物成形加工既减少了废物、污染和能量消耗,又不会破坏环境,必然成为未来先进成形工艺的主流。日本提出了 3R 的环境保护新概念,即:减少废弃物(Reduce)、再利用(Reuse)及再循环(Recycling)。对于铸造、水泥、火电、印染等重污染行业,采用以无废弃物为目标的循环利用是实现节能减排的重要途径。

废砂是铸造行业所产生的主要废弃物,占其总量的 70%以上。我国年产铸件 2 800 万 t 以上,循环用砂量高达 2 000 万 t,以废弃 70%计计算,每年要废弃的废砂就至少达 1 400 万 t,既是极大的资源浪费,又严重污染了生存环境。20 世纪 80 年代以来,日本采用旧砂再生的铸造厂已经达到 86%,每 t 铸件排放废砂量已经达到 0.22 t,每吨铸件使用新砂量仅仅 0.135 t;美国一些铸造厂已经实现“零废物生产”,即没有废物排放的生产。根据对铸造厂的统计,我国用树脂砂生产 1 t 铸铁件,产生废砂 0.33 t,用粘土砂生产 1 t 铸铁件,产生废砂 1.32 t。如果粘土砂和树脂砂各按一半来计算,则每生产 1 吨合格铸件产生废砂 0.825 t。目前,西安理工大学等单位开发的水玻璃旧砂湿法干法联合再生生产线,采用热湿法再生和干法清洁除尘的原理,再生砂回收率达到 90%以上。因此,铸造废砂再生利用,将大大减少丢弃的废砂量,变废为宝,对生态环境保护、社会可持续发展具有重要意义。

铸件修补技术的问世,已经广泛应用于铸铁、铸钢、铸铝、铸铜等材质铸件的加工面及非加工面的修补,纯金属修复,补材与基体实现冶金结合,为存在铸造缺陷的铸件提供了修整方法,进一步降低了产品废品率,节约大量能源、材料,减少了废弃物的排放。

(9) 铸锻生产成线技术提高制造效率

国外汽车锻件广泛采用多工位自动锻造压力机、电动螺旋压力机、液压螺旋压力机,以及由这些先进锻压设备组成的综合自动线(约占总产量的 40%),模锻件的全员劳动生产率,日本达到世界领先的 160 t/工人·年。例如,丰田汽车公司 Honsha 工厂热锻车间的转向节锻造生产线的主机为一台 35 MN 热模锻压力机,线上采用了多台机器人,可分别完成锻件的自动下料、余热淬火、搬运、码垛等动作,还实现了对锻件、模具温度在较大区域内的实时检测,有效保障了锻件的组织 and 内在质量。我国大多数锻造设备还是锻锤和机械效率较低的摩擦压力机,自动化锻造线只有不到

3%。(多数为进口德国和日本),绝大多数锻造企业都是手工操作,全员劳动生产率只有 36t/工人·年(还是一汽、二汽等最高水平的锻造厂),不到日本的 1/4。

(10) 自动化控制促进铸锻清洁生产

国外大量轿车零件在专用的大型冷、温锻压力机上(每辆轿车上已有 50 kg 重量冷锻件)实现冷锻、温锻,其锻件直径方向精度可达 0.02 mm,同心度 ≤ 0.05 mm,零件表面机加工余量仅留 0.20~0.30 mm 磨削量,真正实现了净形/少无切削加工。我国由于缺少大型精密冷锻、温锻设备,轿车上采用冷、温锻工艺生产的零件不到 20 kg,而且精度、余量等指标比上述国外先进指标放宽 2~3 倍,机加工余量较大。

柔性热处理就是将热处理设备与先进的控制技术结合,实现热处理过程的自动化、柔性化和绿色化。德国 Leybold 公司基于质量流密度概念,开发了脉冲离子渗碳加高压气淬技术和设备,实现了脉冲导通时间和间断时间的比例以及气体中的含碳气氛的分压控制,节约气氛提高了热效率。

在铸造、锻压以及热处理生产过程中,以节能减排为目标,采用集成创新和系统优化,研制大规模高可靠性自动化成套控制系统的和网络系统,进一步开发生产过程模拟技术和大规模优化软件以及能源网络监控与调度系统,充分实施生产的综合自动化,就能实现节能降耗安全环保的目标。

3 铸锻热行业节能减排工作的机遇与挑战

当前节能减排工作受到党中央、国务院高度重视和全国人民的广泛关注。党的十六届五中全会把节约资源确定为基本国策,国家“十一五”规划纲要也提出了节能降耗和污染减排两个约束性指标,“十七大”更是提出了又好又快发展的号召,并采取了一系列措施,加强环境保护和节能减排。国务院 2007 年颁布了《中国的能源状况与政策白皮书》、《节能减排综合性工作方案》,对我国节能减排工作进行了全面的战略部署,并确立了“依靠科技,加快技术开发和推广”实现节能减排战略目标,对科技创新促进节能减排提出了明确的要求。

2008 年,国家科技部落实近 70 亿元在支撑计划、863 计划和 973 计划等主体科技计划中安排了上百个项目和专题研究,加大了对节能、新能源、循环经济、清洁生产、污染控制、气候变化等领域技术开发、示范与推广的支持力度,强调科技项目与国家节能减排重大工程建设相结合,为推动节能降耗和环境保护提供全面科技支撑。为更好地贯彻落实国务院《节能减排综合性工作方案》,深入实施我国开展的“国家节能减排科技专项行动”,2007 年 10 月国家科技部正式成立了工业领域节能减排总体专家组,为工业领域节能减排

科技专项行动提供技术咨询,推进工业领域节能减排科技专项工作。

铸造、锻压、热处理行业企业技术创新基础薄弱,缺乏自主创新能力,制造过程能源消耗大、污染严重,严重制约了行业的整体发展。因此,应抓住机遇,通过研发关键技术,采取重点企业主要装备更新、重点项目建设和技术创新等措施转变传统制造业的经济增长方式,实现机械制造传统工艺绿色化。

总之,轻量化、精确化、高效化、清洁化将是铸造、锻压和热处理行业的重要发展方向,铸锻成型制造向更轻、更薄、更精、更强、更韧、成本低、流程短、质量高的方向发展,铸锻加工过程向自动化、柔性化、敏捷化、成线化的方向发展。热加工作为机械工业主要的耗能、废弃物排放大户,在建设资源节约型、环境友好型社会的今天,急需开展基础制造技术研究,建立行业节能减排制造技术标准,开发新工艺及设备,推进机械装备工业节能减排工作。

参考文献

- [1] 徐明,徐佩芬.铸造行业节能技术应用及发展建议[J].现代铸铁,2006,(4):42-46.
- [2] 钱伯章.节能减排——可持续发展之路[M].北京:科学出版社,2008.
- [3] 中华人民共和国国家统计局.中国工业经济统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2007.
- [4] 柳百成,荆涛.铸造工程的模拟仿真与质量控制[M].北京:机械工业出版社,2002.
- [5] Modern casting staff report. A look at the Greenfield foundry of 2020[J]. Modern Casting,1999,(12):31-36.
- [6] 中国第一汽车集团公司.打造“资源节约型”汽车制造企业[A].中国机械工业联合会二届五次会员大会交流材料[C].厦门:中国机械工业联合会,2008.1.
- [7] 单忠德,战丽.机械工业节能减排工艺技术及创新联盟构想[J].制造技术与机床,2008,(4):67-70.
- [8] 柳百成.建模与仿真在装备制造中的作用与前景[J].航空制造技术,2008,(3):26-29.
- [9] Matteo Strano, Suwat Jirathearnan, Shiuan-Guang Shr, et al. Virtual process development in tube hydroforming[J]. Journal of materials processing technology, 2004, 146:130-136.
- [10] Zhen-hua CHen, Ji-hua CHen. A review: Hot topics on magnesium technology in China[J]. Front Mater Sci China,2008,2(1):1-8.
- [11] Serkan Toros, Fahrettin Ozturk, Ilyas Kacar. Review of warm forming of aluminum-magnesium alloys[J]. J Mater Process Tech,2008,207:1-12.
- [12] V Daniel, R Guide Jr. Production planning and control for remanufacturing: industry practice and research needs[J]. Journal of Operations Management, 2000, (18):467-483.
- [13] Blackwell P L, Wisbey A. Laser-aided manufacturing technologies: their application to the near-net shape forming of a high-strength titanium alloy[J]. Journal of Materials Processing Technology,2005,170:268-276.
- [14] 郭景纯,郭思福.铸造旧砂再生利用及污染治理[M].广州:中山大学出版社,2001.

北京英佳华科技有限公司

BEI JING YING JIA HUA KE JI YOU XIAN GONG SI

我公司是南非和印度铬矿的代理经销公司,常年经销南非和印度进口铬矿砂。可用于铸造,耐火材料,引流砂、冶金。该产品质地好、耐火度高。用于铸造、铸件表面光洁度好;用于引流砂,开浇率高。经我国大中型企业使用,效果良好。

我公司经销的铬矿砂通过SGS质量验证,技术指标如下:

$\text{Cr}_2\text{O}_3 > 46\%$	$\text{SiO}_2 < 0.8\%$	
$\text{CaO} < 0.2$	$\text{Cr: Fe} = 1: 5$	
$\text{Cr}_2\text{O}_3 \geq 55\%$	$\text{SiO}_2 \leq 0.5\%$	$\text{CaO} \leq 1\%$
酸耗值: 5		
耐火度: 1850℃		
粒度: 20~70目	40~70目	
50~100目	20~100目	
70~150目	325目	

铬矿砂

直接进口,
价格全国优惠,
备有现货,
欢迎来电洽谈。

地址:北京市海淀区大慧寺19号院9号楼
邮编:100061
电话:010-62117929
传真:010-62175042
联系人:刘晓宁 13671283712