

清 华 大 学

硕士学位论文摘要汇编

1987

第 二 分 册

连续铸造球墨铸铁塑性变形的研究

铸造专业研究生 李超荣 指导教师 吴德海

用 70 年代发展起来的, 具有优异性能的水平连续铸造球铁棒材进行塑性加工, 具有重大的工程价值。为此, 本文研究了连续铸造球铁棒材的高温塑性、锻造和轧制的成型及其性能; 并对利用加工后的余热在不同冷却条件下的组织性能及变形后的石墨形貌进行了研究。

研究得出, 连续铸造球铁的压缩变形率要高于砂型铸造球铁; 可自由锻造成各种形状; 可模锻成球; 可轧制成较完整的球。合金球铁用水玻璃介质处理能淬硬且沿断面硬度均匀, 对于 $\phi 60\text{mm}$ 的球, 硬度 $\text{HRC}45-52$, 冲击韧性可达 $3.1\text{kg}/\text{cm}^2$ 。利用锻球后的余热进行等温处理, 可达 $142\text{kg}/\text{cm}^2$ 、 $\delta=8.7\%$ 、 $\alpha_k=11.8\text{kgm}/\text{cm}^2$ 的优异性能。球铁经锻压后, 石墨变成条状, 铁素体也相应呈条状且数量增多。本文为连续铸造球铁的成型开拓了新的前景。

答辩日期: 1987 年 12 月 5 日

Q780—2 铸态珠光体球铁曲轴铸造技术与力学行为研究

铸造专业研究生 王冬生 指导教师 柳百成

铸态珠光体球铁具有成本低, 生产周期短, 节省能源和设备等优点, 因而在工业上得到较广泛的应用。目前, 国内在生产上应用较多的铸态珠光体球铁的牌号一般为 Q760-2、Q770-2。为了扩展铸态珠光体球铁的应用范围, 满足机械对材质性能的更高要求, 有必要研制更高性能的铸态珠光体球铁。洛阳第一拖拉机厂引进的 100 系列柴油机曲轴要求其球铁材质的牌号达到 Q780-2, 这提供了一个研究并应用高强度铸态球铁的机会。本文以 Q780-2 铸态球铁曲轴材质的研制为中心, 研究了获得铸态球铁 Q780-2 所需的工艺及成份, 并研究了二者对其组织、性能的影响; 实验还测试了 Q780-2 球铁材质的断裂韧性 K_{IC} 并对其抵抗断裂的能力进行了评价。磷、锰是球铁中易于偏析, 恶化其机械性能的元素, 这种影响在铸态时更为明显。以前对磷、锰偏析的研究侧重于其组成与形成机制, 本文应用电镜动态微观分析手段, 直观、明了地揭示了磷共晶复合物对球铁断裂影响的微观机制。铜、锡作为强珠光体化元素, 在铸态球铁的生产中得以广泛应用, 但在其促进球铁珠光体化机理方面还有待进一步深入研究, 本文对此进行了一些机理性探讨。

研究得出以下主要结论:

采用冲入法球化处理和随流孕育工艺, 在 $C=3.6-3.8\%$, $Si=1.8-2.2\%$, $P\leq 0.04\%$, $Mn\leq 0.3\%$, $S\leq 0.02\%$, $Mg=0.04-0.065\%$, $Re=0.03-0.04\%$, $Cu=0.8-1.0\%$, $Sn=0.04\%$ 的成份范围内可以得到 Q780-2 铸态球铁, 其机械性能为: $\sigma_b 85-95 \text{ kg/mm}^2$, $\sigma_s 49-51 \text{ kg/mm}^2$, $\delta 5.3-5.6\%$, $\alpha_K 3.7-4.1 \text{ kgm/cm}^2$, HB: 287-305。

QT80-2 铸态珠光体球铁 K_{Ic} 。测试与分析表明, 这种球铁是一种具有较高抵抗断裂能力的材质; QT80-2 铸态球铁的 K_{Ic} 121-135 $\text{kg/mm}^{-3/2}$ 。

电镜动态显微观察揭示了含有磷共晶复合物球铁的微观断裂机制: 在石墨球周围因塑性变形形成裂纹之前, 磷共晶复合物已经开裂; 复合物形成的裂纹经石墨球或直接与主裂纹连接, 使得球铁快速断裂; 在这个过程中, 磷共晶复合物既是裂纹源又起着裂纹在基体中扩展的桥梁与导向作用。

俄歇电子探针测试表明锡、铜在石墨球与基体界面处基体一侧有富集; 初步认为这个锡、铜富集层通过破坏铁素体生核基底与阻碍碳原子向石墨球的扩散, 阻碍球铁中牛眼状铁素体的形成, 从而促进球铁中奥氏体向珠光体转化。热分析测试表明: 锡还使球铁共析转变温度升高。

答辩日期: 1988 年 5 月 30 日

提高低合金高强度硅锰铸钢韧性的研究

铸造专业研究生 孙新军 指导教师 吴德海

自六十年代超高强度钢问世以来, 如何提高这类钢的韧性而不降低其强度一直是材料工作者重点研究的课题之一。本文作者选择价格低廉的低合金高强度中碳马氏体硅锰铸钢作为研究对象, 在分析了各种提高低合金高强度钢韧性方法的基础上, 重点研究了采用稀土复合变质处理以及高温奥氏体化淬火综合措施, 试图通过使组织净化 and 细化来提高该钢种的韧性。目标是在不降低强度的条件下, 力争使其冲击功 $24 \text{ J} (AK \geq 31 \text{ kg/cm}^2)$ 大于。

作者系统地研究了稀土硼、稀土钛、稀土硼钛三种复合变质剂加入量以及奥氏体化淬火温度对硅锰钢各种性能的影响, 确定了各种复合变质剂的最佳配比和最佳奥氏体化淬火温度。研究结果表明, 稀土硼、稀土钛和稀土硼钛复合变质处理以及高温奥氏体化淬火均能大幅度并稳定提高硅锰铸钢的强韧性, 其中以稀土硼处理效果最为显著。在实验室条件下, 经最佳处理后, 其冲击韧性和断裂韧性分别提高 1.3 倍和 20%, 达 55.3 J 和 117.5 Mpa-M ; 抗拉强度和屈服强度均提高 100 Mpa 以上, 达 1700 和 1400 Mpa; 延伸率提高 50%, 达 5.4%; 疲劳强度提高 14%, 达 288 Mpa; 而硬度为 HRc 48-52, 与原硅锰钢相当。同时可显著提高硅锰钢的低温冲击韧性, 在 -60°C 时, 冲击功仍可保持在 24 J 以上, 并显著提高硅锰钢的淬透性, 半马氏体距离由原来的 45 mm 增加到 60 mm 以上。

通过对组织观察和对夹杂物数量、尺寸以及表面化学成分, 韧窝密度, 马氏体尺寸, 奥氏体晶粒度和残余奥氏体数量的定量测量, 作者认为稀土复合变质剂可净化钢

液, 显著减少夹杂物数量, 消除气孔等铸造缺陷; 它富集于夹杂物表面, 阻止夹杂物长大, 细化了夹杂物并控制其形态和分布; 它富集于晶界, 消除铸态针状铁素体, 减弱或抑制网状铁素体; 同时它能细化钢的组织, 消除柱状晶及其缩松。在此基础上, 在高温奥氏体化淬火时, 可获得均匀、细小、具有位错亚结构的板条马氏体, 并促进回火碳化物在板条马氏体晶内弥散析出, 同时在板条马氏体之间获得微量残余奥氏体薄膜, 由此, 导致低合金高强度硅锰铸钢强韧性的显著提高。

此外, 本文还对所研究的新工艺进行了生产验证, 共浇注履带板 4 万余片, 衬板 3 付, 齿板 5 付, 其中有 3 付齿板进行了实际装机试验。试生产和实际装机试验结果表明, 改良后的硅锰铸钢 (经最佳处理后, 机械性能达(AK28J、 δ_b 1721Mpa、 δ_5 6.85%、HRC50)可代替高锰钢制造拖拉机履带板, 颚式破碎机齿板和球磨机衬板, 其使用寿命与高锰钢相当或稍有提高, 而成本大为降低 (每吨铸件可降低成本 300 余元) 因而具有很大的技术经济价值。

答辩日期: 1988 年 6 月 3 日

呋喃树脂自硬砂工艺及其原砂处理方法研究

铸造专业研究生 张华堂 指导教师 于震宗 余笃武

呋喃树脂自硬砂工艺是化学硬化砂工艺的最新发展, 在国外已得到广泛应用。在国内, 经过近二十年的实验研究和试生产, 也已开始应用于生产, 具有广阔的发展前景。但是, 自硬砂工艺在应用中还存在不少问题, 主要有: 由于生产中没有有效的控制和检测自硬砂硬化反应的手段和仪器, 因而由原材料、生产条件等因素变化而造成的生产不稳定得不到及时调整、改善; 由于原砂质量差, 因而使树脂加入量很高, 所以自硬砂的成本一直降不下来。本课题正是在解决这两个问题上作了尝试。

为了测定硬化反应特性, 研制了一树脂砂硬化特性测定仪。采用该仪器, 可方便、准确地测定出自硬砂的硬化特性曲线, 从而可确定出其可使用时间、起模时间等参数。生产试验表明, 使用该仪器可以方便地检测出由于原材料、环境条件等因素变化而引起的硬化特性的变化, 从而有利于及时调整配方、工艺等, 以保证生产稳定, 具有直观、准确的优点。本文对影响呋喃树脂自硬砂硬化和强度的因素进行了研究, 对原砂、树脂和固化剂等原材料进行了选择, 给出了合适的材料、最佳配方等。生产试验表明: 采用选择的配方等生产砂型或砂芯可得到表面光洁、缺陷少的铸件, 并可大大降低生产成本。

本文研究了原砂的处理方法, 并选择了擦磨处理法。擦磨砂含泥量稳定在 0.06% 左右, 其角形比原砂更圆, 需酸量降低。采用擦磨砂生产自硬砂可显著降低树脂加入量, 从而大大降低成本。擦磨砂生产率高、简单易行, 具有广泛推广使用的价值。

实验中采用了图象分析仪对原砂的角形参数、尺寸参数进行了测定, 具有准确、方便等优点, 是一种有效的检测手段。采用扫描电镜对砂粒表面状况、自硬砂试样断口以及粘接桥断裂形式进行了检测, 从而使实验结果更准确、更可靠。另外, 采用拟合法和规定比值法对平均细度乘数进行了修正, 其中规定比值法得到的乘数与砂粒理论比表面积成严格的比例关系, 可作为计算平均细度的标准乘数。

答辩日期: 1988 年 6 月 7 日

离心铸造大型铸态球铁管用新型涂料的研究

铸造专业研究生 刘志明 指导教师 于震宗 姜不居

用国产绝热涂料代替进口涂料应用于热模法生产大型铸态高韧性离心球铁管是国内急待解决的问题。本文通过大量试验,首先对铸态球铁管涂料用耐火粉料硅藻土及粘结剂和悬浮剂用膨润土进行研究,根据我国目前硅藻土的开采使用状况,对几种质量较好的硅藻土原粉进行分析比较,选择了性能优良的长白一级硅藻土作为涂料用绝热耐火粉料,其二氧化硅含量高达90%以上,内部呈典型的硅藻多孔结构,耐火度高,绝热保温作用好。为消除硅藻土原粉中含有的约3-8%结合水,防止涂料发气过大,导致铸管出现气孔等缺陷,经试验确定硅藻土的煅烧工艺为:焙烧温度800-850℃,煅烧后硅藻土熟料的灼减量小于0.6%。由于硅藻土原粉的颗粒较粗大,为保证涂料具有良好的喷涂性能,还对硅藻土的超细粉碎方法进行研究,试验结果表明,经气流粉碎的硅藻土平均粒径在8μm左右,并且能保持其硅藻多孔结构。

通过试验决定采用性能优良的刘房子钠质膨润土作为涂料的粘结剂和悬浮剂。

在大量实验的基础上确定了铸态球铁管用绝热涂料的配方为硅藻土17.6%,膨润土浆为11.8%、水70.6%。在邢台钢铁厂铸管生产实践中证明,自制涂料的绝热性能良好,发气量低、高温强度较高,清理性好,工艺性能稳定。用这种涂料生产的φ500mm×6mm的铸态球铁管,铁素体含量可达80%,抗拉强度大于48Kg/mm²,延伸率3-6%,水压试验大于35Kg/Cm²,铸管合格率达80-90%。由此可见,自制涂料是性能优良的铸态离心球铁管用涂料。

用自制涂料代替西德进口涂料,经济效益显著,每年可节约人民币20万元以上,并可节约大量外汇。

本文还初步探讨小型离心铸管凝固过程的数值模拟方法及实际测温技术。采用直接差分方法对小型铸管的凝固过程模拟结果和实测铸管的冷却曲线大体吻合。自行设计的碳制、滑环装置对旋转物体温度场的测试是可行的。实测和计算结果表明,在试验条件下铸管表现为双向凝固,故铸管易在内部产生缩孔、缩松等缺陷。同时发现,涂料的绝热作用对铸管的凝固方式有重要影响,减薄涂料有利于铸管自外而内的顺序凝固,可有效防止针孔、缩松,龟裂相贯通,对提高铸管合格率有利。其它导热能力较强的涂料,如锆英粉涂料等,虽然能明显加强铸管自外而内的顺序凝固,获得较致密的铸态组织,但无法保证铸态铁素体基体的形成。

尽管本课题对涂料有关研究工作是针对邢台钢铁厂铸管生产而言的,但研制这类涂料还决定着热模法铸态球铁管这种工艺能否在我国推广使用,对我国今后球铁管的发展也有重要的现实意义。

答辩日期:1988年6月7日

D型石墨铸铁的研究

铸造专业研究生 杨晓峰 指导教师 黄惠松

金型 D 型石墨铸铁具有比一般灰铁良好的机械性能、致密性和易切削性；与砂型灰铁相比，省能源、省力、环境清洁。因此在日本、欧美等国得到广泛的研究，目前世界金型铸铁年产量已达到 120 万吨，主要用于液压、气压等另件。

但是，金型快冷带来的白口倾向和 D 型石墨对过冷度的依赖，使消除白口和防止 D 型石墨粗化形成一个矛盾。另外有关金型 D 型石墨铸铁高强机制及进一步提高性能的方法也有很大争议。

因此，针对白口问题，本实验在前人工作基础上，从控制铸件冷却速度，增强孕育效果并使用 TiFe 合金来防止石墨粗化三个方面同时入手，首先解决稳定获得无白口细小 D 型石墨铸铁件问题，在此基础上，针对 D 型石墨铸铁中的两大特征—D 型石墨和奥氏体枝晶，用扫描电镜研究其在动态断裂过程中对裂纹的影响，希望能从材料断裂的角度理解其高强度的机制。最后，针对热处理能提高强度问题，系统讨论了热处理的作用规律及作用机制。

实验是在本校实验室进行的，用感应炉熔化首钢生铁，浇注 $\phi 20$ mm 金型试棒，模拟一般金型铸铁成份，所得结果如下：

在 $CE = 4.0 - 4.1$ ， $Si/C = 0.7 - 0.9$ 的铁水条件下，通过硅钼孕育剂、TiFe 合金和硅藻土涂料的联合作用，消除了 $\phi 20$ 金型试棒上白口和 A 型石墨，得到细小的 D 型石墨。这种铸铁的共晶团细小 ($4000 - 5000$ 个/ cm^2)，铸态下为铁素体基体，强度 $\sigma_b = 25 - 31 kg/mm^2$ 。经热处理后，石墨产生园钝化（粒状化），使 σ_b 提高 20—50%。热处理效果与保温度和加 Ti 量有直接关系，与保温时间及冷却方式（空冷、炉冷）关系不大。

对铸铁动态断裂过程的观察发现 D 型石墨比 A 型的细小、分枝频繁、断裂时，裂纹也相应发生频繁的分叉，有效地减缓了裂纹尖端的应力集中，致使裂纹扩展困难。从这一角度看，D 型石墨铸铁比 A 型的具有较高的强度。当奥氏体枝晶垂直于裂纹时，表现出强烈的阻碍裂纹扩展作用，但在本实验所得的 D 型石墨试棒中，奥氏体二次枝晶不发达，一次枝晶呈方向性排列，垂直于试棒，裂纹沿枝晶间的石墨区域扩展。此时，奥氏体枝晶对裂纹扩展没有显著的阻碍作用。

答辩日期：1988 年 6 月 8 日

铜液氧电势测氧法和脱氧过程的研究

铸造专业研究生 兰民国 指导教师 黄惠松 张九民

氧对铜中产生气孔、脆性、夹渣等缺陷影响很大。在铜的生产和铸造中,解决氧的测定问题,不仅可以有效地控制脱氧时间,防止脱氧不足或过度脱氧,提高铜及铜铸件的质量,而且可以缩短冶炼和熔炼的时间,提高生产率节省能源。随着铜的复合脱氧的发展,研究各种脱氧剂的脱氧速度和效果,会有利于制定更合理的生产工艺。

目前国内外生产上使用的测氧方法有,发气试样法、观察断口法、碳棒和收缩棒结合法、浓差电池氧活度法。前三种测氧方法的准确性不理想。在国外,浓差电池在铜液中测氧的应用研究,始于六十年代,七十年代已成功地应用于生产中了。我国从七十年代中期,开始了这方面的研究。现在已有两家工厂在使用浓差电池这一测氧技术。虽然浓差电池氧活度测氧法快速、简便、精确,但它测得的结果具有不可比性。用此法测得的结果指导制定控氧工艺,有时会出现混乱。为了生产高质量的铜,需要一种更好的测氧方法。

目前关于脱氧剂脱氧速度和效果的研究很少。据资料介绍,只有日本学者福迫达一等人研究了几种脱氧剂的脱氧速度及效果。一般关于脱氧剂脱氧效果的定性研究较多,而定量研究很少。现在铜液的脱氧剂加入量和脱氧时间,只凭生产经验估计。这种情况,不能满足生产高质量铜铸件的需要。

本文首先在理论和实验上证明了氧电势在铜水过热温度范围内($1100^{\circ}\text{C} - 1300^{\circ}\text{C}$),近似与温度无关,而仅取决于铜水的化学成份等因素。提出了氧电势测氧法,并证明了此方法的可行性。探讨了影响氧测头和测试质量的各种因素。运用氧电势法测定了磷铜、铝、锌、钛、混合稀土五种脱氧剂的脱氧速度及效果,以及残余脱氧剂对铜的导电率的影响。

浓差电池氧电势测氧法,比氧活度法更简便、经济、可比性强。磷铜、铝、锌、钛、混合稀土的脱氧完成时间大约分别为,2分、4.7-5分、3-3.3分、5-13.3分、5.5-5.6分。铝和钛的脱氧产物在铸件中有残留。这五种脱氧剂中,磷铜的脱氧效果最好,残余磷对铜的电导率影响最大。

答辩日期:1988年6月8日

气冲紧实工艺特性的试验研究

铸造专业研究生 杨军生 指导教师 吴浚郊

气冲造型是近年来逐渐发展起来的一种新的砂型紧实法。研究其工艺特性,对于实际生产中,模样的设计和在模板上的布置以及改善气冲的紧实效果和均匀性具有重要的意义。

本文在接近实际生产条件的气冲造型试验机上,用不可拆砂箱和自制的可拆式砂箱(砂箱尺寸 600×450),利用砂型强度作为紧实度的衡量指标,从型腔轮廓和砂型侧剖面两个方面,对气冲紧实的工艺特性进行了探讨和研究。

模样的几何形状和尺寸,包括模样的高、长、顶面宽、拔模斜度、结构圆角以及由不同壁厚模样形成的吊砂的尺寸等,影响气冲紧实的工艺特性。通过试验和研究发现,气冲造型可紧实较高、较长和较宽的模样(实际造型和浇注的结果验证了此结论),模样的拔模斜度可以减小,紧实薄壁吊砂(模样壁厚 $\leq 6 \text{ mm}$)比厚壁吊砂(模样壁厚 $\geq 20 \text{ mm}$)更容易。

实际生产中,当模样的几何形状和尺寸确定后,模样在砂箱中的布置,即其吃砂量,对气冲紧实的工艺特性具有显著的影响。

引入“砂型强度相对变化率”的概念,分析了模样的几何形状和尺寸(主要是长、宽和高)以及吃砂量等对砂型强度的影响。结果表明,吃砂量是影响砂型强度的最重要因素。

当模样的吃砂量较小或厚壁吊砂的深凹比较大时,在砂胎或吊砂的入口(或根部)出现了“相对低紧实区”,该处砂型强度很低,这是气冲造型的一个弱点,它极大地影响着紧实的效果和均匀性。为探讨其形成机理,采用铺设膨润土薄层或不同颜色型砂的方法研究了型砂的流动。试验表明,“相对低紧实区”的形成可能是“楔形”砂流和型砂在模样顶面突然滞止而产生的横向流动和冲击推挤力综合作用的结果。据此发明了阻挡元件,它可阻止上述的横向干扰作用,从而消除“相对低紧实区”,减小模样的吃砂量,扩大吊砂的深凹比范围。

为了对气冲紧实的效果和均匀性进行定量评价,提出了“气冲紧实效果判据” γ_u 和用以评价紧实均匀性的指标“综合相对砂型强度” γ_o 。利用 γ_u 对气冲紧实效果进行了划分: $\gamma_o 25\%$ 为“相对低紧实”, $25\% < \gamma_u < 50\%$ 为“过渡紧实”, $\gamma_u 50\%$ 为“相对高紧实”。据此,可对模样的吃砂量和吊砂的深凹比提出具体要求,以指导实际生产。

文中还就排气塞对气冲紧实工艺特性的影响进行了试验和研究。

答辩日期:1988年6月9日

空气冲击造型机紧实机构的研究

铸造专业研究生 吴勤方 指导教师 任邦弼

空气冲击造型是利用快速释放压缩空气产生的冲击波作用在松散型砂上面使其一次性紧实的造型新工艺。为了把这种工艺很好地用于实际生产,本研究采用先进的动态测试系统在接近实际生产的条件下对空气冲击造型机紧实机构进行系统深入的研究。本研究以紧实效果(即冲击紧实后砂型的性能)为衡量紧实机构的主要性能指标,以冲击紧实时动态曲线为重要分析手段,通过改变紧实机构各参数进行了大量试验研究。试验结果表明,冲击紧实时型砂上方的气压 p_1 快速上升,当 p_1 达到所谓的冲击气压 Δp 时型砂开始向下运动,最后撞击模板被制动而紧实。型砂条件一定时,冲击气压 Δp

或升压速率 $\frac{\Delta p}{\Delta t}$ 与紧实效果有一定的对应关系。而 $\Delta p = \frac{16.24\sqrt{T_0} p_0}{V_1} \int_0^{\Delta t} S dt + p_{10}$, ($\Delta p/p_0 < b$ 时), 可见 Δp 由紧实机构中重要部件冲击阀和储气包的参数决定。通过对各种冲击阀的研究分析提出了决定冲击阀工作性能的三个结构要素: 冲击阀开启时阻流面积增长速率 dS/dt 、开启后阻流面积 S_0 的大小及分布、余隙容积 V_1 。冲击阀的设计原则是取 V_1 尽可能小、选择 dS/dt 和 S_0 的最佳配合以达到一定的冲击气压 Δp 。而 $\frac{dS}{dt} = k(v_0 + \int_0^t \frac{\sum F}{m} dt)$, 由此可以进一步分析并确定影响冲击阀工作性能的结构参数 k 、 v_0 、 $\sum F$ 、 m 等。除了 S_0 的大小对 Δp 有影响外, S_0 在砂箱面积上的分布影响 Δp 的分析, 对紧实效果也有较大影响。 S_0 的分布原则是在型砂难以紧实的上方适当加大 S_0 , 以增大该处的冲击力, 最终得到紧实均匀的砂型。储气包参数 (p_0 、 V_0 、 T_0) 决定了冲击紧实能源的大小。 $\Delta p \times \sqrt{T_0} p_0$, 故生产中可改变 p_0 来灵活地调节砂型的紧实程度。对 V_0 的大小有一定的要求, 保证 V_0/V_1 的大小合适。此外, 填砂高度对冲击紧实效果也有一定影响, 发现空气冲击造型特别适合紧实砂箱较高的砂型。冲击紧实时顶紧机构将模板砂箱一起顶紧, 当顶紧力足够大时才能保证不喷砂, 从而得到良好的紧实效果。

总之, 通过本研究的大量工作初步建立了空气冲击造型机的紧实效果 $\longleftrightarrow$ 冲击动态曲线 $\longleftrightarrow$ 紧实机构参数之间的关系, 为空气冲击造型机紧实机构的开发设计、性能改进提供了一定的理论和实验依据。

答辩日期: 1988 年 6 月 9 日

垂直分型大量流水生产铸态铁素体球铁试验研究

铸造专业研究生 傅 江 指导教师 柳百成, 白天申

近十年来, 球墨铸铁生产发展的一个重要标志之一是采用型内孕育工艺生产铸态铁素体球铁。这种工艺方法的使用, 不但改善了生产环境, 方便省事, 而且经济效益很明显。我国从 1984 年正式采用这种方法生产汽车底盘球铁件, 但仅用在水平造型线上, 用的是石蜡型孕育块。石蜡型孕育块在生产条件不符合规范要求时, 容易在铸件上表面产生“亮点”缺陷。

本文描述了在垂直分型 DISA 造型线上采用型内孕育生产高质量铸态铁素体球铁的方法。通过使用自行研制的新型 TH-1 型内孕育块, 配以相应的反应室和横浅道, 可获得满意的效果。

为了试验检验孕育过程及其效果, 设计制做了二个专门试验模型——VM-1 模型和 HM-2 模型。在垂直分型 VM-1 模型中, 每个试棒都依照严格次序顺序充型; 在水平分型 HM-2 模型中, 横浇道位置比反应室底部低, 以便定量描述孕育块对铁水的孕育量。

大量筛选性试验结果表明, TH-1 孕育块具有室温强度高, 表面光洁、坚强, 发

气量适中,浇注对孕育块熔化速度影响小,孕育效果和抗衰退性明显等优点,是目前球铁生产中最为适合和高效的型内孕育块。

进一步试验研究表明,TH-1 孕育块的熔化是较为理想的逐层熔化。孕育块熔化表面积、质量、形状和模数等都对孕育块的孕育效果有不同程度的影响。工艺参数,如浇注温度和铸件壁厚等对孕育块的孕育效果也有重要影响。

对反应室具有残留孕育块部位检测与分析得出:TH-1 孕育块的孕育机理之一是由于 Si 和 AL 的成分起伏,促进石墨形核、生长。

在中试车间生产现场浇注的减速器和转向螺杆箱均达到了预期的目的。铁素体量大于 75%,机械性能超过 QT 42-10 牌号。

此外,采用数理统计工艺控制法(SPC),结合电子计算机,研制开发出一套 THSPC 软件系统,用于对大量流水生产铸态球铁件的工艺过程控制和废品分析。通过对某球铁厂在采用石蜡型孕育块生产铸态铁素体球铁时出现的“亮点”和平均铁素体量偏低问题的分析,证明 THSPC 软件系统功能较强,实用可靠,是一个很有发展前途的 SBC 软件系统。

答辩日期:1988 年 6 月 9 日

球铁凝固收缩特性的试验研究 及浇冒口系统设计软件(FTCAD)综合开发

铸造专业研究生 杜克波 指导教师 白天申

国内外许多铸造工作者已对球铁凝固收缩过程作了大量研究,并编制了一些工艺设计程序。本文旨在研究浇注温度、铸型硬度、化学成分、孕育处理、碳当量、冒口颈模数等对产生球铁收缩缺陷的影响,并在原有工作的基础上全面开发了一套球铁浇冒口系统设计软件——FTCAD 软件。

作者以工厂实际生产条件为背景,设计了以六个不同模数的冒口颈连接六个模数为 1 Cm 的冒口对六个模数为 1 Cm 的立方块铸件进行补缩的试验方案,对各种不同的工艺因素如化学成分、铸型硬度、浇注温度、冒口颈模数等对球铸缩孔缩松的影响进行了综合研究,得出了一些有益的结果,并采用回归分析方法通过计算机处理导出了各工艺因素与收缩缺陷之间的定量关系式,为球铁工艺设计提供了新的依据。

本文还根据 DISA 线的生产要求,对两个汽车底盘件减速器壳和转向螺杆箱进行了工艺设计,并采用了平造立浇的模拟方法进行了现场浇注,尽管因手工造型铸型硬度较低,但通过调整工艺参数获得了一些成功的实例,找到了合理的工艺因素范围,为将来上线生产提供了试验依据。

此外,作者通过建立与 AutoCAD 接口技术,实现了浇冒口系统和模板图绘制功能,并且编制了 DISA 工艺设计程序,从而进一步完善和全面开发了球铁浇冒口系统设计软件(FTCAD)。该软件包括以下主程序,并可实现各主程序下的各种功能:

1. 模数重量计算程序

该程序能计算铸件各部分的模数、凝固时间及铸件重量，并可画出模数与累积体积份额图。

2. 无冒口工艺设计程序

利用该程序可设计无冒口工艺的浇注系统安全小冒口，计算冷铁、出气孔等工艺参数。

3. 水平分型浇冒口系统设计程序

该程序可进行水平分型的浇注系统设计、压力冒口和控制压力冒口设计，并可计算浇注重量和工艺出品率，绘制浇冒口系统图形。

4. DISA 垂直分型工艺设计程序

(1) 垂直分型浇冒口系统设计：包含压力冒口、控制压力冒口和浇注系统补缩的三种补缩方法。

(2) 浇冒口系统和模板图绘制

(3) 浇注重量和工艺出品率计算。

本文还讨论了 FTCAD 的接口原理和 DISA 程序的编制原理；最后通过对在几家工厂的应用举例，论证了该软件能提高铸件工艺出品率，改善铸件内部质量，减少切割费用，节省材料和能源。

答辩日期：1988 年 6 月 9 日

轴对称变形类模锻件锻模CAD应用系统研究

压力加工专业研究生 张锦星 指导教师 叶庆荣

本课题是在研究国内外关于锻模 CAD 文献、考察国内有代表性工厂基础上选定，目的是探索轴对称变形类锻件锻模 CAD 系统的研究途径，并开发出实用系统。本课题选定复杂齿轮类锻件作为研究对象，确定开发以 IBM-PC/XT 为主机，以 ACAD 图包、QEH 接口、新型汉字库为支撑软件的 CAD 系统。系统源程序 4000 语句行，由主程序和 41 个目标块的库组成。作者提出的“单元尺寸法”运用了成组技术的原理，使零件图形输入大大简化，具有独创性。本系统的特色是：开发基点高，图形输入简便，支持常见微机 CAD 工作站，交互功能强，便于维护，具有实用性。在国内外文献中还未见到同类 CAD 系统。作者认为：应用成组技术的原理是使模具 CAD 走向实用化的有效途径。

答辩日期：1987 年 12 月 12 日

密栅云纹图象光电扫描全场处理系统研究

压力加工专业研究生 路 伟 指导教师 曹起骥

密栅云纹法是一种新型的物理模拟方法。由于其灵敏度高,量测范围广,能用于实物材料和高温条件,方法简便等优点,已广泛应用于工程实际和弹塑性变形测量。由云纹图象求全场应变和应力等物理参量要求很高的精度,通用的数字图象处理系统(256×256 , 512×512 像素),不能满足其精度要求,必须研制一套适合云纹图象处理要求的,高精度、高效率的图象处理系统。

我们所研制的“云纹图象光电扫描场处理系统”,其硬件系统主要有:测微光度计,数据采集器,滤波电路,步进马达,微机。测微光度计具有灵敏的光学系统,扫描光点可达到 $0.1 \times 0.1 \text{ mm}^2$ 。数据采集采用十二位 A/D 转换装置,行分辨率可达 4096 像素,是通用图象处理系统的 8 倍,满足云纹法高精度要求。软件系统在原有行扫描的理程序基础上,编制了云纹图象复原,应变、应力计算等程序,构成了一个完整的“云纹图象光电扫描场处理系统”。

云纹图象复原部分的主要目的,一是消除云纹“抖动”和实验随机误差,二是形成全场图象的概念,以便全场数据的校核和输出,其关键是抽骨架的高精度要求。数学处理的计算精度应与实验、行处理的精度相当,达到 0.005 mm 。这样高的精度采用整体拟合或样条插值均难以达到。本系统采用分段拟合后样条插值的方法,对整体拟合精度达不到要求时,分三段分别拟合后,各输出五点数据,再用样条插值方法连接,得到云纹条纹骨架曲线,程序还具备了屏幕显示, x , y 方向数据输出,绘图,数据存盘等功能。

应变、应力计算部分,根据目前云纹法的应用情况,编制了平面塑性压缩、拔长、镦粗、棒材正挤压四类变形情况的计算程序。

软件系统包括:行扫描处理,图象复原,应变、应力计算,辅助四部分,用户可根据菜单提示选择所需功能,也可直接调用某一程序。

作者使用本系统对平面塑性压缩试件进行处理,结果表明:本系统精度、速度、实用性都很高。

“云纹图象光电扫描场处理系统”具备高精度、高效率的优点,行分辨率可达 4096 像素,变形位移精度 0.005 mm ,使要求精度很高的云纹图象数据处理过程自动化、高速化,本系统成本低、国产化、经济实用,在高精度的光测力学方面有较高的使用价值并便于推广。

答辩日期:1988 年 6 月 2 日

注塑模中融体流动的试验研究

压力加工专业研究生 陈朝刚 指导教师 叶庆荣

当前,塑料制品应用日益广泛,塑料成形模具的需求量急剧增加。但是,对一些形状复杂的塑料制品,其成形工艺和模具的设计方法尚不完善。因此,对塑料成形工艺及其模具进行研究具有实际意义。

在塑料制品生产中,由于注塑成形工艺的效益高,适应范围广,产品多样化,因此,注塑工艺应用最为广泛,注塑制品所占比例也最大,约占整个塑料制品的 30%。

注塑模的特点是模具型腔结构复杂,表面质量要求高。在我国,注塑模的设计制造还是一个非常薄弱的环节,既缺乏理论上的深入探讨,也缺乏实际的生产经验,几乎全靠手工和传统经验方法进行设计制造。从而存在着效率低、周期长、成本高、质量差和模具使用寿命低等问题,难以适应实际生产迅速发展的需要,因而急需对注塑成形工艺及其模具进行深入的研究。

注塑成形中,高温塑料融体在模腔内的流动行为对整个充模过程以及产品质量和模具寿命有重要的影响。因此,本课题的目的是研究注塑模内高温塑料融体流动的压力场和速度场,以便为注塑模具设计及注塑工艺参数的选用提供理论依据。

本文针对我国注塑生产中存在的实际问题,对注塑成形充模阶段融体在模腔中流动的压力场和速度场进行了较为深入的研究。运用流体力学的基本理论和流变学的原理,分析了融体在圆形流道和矩形流道中的流动情况,讨论了高温塑料融体的性能和在模具型腔中的流变行为,并用 FORTRAN 语言编制了数值计算程序在 IBM-PC/XT 计算机上对平面二维流场进行了数值模拟计算。同时,设计了一套加热控温装置和一副试验模具,在实验室 315T 油压机上进行了测压试验,并分别采用 YD-15 型动态电阻应变仪——SC 16 型光线示波器数据采集系统和 TP-801 单板机数据采集系统测量了注塑周期中模腔内压力动态变化和压力分布情况以及整个充模流动时间。证明数值模拟计算结果与实验测试结果相吻合。

本课题的主要成果是:(1)建立了平面二维流动分析的程序。该程序可用来计算注塑模型腔内融体流动的压力场、速度场和充模流动时间,可预测不同时刻的融体流前位置和形状以及最终的融合线位置。这对于注塑模的结构强度设计以及选择最佳的浇注系统,有一定的指导作用。(2)采用自己设计的高温融体压力传感器和试验模具,利用常规油压机作为加压设备,分别采用光线示波器数据采集系统和单板机数据采集系统,完成了注塑模型腔内的压力场和充模流动时间的测试实验。其实验方法具有独创性。

答辩日期:1988 年 6 月 11 日

微型机液压缸辅助设计系统的研究与开发

压力加工专业研究生 张建平 指导教师 郭和德

液压缸是液压机中的重要零件,其设计质量直接影响到强度、寿命及产品成本。为提高液压缸的设计水平,作者开发了一个具有多种分析计算功能的液压缸 CAD 系统。本文详细介绍了该系统的算法、原理及使用方法。

该系统包括以下功能模块:

(1) 常规方法设计。采用交互方式,按照常规设计公式进行缸体结构设计;生成零件图图形信息;用环壳联解法进行缸体强度校核。

(2) 缸体多目标结构优化。同时以缸体体积(重量)、缸底过渡区最大当量应力和法兰过渡区最大当量应力为目标函数,用线性加权结合法组合成统一的目标函数,再用复合形法进行求优计算。

(3) 有限元数据预处理。用等参变换法,自动生成有限元网格节点坐标、单元连接信息及载荷条件和位移边界条件。

(4) 有限元分析。采用分块式的网络程序结构,利用外存磁盘存储中间结果,进行二维 8 节点等参元有限元分析。

(5) 网格图生成。对有限元数据前处理结果或有限元分析最终结果进行处理,生成有限元网格图或网格变形图。

(6) 等值线生成。利用三角网络法,对有限元分析得到的应力结果进行处理,生成等应力线图。程序中使用了张力样条法进行曲线的插值计算。

该系统采用文件系统,进行数据的存储与管理。系统以 AVTOCAD 二维图形系统作为图形支撑软件,实现设计分析中各种图形的生成及绘制,并利用 AVTOCAD 命令文件和图形传输文件实现 AVTOCAD 与高级语言之间的通讯。系统中的有限元分析及前后处理程序,等值线生成程序具有良好的通用性。全部程序用 FORTRAN 语言编写,共约 5000 条语句。系统可在 IBM-PB/XT、AT 及各类兼容机上运行。

作者用该系统对湖州机床厂的两个产品进行了分析计算及结构改进。工厂对结果表示满意,已准备将结果用于生产中。

为考查缸底过渡区高压液入口对结构强度的影响,作者进行了电测实验。实验结果表明:对高压液入口直径较小的缸体,进液口对缸体强度的影响区域有限,因而将缸体用轴对称有限元模型来近似是可行的。

答辩日期:1988 年 6 月 11 日

大型锻件镦粗与拔长复合变形的云纹法模拟实验

压力加工专业研究生 邱 柯 指导教师 谢 冰

本课题是国家“七·五”计划期间重点科研项目的子项,以宝钢 2030、2050 带钢热、冷连轧机用轧辊生产的国产化研究为目标,从孔调闭合和应变应力的角度,对轧辊和轴类大型锻件的现行生产工艺进行了分析和研究,提出了对目前工艺的看法和改进意见。同时,课题中还着重对大型锻件镦粗与拔长复合变形过程中的变形规律进行了研究。

在对镦粗变形过程的模拟研究中,首次采用了 $\phi 1.5 \times 6$ 的柱形孔做为模拟缺陷,应用气压临界闭合测试装置得到了不同方法孔的临界闭合压下率。通过云纹图象的变化,发现了上球下锥砧镦粗压下率在 40% 以内时,刚性区绝对高度不变的规律。通过对柱状孔闭合规律的分析研究,发现了孔的转动规律以及沿轴向、径向的闭合规律和刚性区影响效应,同时还发现,各方位孔存在着不同的闭合方式。对轴向柱孔和传统理论研究中的轴向通孔的闭合进行了比较,发现二者在闭合方式上存在着较大差异,从而提出了重新评价镦粗效果的看法。

课题中新开发了将栅线制于试件上的实验手段,用直接对栅线进行扫描的方法,成功地实现了对大变形量和复杂应变条件下的全场应变计算。通过对镦粗后全场应变应力的分布和孔隙闭合情况的分析,得到了柱孔闭合的条件,并提出 $\phi 1.5 \times 6$ 径向柱孔的定量闭合判据公式为: $\varepsilon_x \leq -0.48$ 。

在对镦粗进行系统分析的同时,还运用新开发的实验方法首次进行了镦粗与拔长复合变形过程的模拟研究。通过对柱状孔闭合规律的分析,发现现行工艺中所采用的“尽最大可能进行镦粗”的原则存在不合理之处,镦粗的压下率存在着最佳值,不适当的压下率会对拔长产生不利的影响。

采用新的实验方法,首次成功地得到了镦粗加六趟拔长之后的应变分布情况。从变形的角度分析了镦粗对拔长效果的影响。结合镦粗与拔长中孔洞的闭合情况,对现行拔长工艺提出了改进意见,推出了以重点变形区域为中心的新拔长工艺。

答辩日期:1988 年 6 月 2 日

压力机安全装置设计与测试研究

压力加工专业研究生 张国强 指导教师 杨津光 何德誉

本文结合社会对压力机安全装置的迫切需要,通过对工厂生产实际的调研和国内外压力机安全装置的发展状况的研究分析,改进设计了凸轮式安全刚性离合器。新设计的这种安全刚性离合器具有改装简便、改制费用低,急停机构和工作机构分离和响应时间快等优点。采用微型机优化设计的凸轮加速曲线,可使脱键迅速灵活,并尽可能降低了

脱键力矩, 达到了优化目的。利用 JB-130 汽车手闸作为制动器, 使改装更为便利。作者巧妙地利用压力原部件特点和配合尺寸, 使整个机构达到了最优, 最简单设计。现在, 这套装置已经安装在北京旅行车并调试完毕。工人反映很好。经过测试表明, 此安全刚性离合器响应时间可达 54 ms。(由电磁铁通电到压力机停车)。属于国内先进水平。

文章第二部分介绍了单板机对压力机安全装置性能指标进行测试的方方。并根据实际需要开发了 SPCT (Safe Positive Clutch Testing) 单板机测试系统硬、软件。SPCT 系统硬件、软件使用方便, 性能优越, 功能齐全, 实测抗干扰能力强。这一系统完全采用功能键实现数据输入和程序运行, 使操作更加简便。SPCT 系统可以实现对红外监控装置, 电磁铁和安全刚性离合器的性能指标及整套安全装置性能指标的测试。性能指标包括, 滑块移位, 曲轴转角和响应时间, 还可以打印位移, 转角, 滑块速度及制动扭矩曲线。还可以根据需要对制动扭矩的最大值进行测试。SPCT 系统可自动采集并处理数据, 最后将测试结果用 TP 801 P 微型打印机以十进制按预订格式输出。经实测表明, SPCT 系统硬、软件设计合理, 使用方便, 测试迅速, 数据精度高, 性能先进。文章详细介绍了 SPCT 系统的开发过程和使用方法。

作者在最后, 利用测试结果, 提出了凸轮式安全刚性离合器的改进措施。提出了变加速凸轮曲线的设计思路 and 具体方法。这一曲线的提出可以大大减小对脱键力矩的要求, 从而使凸轮式安全装置的结构及性能更加完美,

文章还介绍了作者为了节约经费和满足单板机测试的需要, 自行设计制作了变阻式转角仪的过程和使用方法。实测表明这种转角仪设计合理, 安装方便, 性能良好。

答辩日期: 1988 年 6 月 11 日

锅炉火管胀接与扳边的研究

压力加工专业研究生 卜庆新 指导教师 陆其仁

在锅炉生产中, 锅筒与管子的联接一般采用两种方式: 一种是焊接式, 另一种是胀接式。焊接式具有联接处理度高和密封性好等优点, 一般在高压锅炉中采用。胀接式具有换管容易和生产效率高等优点, 被广泛应用于中、低压锅炉和火管锅炉。本文针对火管式锅炉生产中, 机械胀接与扳边存在的问题, 分析了机械胀管器的运动规律和力能变化, 定量地计算出胀管器的转速和位移等运动参数, 采用实验研究的方法设计出一种新型的胀管扳边机。该机中, 胀接机构依据机械胀管的原理进行设计, 扳边利用辊辗方法, 由辊头带动三个辊子, 在胀管拉力的作用下对管子进行辊辗。胀接机构与扳边机构通过一套减速机构联接在一起工作, 并由减速机构和胀套的位移控制扳边辊辗的每转压下量, 实现胀接与扳边同时完成。同时为了满足生产的要求, 设计了平衡机构、防转机构、悬挂机构和以软轴为传力件的动力系统, 这些机构的设计使整个逆管扳边机实现了体积小、传动可靠平稳、便于操作与维修, 达到了无声工作的工艺要求, 解决了现行锅炉生产中, 胀接质量不容易控制和扳边噪音等工艺缺陷, 保证了胀接与扳边的质量, 提高了生产效率。论文中, 对整个胀管扳边机结构的实用可行性进行了验证。通过电测实验测