

多孔塞气动脱硫的实验研究及年产四万吨球铁离心 铸管厂熔化工部的工艺分析

铸造专业研究生 黄卫东 指导教师 柳百成 李春立

球墨铸铁是一种具有良好综合性能的工程材料,球墨铸铁管的生产对四化建设具有重要意义,多孔塞气动脱硫是我国生产优质球墨铸铁管的关键。论文在实验室条件下对多孔塞气动脱硫进行了系统研究。生产验证了石灰/5%工业萤石结合多孔塞处理包脱硫的效果,并且对年产4万吨球铁离心铸管厂熔化工部进行了工艺分析。

在实试室多孔塞处理包脱硫实验的条件下,对普通石灰和吉林市铁合金厂生产的防潮活性石灰的脱硫效果进行了对比。认为在加入5%工业萤石的条件下,两者都可达到较好的脱硫效果,但普通石灰的脱硫速度稍慢。

研究了工业萤石加入量对石灰脱硫效果的影响,推荐最合适的工业萤石加入量为5—8%。

分析了工艺因素对选定的活性石灰/萤石脱硫剂以及电石、 CaC_2 — CaO 脱硫效果的影响。认为活性石灰/5%工业萤石的脱硫效果在1370—1530℃的温度范围内受铁水初始温度变化的影响较小,而电石的脱硫率随铁水初温的增加有较大的增加。

各种脱硫剂的脱硫率随吹气时间的变化都成对数关系,即开始时增加很快,到一定时间以后趋于平缓。

在一定范围内,随吹气压力及脱硫剂加入量的增加,脱硫剂的脱率都相应提高。

对 CaO 基脱硫剂、电石及80% CaC_2 —20% CaO 等脱硫处理所达到的脱硫程度、铁水成份的改变及铁水温度的变化进行了比较,认为活性石灰/5%工业萤石脱硫剂具有非常好的脱硫效果。

用防潮活性石灰加5%工业萤石以及用电石处理铁水,铁水成份都没有明显的变化,使用普通石灰加5%工业萤石处理铁水时,硅量稍有下降。

在工厂进行生产验证试验结果表明:使用加5%工业萤石的普通石灰或活性石灰结合多孔塞处理包处理铁水都可达到满意的结果。

对年产4万吨球铁离心铸管厂熔化工部进行了工艺分析,并对主要设备进行了型号选择及生产率校核。提出了双联熔炼加多孔塞脱硫处理包炉外脱硫及冲入法球化处理的工艺路线。这一工艺方案已被工厂及设计部门接受。

答辩日期:1989年8月9日

锤击紧实造型方法的研究

铸造专业研究生 董满林 指导教师 任邦弼

近几年,快速冲击紧实方法在生产中的应用和理论研究得到了迅速发展。本课题在总结目前常用的铸造方法优缺点的基础上,提出了一种新的机构简单、节能、高紧实度的紧实方法——框架式多触头紧实法。并用研制成的实验机做了一系列的实验研究工作。研究发现框架式多触头紧实方法是一种高紧实度紧实法,同时也是一种冲击紧实方法。框架式多触头紧实机理跟平冲头锤击紧实有很大区别,实验机上采用的大量框架在此起着重要作用,它不仅克服了(或抵消了)砂箱壁阻力对砂箱周边型砂紧实的影响,提高了砂箱周边型砂的紧实度,而且改变了型砂被紧实时向下的运动速度分布,减少了型砂紧实时内摩擦阻力及紧实时型砂内能的消耗,从而提高了整个分型面上的紧实度。研究发现这一方法紧实后的砂型呈现出明显的分型面高、背面低的紧实度分布趋势,同时砂型背面也获得了足够高的紧实度足以满足其它铸造工艺的要求。研究发现对于高度差很大的模型也能获得较均匀的紧实度分布。上述方法因采用了大质量的框架,在吃砂量很小的情况下仍能获得非常高的砂型紧实度。上述方法特别考虑到了砂胎的紧实。通过调节正对砂胎的触头的长度和质量,不但获得了高的砂胎紧实度,而且在砂胎根部消除了根松现象。论文并对紧实砂胎的机理作了探讨。研究发现单纯地增加触头长度和质量都能对砂胎的紧实产生较明显的效果,而只有在增加触头长度同时增加触头质量才能产生最佳的紧实效果。该方法很能很好地紧实砂胎深度比 $\leq 2:1$ 的砂胎。

研究发现在锤击能量相同的条件下,较大的锤头质量在较小的锤击速度下获得的砂型紧实效果比在较小的锤头质量和较大的锤头速度获得的紧实效果更好。紧实填砂高度300—050mm的砂型时,用锤头下落高度 $\leq 2\text{m}$ 和锤头质量比 $\geq 0.1\text{kg}/(\text{cm}^2 \text{砂箱面积})$ 的紧实参数是比较有效的。

研究发现型砂的两个主要指标紧实率和膨润土含量的变化对紧实结果的影响跟它们对气冲紧实的影响类似。因此我们可以认为这一方法对型砂没有特殊的要求。

答辩日期:1988年12月5日

新型抗磨球墨铸铁的研究

铸造专业研究生 魏秉庆 指导教师 吴德海

本文研究了一种新型球墨铸铁抗磨材料。为此,本文较为系统地研究了合金加入量和热处理工艺对获得这种新型抗磨球墨铸铁的影响。以合金元素锰、辅加微量硼来取代贵重金属镍、钼、铜,采用合适的热处理工艺,从而得到以针状组织(贝氏体+马氏体)为主,并有一定量奥氏体的基体组织。为此,首先研究了合金元素锰、硅、硼对组织和

性能的影响, 研究表明, 锰、硼对针状组织贝氏体的获得是非常有利的; 硅对锰形成碳化物的趋势有很好的抑制作用。其次研究了热处理对组织和性能的影响, 重点研究了不同于等温淬火的冷却方式对组织获得的影响。其中就不同冷却速度(模数不同)和合金加入量对铸态与热处理后基体组织的影响, 不同冷却方式对机械性能的影响进行了研究。

同时, 也研究了回火对组织和性能的影响, 并测定了相应的连续冷却转变曲线。实验结果表明, 在选定的冷却方式(正火、淬火等)和合适的合金加入量, 可以得到理想的组织和性能, 冲击韧性可达 1.5kgm/cm^2 , 硬度可达 HRC50 以上。对正火条件下 $10 \times 10 \times 55$ 冲击试块, 最高冲击值达 2kg/cm^2 , 此时硬度为 HRC52。同样, 研究表明, 低温回火对提高性能是非常显著的, 一般冲击韧性可提高一倍左右, 最多提高 150%, 而硬度值只下降 7%。特别对淬火试样, 回火后可得到较好的冲击韧性和硬度配合。对这种新型抗磨球铁在磨球生产上进行了应用, 结果表明, 新型抗磨球铁在磨球生产上的应用是可行的。在 $\phi 1.5$ 米球磨机的试验初步表明, 这种新型材质磨球的使用性能优于传统的中锰球铁磨球, 耐磨性是中锰球铁磨球的 1.5—2 倍。特别是这种材质具有优良的耐冲击疲劳性能, 冲击疲劳迭落寿命大于 2.5 万次, 是同样生产条件下中锰球铁磨球的八倍, 而生产成本与中锰球铁磨球相当。与高铬白口铸铁磨球相比, 性能相当, 而生产成本只有高铬白口铸铁的二分之一。并且, 新型抗磨球铁的生产工艺简单, 易于实现。此外, 这种材料还可用于其它抗磨场合, 如制造蜂窝煤的冲针、碎煤机上辊环等。本研究成果具有显著的技术、经济效益, 已被国家有关部门所重视, 拟将推广应用。

答辩日期: 1989 年 6 月 6 日

高强度、高韧性球墨铸铁的试验研究

铸造专业研究生 张卫国 指导教师 柳百成

高强度、高韧性球墨铸铁的研究与生产是球墨铸铁的重要发展方向之一。南京汽车厂引进的意大利菲亚特公司依维柯轻型卡车, 其发动机曲轴材质要求为 GH90-52-05, 即我国牌号 QT90-5。二汽铸造二厂生产的汽车件“固定端支架-后悬架”是汽车保安件, 原材质要求为 QT42-10, 工厂要求进一步提高性能, 达到 QT45-15。球铁 QT90-5 和 QT45-15 是两种典型的高强度、高韧性球铁。

围绕着生产高强度、高韧性球墨铸铁这一研究课题, 首先进行了试验室试验, 探讨了铁水化学成分, 特别是锰、磷含量; 铜、镍元素合金化; 热处理工艺和型内孕育工艺等因素对球铁金相组织与机械性能的影响。然后分别对 QT90-5 和 QT45-15 进行了生产性试验。本课题还应用莱慈膨胀仪测定了含铜、镍球铁的共析转变临界温度及应用俄歇电子探针分析了铜、镍在球铁中的分布, 探讨了铜、镍促进球铁珠光体化的机理。

研究表明, 用低锰、低磷优质生铁熔炼铁水, 用含钙低镁低稀土球化剂球化处理 and 75 硅铁随流孕育处理, 加入铜或铜-镍元素, 经正火、回火处理后可使 Y 型试块性能在试验室中达到 QT90-5, 在生产条件下达到 QT85-4, 试制的曲轴本体性能已达到意

大利菲亚特公司曲轴本体的性能指标。

在二汽铸造二厂试验浇注了一千余箱“固定端支架-后悬架”，共四千余件。试验结果表明：用优质生铁熔炼铁水，在获得高温低硫、低锰、低磷铁水的前提下，用清华大学球铁课题组研制的 TH-1 型型内孕育块强化孕育，能够实现 QT45-15 固定端支架-后悬架的铸态稳定生产。

铜、镍元素对球铁性能的影响试验表明：铜、镍都具有强化、硬化珠光体的作用，铜的强化作用比镍强。镍改善球铁塑韧性的作用比铜强，加入镍可以稳定和提高球铁延伸率。

锰、磷含量对球铁塑韧性有较大影响，当 $Mn > 0.3 - 0.4\%$ ， $P < 0.06\%$ 时，会显著降低延伸率。

应用菜慈膨胀仪测定铜、镍球铁的共析转变温度时发现：铜、镍显著降低球铁共析转变温度。加热时，铜降低 $A_{c1}A_{c1}^*$ 点温度的作用比镍强；冷却时，镍降低 $A_{f1}A_{f1}^*$ 点温度的作用比铜强。

应用淬火硬度法研究铜、镍和奥氏体化温度对奥氏体化速度的影响。结果表明铜、镍能加快奥氏体化速度，提高奥氏体化温度，也能加速球铁奥氏体化。

应用俄歇电子分析铜、镍在球铁中分布的结果表明：在石墨球与基体界面处基体一侧存在有铜的富集层。铜的富集层既破坏了铁素体在石墨球上形核的基底，又阻碍了碳原子扩散，促进了珠光体化。镍在球铁中分布均匀，没有富集层存在。

答辩日期：1989 年 6 月 7 日

富铜蠕化剂的研究

铸造专业研究生 王 钢 指导教师 盛 达

本文通过用纯铜和富铜硅铁合金对不同含硫量（低、中、高硫）铁水进行处理，系统地研究了铜对铁水的变质作用规律，并从技术经济两方面综合探讨了富铜蠕化剂用于工业生产的可能性。

试验表明：用纯铜处理低硫铁水，可以在残余铜量 $0.034 - 0.076\%$ （加入量 $0.2 - 1.2\%$ ）的范围内得到铸态蠕虫状石墨，超过该范围后，基体中开始出现碳化物，但退火后的组织仍以蠕虫状石墨为主。用富铜硅铁合金处理低硫铁水的铸态蠕化范围为 $0.049 - 0.101\%$ （加入量为 $0.8 - 3.0\%$ ），超过该范围后，出现碳化物，退火后的组织同样也以蠕墨为主。用该合金处理中硫铁水，在残余稀土量 $0.053 - 0.086\%$ （加入量为 $2.1 - 3.2\%$ ）的范围内得到了蠕墨铸铁。可见，铜易成蠕虫而不易成球，是良好的蠕化元素，因此蠕化剂应以铜为主。与其它蠕化剂相比，铜系合金蠕化范围宽，即使加入合金过量获得白口组织，热处理后所得到的组织仍以蠕虫状石墨为主，在本试验的合金加入量 $0.8 - 3.2\%$ （残余量 $0.049 - 0.101\%$ ）范围内均可获得铸态蠕铁，未发现球化率大于 40% 的试样。

在不同含硫量的铁水中,用富镧硅铁合金通过不同的处理工艺均可以得到铸态蠕铁。处理低硫铁水,用普通的冲入法即可;而处理高硫铁水需经过预先脱硫,而中硫铁水的处理,可酌情采用以上两种工艺。

从技术经济上综合考虑,用富镧硅铁合金处理低硫铁水是合理的,而对于中、高硫铁水由于加入量大,该合金直接处理是不经济的,应经过预脱硫。

蠕化范围的上限是由碳化物的出现与否决定的,因此孕育对于同镧系蠕化剂生产蠕铁的蠕化范围有巨大的作用。适当的孕育可以避免碳化物的出现,拓宽蠕化范围。

硫和氧对于蠕化效果均有强烈的影响。氧电势与蠕化效果有良好的对应关系,因此可以通过氧电势的快速测定对蠕铁生产进行炉前检验。

镧系蠕铁的石墨形态特点是蠕化率高(大于80%),球和团所占比例小。基体中一般以铁素体为主,珠光体占少数。

镧系蠕铁的机械性能与目前已发表的用其它蠕化剂处理的、基体以铁素体为主的蠕铁的机械性能数据相近。比较适合于制造强度高、硬度低的铸件。

镧系蠕铁的减振性大大优于球铁,其强度又远高于灰铁。因此可以用其制造噪音小、强度大的零件。

富镧硅铁合金的价格与包头稀土一厂生产的1#合金(30%RE)的价格相当(8000元/吨左右),因此用于实际生产从经济上讲是可行的。

答辩日期:1989年6月7日

石墨铸铁浇冒口工艺交互式CAD系统的研究

铸造专业研究生 刘冲林 指导教师 白天中

石墨铸铁是近代工业生产中应用最为广泛的一种铸造合金材料。浇冒口工艺设计是铸铁铸造工艺设计中的一个重要内容。但在许多工厂中,现行的工艺很落后,工艺出品率低、难以保证铸件质量,有必要采用先进的理论及设计方法。石墨铸铁浇冒口工艺CAD建立在对球铁凝固收缩特性的研究基础之上,在生产中有着广阔的应用前景。

在设计实用冒口时,铸件的高度和铸件的模数是两个重要的参数。铸件的高度决定冒口的压头和补缩液量,而模数则决定凝固时间。本文通过浇注试验,研究了铸件的高度和模数对球铁凝固收缩特性的影响。试块尺寸:下部为 $60 \times 60 \times 60\text{mm}$ 的立方体,上部为 $60 \times 30 \times a\text{mm}$ ($a=1-60\text{mm}$)的长方体。在实验室条件下浇注。实验结果表明:当铸件关键模数小于 0.5cm 时,可以采用浇注系统外缩;若铸件上部模数小于 0.5cm ,可不考虑铸件上部高度对冒口设计的影响。

基于已有的浇冒口设计理论、生产经验及试验研究,本文开发了一系列程序,得到了具有全面功能的FTCAD软件。在计算程序中,开发了适用于球铁件的压边冒口设计和浇注系统补缩设计程序以及适用于灰口铸铁的水平分型浇冒口设计程序;在绘图方面,通过运用软件接口技术,开发了浇冒口计算程序与高级绘图软件包AutoCAD的

接口程序。该接口程序包括图形显示和建立顺序文件程序两部分,可实现各类水平分型型板布置图及浇冒口系统图的绘制,该接口程序作为一个功能模块存在于整个软件中,可共用;此外还开发了型板不规则布置的交互式 CAD 系统,该系统采用 Autolisp 语言编写,可进行型板布置及计算铸件的断面模数;另外还开发了文件服务系统,它包括求助、检索等功能,这为用户灵活地使用该软件创造了条件。整个软件采用菜单方式驱动,操作步骤一目了然。

本文还在软件的生产验证方面做了大量的工作。该软件先后在国内十几家工厂应用,取得了显著的经济效益。所选择的铸件覆盖面较宽,从小至 0.45kg 的轴承盖到大至 9300kg 的钢渣包,应用 FTCAD 软件设计工艺均取得了成功。生产实验证明,FTCAD 软件结构合理,使用方便,能显著地提高工艺出品率,改善铸件质量,减少切割费用,降低劳动强度。

答辩日期:1989 年 6 月 7 日

改善高铬白口铸铁韧性的研究

铸造专业研究生 张洪波 指导教师 吴德海

高铬白口铸铁具有优异的抗磨性能,但由于其韧性偏低,限制了它的广泛应用。为此,改善其韧性就具有迫切的现实意义。

高铬白口铸铁一般指含铬量为 10—30% 的白口铸铁,是 30 年代研制成功、60 年代迅速发展起来的新型抗磨材料。由于高铬的存在,铸铁的凝固过程发生很大的变化,其共晶碳化物为很硬的 M_7C_3 型碳化物,而且碳化物为基体所包围。因此,高铬铸铁不仅有很高的硬度,而且有一定的冲击韧性。但铸态时,高铬铸铁中的碳化物粗大并密集交错,故高铬铸铁的铸态性能较低且不稳定。改善高铬铸铁组织及性能,一般有热处理和变质处理两种方法。

本文研究了不同的含碳量、奥氏体化温度及回火温度对 20Cr 高铬铸铁微观组织、冲击韧性和硬度的影响。实验结果表明,经过合适的热处理,高铬铸铁的碳化物细化,基体组织稳定,韧性和硬度提高。

对高铬铸铁进行等温淬火处理,得到了贝氏体基体组织,使高铬铸铁的性能进一步提高。

用稀土、硼、钙及其复合变质剂对高铬铸铁进行变质处理,结果表明,适量变质剂的加入,改变了高铬铸铁的一次结晶组织,使碳化物变得细小、圆整且分布均匀,因而使高铬铸铁的冲击韧性有明显的提高。

加入适量的稀土、硼、钙及其复合变质剂对高铬铸铁变质处理,再进行相应的热处理,不仅可以改善高铬铸铁中碳化物的形态及分布,而且可以得到满足抗磨要求的基体组织。因此,在保证高铬铸铁抗磨性能的同时 ($HRC \geq 60$),显著地提高了高铬铸铁的冲击韧性 ($a_k \geq 1.0 \text{ kg} \cdot \text{m/cm}^2$)。同时,实验结果表明,上述三种变质剂单独作用

的效果较其复合变质的效果要好。

此外, 本文还研究了冷却速度对高铬铸铁组织和性能的影响。冷却速度越快, 奥氏体枝晶及碳化物越细小, 其铸态和热处理后的性能均高于冷却速度较慢的高铬铸铁的性能。

生产实践表明, 高铬铸铁具有优良的使用性能, 经热处理后, 其潜力可得到充分的发挥, 以之代替降镍-降铬铸铁做为导卫板的材质, 可取得显著的经济效益。

答辩日期: 1989 年 6 月 16 日

金属型薄壁球墨铸铁件用强墨化孕育剂研究

铸造专业研究生 徐志辉 指导教师 李春立

金属型铸造表面光洁度高, 切削加工量小, 而且铸件质量优良, 是铸造工艺发展方向之一。离心铸造球墨铸铁管自八十年代中期以来飞速发展, 势将占据我国球墨铸铁产量举足轻重的地位。由于金属型铸造冷速较大, 基体组织中容易出现白口组织, 因此对孕育提出了更高要求。为保证在金型铸造条件下, 稳定生产出合格的铸态韧性球铁, 除在孕育方法上采取措施之外, 有必要开发新型强墨化孕育剂, 以便有效地消除碳化物, 增加石墨球数和铁素体量, 提高铸铁的韧性。

本文在金属型铸造条件下, 系统研究了硅基孕育剂中微量元素 B、Bi、Sb 和核心元素 Al、Zr、Ba 对薄壁球墨铸铁件的孕育作用以及它们的适宜加入量。在此基础上研制出一种适于金属型薄壁球墨铸铁件用的强墨化孕育剂——SAZ 孕育剂。同时, 对比了金属型铸造和砂型铸造条件下, 各元素孕育作用的差别, 在实验室条件下, 用 SAE 孕育剂生产铸态铁素体球墨铸铁离心铸管, 达到了 ISO 标准, 获得满意效果, 为发展我国铸态球墨铸铁管的生产提供了试验依据。

在本实验条件下, 微量元素硼 B、铋 Bi、锑 Sb 的孕育作用在金属型和砂型条件下有所不同。金属型条件下, 元素 B 具有较强的减白口能力, 能够增加铁素体含量, 元素 Bi 次之, 而元素 Sb 则增加碳化物; 砂型条件下, 元素 Sb、Bi 可增加铁素体含量, 提高延伸率, 其中元素 Sb 的作用更强, 而元素 B 则减少铁素体含量、降低延伸率。

金属型铸造条件下, 元素铝 Al 的加入、Zr-Al 复合孕育和 Ba-Al 复合孕育均可减少白口组织, 提高铁素体含量, 增强孕育效果。砂型铸造条件下, Zr-Al 复合孕育可增强孕育效果, 而单纯复合 Al 和 Ba-Al 复合对增强孕育效果无明显作用。

研制出的适于金属型薄壁球铁件用强墨化孕育剂——SAZ 孕育剂, 主要化学成分为: Si60—70%、Al7—10%、Zr1.6—1.9%、Ca1.6—1.9%、B0.001—0.015% (占铁水的重量百分数)、Fe 余。该孕育剂能有效地消除白口组织、大幅度增加石墨球数, 增加铁素体含量, 从而改善球墨铸铁件的韧性性能。

答辩日期: 1989 年 6 月 24 日

原砂粒度的表示方法与原砂粒度

对型(芯)砂性能的影响

铸造专业研究生 徐海云 指导教师 于震宗

AFS 细度是表示原砂细度的常用方法,在美国和其它国家得到广泛采用。通过对 AFS 细度表示方法的数学分析表明,模拟法是计算非美国标准筛 AFS 细度乘数的较好方法。并给出了用这种方法计算出的我国旧标准筛的 AFS 细度乘数。对于一般砂样,AFS 细度(gfn)与西德工业标准中间粒径 MK 的近似关系为:

$$gfn = 2 + 13.1/MK (MK = 13.1/(gfn - 2))$$

对于 AFS 细度为 30—80 的砂样,AFS 细度与日本工业标准粒度指数的关系可表示为:

$$gfn = 0.518S + 6 (S = 1.93gfn - 11.6)$$

首尾筛号表示法对应于较宽的 AFS 细度范围,不能够准确表示原砂的平均细度。

原砂的粒度组成对型(芯)砂性能有重要影响。在无粘结剂条件下,对于单筛砂(40*至100*),随着砂样变细,透气性和标准样重均下降;对于两筛砂(由较粗单筛砂 A 和较细单筛砂 B 构成),透气性随着 B 含量增加而降低;标准样重当 A、B 平均直径差别较大时 B 含量为 60% 左右时呈现极大值;对于 AFS 细度相同的砂样,砂样分布愈分散,透气性愈低,标准样重愈高,双峰分布比单峰分布透气性较低,标准样重较高。对膨润土砂试验表明,原砂粒度对透气性和标准样重的影响规律和无粘结剂时相似,粗细砂粒之间的镶嵌作用较显著;对于单筛砂(45*至100*),随压强度随砂样变细有所增加;对于两筛砂,在 A、B 平均直径差别较大的情况下 B 含量为 60% 左右时湿压强度呈现极大值;对于由相邻三筛组成的三筛砂,粒度分布对湿压强度的影响不显著。对于由 45*, 55*, 75*, 100* 组成的四筛砂正交试验表明砂样为双峰分布湿压强度较高。湿拉强度受粒度组成影响的变化趋势和湿压强度的变化趋势相似。

经过优选提出的适用于铸钢中小件高密度型砂较佳原砂粒度级配为: AFS 细度为 52—55 左右,具体配比是 45* (10—12.5%)、55* (10—12.5%)、75* (40—50%)、100* (25—40%)。实际浇注效果好,铸件表面粗糙度改进 1 级以上,达到 $R_{a.25}—50\mu m$

将气流冲击造型机快开阀用于射芯机是可行的,试制气流冲击制样机在气罐压力为 6 个大气压左右时,其射制的圆饼试样可以满足要求。原砂粒度对呋喃 I 型树脂砂性能的影响根据对圆饼试样检测结果为:对于单筛砂(28*至150*)透气性随着砂样变细而下降,45* 单筛砂具有最大的抗弯强度和试样重;两筛砂(由 45* 和 75* 组成),在 75* 含量为 40% 左右时,试样重呈现最高值,抗弯强度呈现最高值,在 75* 含量为 80% 左右时透气性呈现最低值;对于多筛砂,双峰分布的砂样具有较高的抗弯强度,较低透气性,较高试样重。

答辩日期:1989 年 6 月 27 日

空气冲击造型机理及机构研究

铸造专业研究生 谢 滨 指导教师 吴浚郊

本研究采用实验的方法研究了砂箱内有模样情况下空气冲击造型的紧实机理。空气冲击造型方法是利用压缩空气（气压 0.3—0.7MPa）的突然膨胀（升压时间约 0.008 秒），产生一个压力波，紧实（密实）松散型砂的造型方法。

经研究发现：模样与模样、模样与砂箱壁之间（即深凹区）的砂型紧实度，随着模样与模样、模样与砂箱壁之间的距离（即吃砂量）的减小及模样高度的增加而降低。随着吃砂量的减小，在深凹区的入口处将出现拱效应。拱效应的特征是此处砂型强度出现极大值区，当模样高度大于临界高度（ h_c ）时，邻近极大值区的下方还将出现极小值区，甚至出现空穴。拱效应的形成机理是：一方面，向深凹区填充的型砂，因与两侧模样顶面上已紧实型砂之间出现相对位移，从而受到剪切力，运动受阻；另一方面，在入口处型砂能形成拱形结构有效地承受冲击力作用。形成拱结构的根源在于：一方面，型砂是抗拉性能很差而有一定抗压性能的材料；另一方面，在载荷作用下，拱形结构内部材料主要或只受压应力；因此，不易受到破坏。实验结果表现：模样顶面型砂对向深凹区填充型砂产生的横向力，因增大了型砂颗粒之间的内摩擦力，所以对拱效应的形成有重大影响。研究发现：影响拱效应的工艺因素有模样高度、吃砂量大小、及型砂中膨润土的含量等。

为了能削弱因拱效应形成而产生对气冲紧实的不利影响，扩大气冲造型的应用范围。从减小模样顶面上型砂对向深凹区填充的型砂的横向力出发，本研究提出了同步侧吹法和同步直吹法。为此用了双层余砂框，余砂框的夹层可引导一部分气流在气冲紧实同时从砂箱四边吹入砂箱中心，以阻碍模样顶面型砂向模样与砂箱壁之间深凹区的横向流动，抵消因此产生的横向力，从而明显地提高了这一深凹区内的砂型紧实度。研究还为双层余砂框的具体参数设计提供了实验依据。

答辩日期：1989 年 6 月 27 日

冷硬呋喃树脂砂旧砂回用的研究

铸造专业研究生 张进锋 指导教师 任邦弼

本文通过热分析法对再生产树脂砂残留粘结剂进行了组分分析，并对再生树脂砂表面残留粘结剂状态对再粘结强度的影响进行了实验研究。

结果表明，回用的再生树脂砂的残留粘结剂按其在浇注受热过程中的表现可分为两部分：易挥发物与不易挥发物。灼烧减量是这两部分的总和。易挥发物易在受热过程中产生有害气体，而不易挥发物则不易产生气体。对于一定组成的树脂砂，其残留粘结剂

中的易挥发物与不易挥发物的量是一定的,可由铜管法来测得。测定方法为:将待测的砂样装入一根 $\phi 10 \times 300 \text{ mm} \times \text{mm}$ 的一头封闭的细铜管,然后放入 800°C 的箱式电阻炉中保温半小时,取出冷却后,再测其灼烧减量,即得原砂样的不易挥发物的量。用原砂样的灼烧减量减去不易挥发物的量,即得易挥发物的量。易挥发物、不易挥发物还可由 TGA 法测得。由于灼烧减量中包含了易挥发物与不易挥发物,后者对再生砂的发气性影响不大,所以,应当用易挥发物的量或发气量来评价再生砂的适用性,而不应用灼烧减量。

再生树脂砂表面残留粘结剂的状态对再粘结强度有很大影响。浇注过程中型砂受热温度不同,再生后残留粘结剂状态不同,再粘结强度不同。在热影响小的情况下,再生树脂砂砂粒表面的残留粘结剂对再粘结是有益的。再生砂的强度随着再生程度的增加而增加,残留粘结剂膜越薄,粒形越圆整,则强度越高。受到 300°C 加热的树脂砂型砂,再生后粘结强度最低;在 400°C 以上温度加热的树脂砂型砂,再生后强度急剧提高,在 400°C 时有一峰值。高温受热后树脂砂的再生砂,其粘结强度与砂粒表面残留物的多少有关。当残留粘结剂较多时,温度大于 400°C 后,强度呈下降趋势;但当残留粘结剂较少时,强度下降幅度不大,到 800°C 时又回升,甚至超过 400°C 时的强度值。

高温受热的树脂砂,再生过程中砂粒表面裸露,对其再粘结是有益的。裸露的砂粒与原砂比,和粘结剂之间有较高的附着强度,使粘结剂本身的强度得到充分发挥,因而提高粘结强度。

较小的砂铁比可以提高树脂砂型砂的受热温度,有利于尽可能多地排除再生砂中发气物质,有利于提高再生砂的强度。

答辩日期:1989年7月1日

高 Si/C 比铸铁性能的研究

铸造专业研究生 周树根 指导教师 林家骥

本课题是由南京汽车制造厂的铸造分厂提出的,原来称做一水多用,即用一种铁水经炉前处理而获得几种不同牌号的铸铁。所用的铁水是该厂现用来生产 HT20—40 铸件的铁水。目前问题的关键在于如何获得 HT25—47 牌号的铸铁。为了实现这一目标,我们采用了高 Si/C 比铸铁。这种铸铁经二十多年来国内外的研究和应用,被证明是一种强度高、刚性大、残余应力小、相对硬度低、白口倾向小、断面敏感性小的新型材料。针对南汽的铁水具体成分,对高 Si/C 比铸铁的强度性能、硬度特性、收缩特性以及金相组织等项目进行了研究,为确定合理的成分和工艺提供理论依据。同时,为了解高 Si/C 比铸铁的凝固特点及其与性能之间的联系,进行了液淬实验。

实验表明,通过高 Si/C 比途径,可以使 HT20—40 铁水经处理得到 HT25—47 的铸铁。其余条件是,当含铬量小于 0.35% 时, Si/C 比值应在 $0.6 \sim 0.8$ 之间,碳当量小于 4.04% 。对南汽所关心的国内研究较少的碳量上限问题做了比较细致的研究。

在固定含碳量下, 改变原铁水成分及炉前处理工艺等各个参数。发现, 在南汽的具体成分要求下, 含碳量的上限为 3.3%。当含铬量大于 0.3% 时, 该上限略有提高。铬在炉前加入和炉后加入时吸收率都比较高, 当以冲入法加入时, 提高其强度的作用显著, 优于炉后加入。过高的锰的含量对提高铸铁的强度影响甚微, 故铁水成分设计中不应追求高锰。炉前加锰有提高强度作用。另外, 锰对强度的影响还与含硫量有关, 当含硫量小于 0.03% 时, 强度很低。

高 Si/C 比铸铁的相对硬度低, 在本实验中小于 1, 有利于实现一水多用。

高 Si/C 比铸铁的体收缩率较普通铸铁略高, 为 3.15%, 但不会对铸铁工艺参数产生显著影响。

高 Si/C 比铸铁的奥氏体枝晶发达。奥氏体的生长伴随着枝晶粗化和新的奥氏体晶核的出现。奥氏体枝晶发达是高 Si/C 比铸铁强度高的主要原因之一。对初生奥氏体枝晶中元素的成分分布线扫描表明, 铬、锰在其中的成分小于残液中的成分, 而且随着温度的降低, 此偏析更加严重。因此, 铸铁表面由于先结晶, 故促进珠光体的元素, 铬、锰的含量低, 在自退火过程中, 表面的奥氏体易分解为铁素体, 从而形成富铁素体层。

答辩日期: 1989 年 7 月 26 日

铸铁用醇基烧结型涂料的研究

铸造专业研究生 杨振枢 指导教师 于震宗

本文针对我国铸造生产实际, 对铸铁用醇基烧结型涂料进行了研究。使水引发无机土醇基涂料的工艺性能有所提高, 并实现了较稳定的商品化生产。研制出了适用于 OT 处理自制有机土涂料的新型添加剂, 使涂料更为安全和便宜。通过对涂料烧结与剥离性能的研究, 对金属—涂料—铸型界面组织结构提出了新的设想, 并在此基础上研制出一种新的烧结型粉料, 使铸铁用白(浅)色涂料的烧结剥离性能有明显改善, 取得了很好的烧结剥离效果。

水引发无机土醇基涂料的成本大大低于有机土醇基涂料的成本。通过研究, 认为山东潍坊人造钠基膨润土最适宜作为水引发无机土醇基涂料的悬浮剂; 确定了使用这种膨润土的涂料配方; 发现涂料制成膏状后, 可使涂料的悬浮性、抗溶剂渗失性以及涂刷性能均有一定程度的提高, 确定了配制涂料膏的生产工艺。

OT 处理自制有机土醇基涂料以往所用的添加剂为二甲苯, 因其有毒和有刺激性气味, 因此使用这种涂料污染工作环境, 危害工人身体健康。通过研究试验, 试制出一种新型的添加剂——200#溶剂油添加剂, 解决了使用二甲苯所带来的污染问题, 而且配制出的涂料还具有优良的工艺性能, 适于生产使用, 成本也有所降低。

通过浇注阶梯试块及模拟试验, 对铸铁用白色烧结型涂料的烧结与剥离性能的研究, 提出了烧结型涂料金属—涂层—铸型界面组织结构模型的设想, 认为涂料中的高耐火度材料在浇注前后基本上未发生变化, 均匀地镶嵌在周围的玻璃体中。高耐火度材料与

玻璃体均是与金属直接接触的。研究表明、涂料中如若玻璃相太少, 往往易导致铸件粘灰, 而涂层中玻璃相太多, 又易导致铸件粘壳缺陷。涂层中玻璃相量应保持在合适的比例, 对浇注试样进行了大量的观察分析的结果表明, 涂层中玻璃相量在 20—60% 之间, 即对应的涂料粉料的烧结等级为 2—4 级时, 涂料的烧结、剥离效果一般较好。试验分析结果还表明, 高耐火度材料种类也是影响涂料层烧结剥离的重要因素之一。

在涂料烧结剥离的上述理论的指导下, 研制出一种新型烧结型粉料, 使用玻璃粉代替以往所用的长石粉, 作为低熔点材料, 使涂料的烧结剥离性能得到明显改善, 对热作用反应不敏感, 亦即涂料在较强或较弱的热作用程度下均能保证良好的烧结剥离效果。生产试用的结果表明, 这种涂料适用范围宽, 浇注效果很好, 可用于中小铸件生产。

答辩日期: 1989 年 8 月 8 日

疲劳数据统计及高强钢场强—寿命关系研究

压力加工专业研究生 戚运前 指导教师 俞新陆 郑楚鸿

本文分析了疲劳数据处理中常规统计法的欠缺, 提出了较为完善的 u_p-x 线性回归统计法。应用常规统计法对疲劳寿命服从对数正态分布的子样可以求得其均值及标准差 S , 并分别作为母体的均值 μ 与标准差 σ :

$$\mu = \bar{X} = (\sum \text{Lg} N_i) / n \quad (1)$$

$$\sigma = S = \sqrt{\frac{\sum (\text{Lg} N_i)^2 - (\sum \text{Lg} N_i)^2 / n}{n-1}} \quad (2)$$

由于 S 只是 σ 的近似值, 误差是不可避免的。作者从标准正态分布 $N(0, 1)$ 所取的子样为例, 分析了常规统计法带来的误差。当 $n=9$ 时, σ 误差达—18%, $n=19$ 时, σ 误差为—9%。对一般疲劳试验 n 不超过 15 的情况下, 误差是相当大的, 而且这样的误差也会给概率寿命计算带来不安全的因素。

作者从式(3)、(4)、(5)出发, 提出了新的统计方法—— u_p-x 线性回归统计法:

$$x_i = \mu + u_{pi} \cdot \sigma \quad (3)$$

$$P_i = 1 - i / (1 + n) \quad (4)$$

$$P_i(\xi > x_i) = \int_{u_{pi}}^0 \frac{e^{-\frac{u^2}{2}}}{\sqrt{2\pi}} du \quad (5)$$

对一组寿命, 按从小到大取序, 可得到其 u_{pi} , 由于 $x_i = \text{tg} N_i$, 这样得到 n 组 (x_i, u_{pi}) , 并用之对式(3)进行最小二乘法线性回归, 即得到母体的 μ 与 σ 。

以上述的 u_p-x 线性回归统计法为基础, 并分析了升降法不能确定某一寿命下破坏应力的概率分布之后, 作者提出了适于高周范围的疲劳试验以及数据统计方法。

作者对 40CrNiMo 材料的疲劳特性进行了系统的测试研究, 得到了其循环应力—应验曲线:

$$\sigma_a = 2286 \varepsilon_{Pa}^{0.183} \quad (6)$$

并提出了增幅-减幅-增幅的增级试验法。本文完成了 40CrNiMo 的三种缺口的疲劳试验,并从中得到这样的结论:试件的尺寸在一定范围内对疲劳寿命没有明显的影响。

通过对四种高强材料 40CrNiMo, 30CrMnSiA, 30CrMnSi Ni2A (棒试件) 和 30CrMnSi/Ni2A (板试件) 的疲劳试验结果的场强法计算,得到了适于高强钢的场强法的形式:

- 应力作疲劳参量
- Morrow 公式处理平均应力
- 采用场强-对数寿命渐近线关系。

并且求出了 40CrNiMo 和 30CrMnSiA 两种材料的 $P-\sigma_{R1}-\lg N$ 曲线。

本文还对场强法的有关问题进行了讨论,提出了适于场强法的疲劳试验规范。

答辩日期:1988 年 12 月 6 日

阶梯轴锻件锻模交互式 CAD 系统研究

压力加工专业研究生 凌乐舒 指导教师 叶庆荣

传统的锻模设计主要依靠设计者的技能和经验的规则来完成、设计周期长,误差也大。整个过程包括许多简单劳动,十分繁琐,技术力量使用效率低,这与现代工业生产对锻件要求高精度、多种类。迅速的产品更新是相违背的。为了降低成本,提高竞争力,在锻模设计中采用 CAD 技术非常必要。作者在进行课题之前,广泛地阅读了国内外文献,并且调研了“一汽”,选取了在锻件中占相当比例的阶梯轴锻件为研究对象。本文详细介绍了作者开发的阶梯轴锻件锻模的交互式 CAD 系统。

本系统包括了阶梯轴锻件从锻件描述绘制到模锻工艺计算。型槽设计绘制和布排的整个过程。

在锻模 CAD 中,锻件的描述非常关键,如何以简洁有效的方法来描述锻件一直是一个重要课题。本系统中,作者针对阶梯轴锻件的特殊情况,基于面素法的原理,提出了一个独特的基本单元和相应的数据结构。这是一个带有两个隐含圆角值的平面梯形单元(对应三维空间的圆台),通过这个单元的各种变形来获得常见阶梯轴锻件中各种型式的单元,并由这些单元的并运算来构造锻件的轮廓。同时按工程图习惯示意画出了拔模斜度及交贯线的情况。由于作者只使用了一种形式的基本单元,所以原始数据准备十分方便简单,并且成功地描述了常见的各种阶梯轴锻件。

本系统在进行模锻工艺设计之前,先对一系列曲线进行了拟合,对阶梯轴锻件的截面积。图直径图计算作了解析推导,完成了设计中各种图表。曲线的程序化。这一部分工作的完成把设计者从重复单调的劳动中解放出来,并且大大提高了精度。

滚挤型槽的设计和绘制是在计算毛坯图的基础上完成的,常规设计中主要依靠设计者的经验反复修改调整来完成。对计算机而言,自动绘出滚挤型槽轮廓是非常困难的。本系统中,作者提出了一种形状特点征拟合的方法。充分利用 Auto-Lisp 的屏幕交

功能, 在计算毛坯图上分组读取一些特征点, 最后将这些点用直线和圆弧的形式光滑连接起来便可获得型槽剖面轮廓。

本系统中还考虑了型槽布排的各种可能性, 实现了自动布排。根据需要还可设计拔长和预锻型槽。

本系统编程思想新颖, 按照模块化编程的原则开发, 使用了 FORTRAN77, BASIC, Auto-lisp。8086/8088 汇编混合编制而成, 大大提高了系统功能。整个程序约 6000 句, 在 Auto-CAD 软件包和 QEH-ACAD 图形接口支撑下, 在 IBM-PC 机或其兼容机上运行。

答辩日期: 1988 年 12 月 6 日

液压缸部、零件计算机辅助设计

压力加工专业研究生 杨志鸿 指导教师 杨津光

液压机应用面广, 液压缸部、零件是液压机重要组成部分。目前, 我国各液压机专业生产厂一般采用传统的设计方法进行液压缸的设计。这种方法是: 先以弹性力学厚壁筒公式为基础, 设计出缸体的壁厚, 再按经验公式设计出缸底、法兰各部分尺寸, 得到缸体的结构; 最后再用弹性力学公式进行缸底及法兰处的应力校核。由于弹性力学公式的推导过程中, 须对问题做出一些假设, 所以, 其结果与实际情况有较大出入。按上述方法完成设计后, 设计人员对结构的承载能力及应力分布情况并不十分清楚。为了保证设计的可靠性, 设计人员往往增大安全系数, 加大设计尺寸, 这样必然带来材料的浪费及产品成本的提高, 而且, 这样得到的缸体结构也不一定是安全的。因而把计算机辅助设计方法引入液压缸的设计过程中, 提高缸体的设计质量是很有必要的。利用计算机辅助设计的优点是:

(1) 把设计人员从繁琐的设计计算中解放出来, 加快了设计速度, 缩短了设计周期。

(2) 改变了过去产品开发中反复设计—试制 (trial and error) 的情况, 提高了设计成功率, 降低了产品开发费用。

(3) 提高产品的设计质量及可靠性, 减少材料的消耗, 增强了产品的竞争能力和经济效益。

本文作者以 25000kN 水压机主缸及侧缸为设计对象开发了大型液压缸部、零件 CAD 系统。本文介绍了该系统各模块的算法原理及其使用。系统包括:

- (1) 交互式常规方法进行缸体部、零件设计模块;
- (2) 液压缸部、零件图的绘制模块;
- (3) 缸体结构多目标优化模块;
- (4) 缸体有限元数据前处理模块;
- (5) 八节点等参元有限元分析模块;

(6) 有限元网格图及结构变形图生成模块;

(7) 用三角网络法生成应力等值线模块;

系统采用文件系统进行数据存储与管理;以 AUTOCAD 为图形支撑软件,利用 AUTOCAD 命令文件和图形传输文件实现 FORTRAN 与 AUTOCAD 的连接。全部程序用 FORTRAN 语言编写。

至今为止,对大型液压缸部件及零件的 CAD 系统的研究尚未见报导。大型液压缸生产批量虽不如中小型液压缸,但它造价高。因此,开发大型液压缸 CAD 系统更具有明显的经济意义,并且本课题还开发了液压缸部件的 CAD 系统,这就使得液压缸的设计系统更趋完善。

在课题的研究过程中,增强了研究者把理论运用于实际的能力,为今后走向社会,解决实际中出现的问题打下了坚实的基础。

答辩日期:1988 年 6 月 7 日

铝合金热挤压的高温云纹法模拟 研究及质量分析

压力加工专业研究生 张飞云 指导教师 马喜腾

铝合金热挤压是一个复杂的热力-机械过程,挤压制品的最终组织和性能由坯料铸造、均匀化处理、挤压前的加热、挤压及随后的固溶处理、时效处理决定,而且每一工序都对其随后的工序产生影响,到目前为止,挤压工艺参数和热力规范对制品组织性能的影响,尚缺乏系统深入的规律性研究,也缺乏一套科学的实验研究方法。在工业生产中,如挤压制品的表面裂纹和粗晶、技术人员往往只凭经验调整工艺参数来解决,缺乏理论指导,科研工作落后于生产,致使材料的内在潜力不能得到充分发挥,因此,有必要探索一套热挤压制品质量保证关系,通过一系列实验研究,确定材料的化学成份、热力工艺参数与产品质量之间的关系,控制热形变参数,来获得所需的组织和性能,这是一个复杂的科学研究问题,具有很大的学术意义和实用价值。

进行挤压制品内部和表面质量控制的研究涉及以下几方面的主要问题:

1. 铝合金材料高温下不同应变、应变速率和温度范围的本构关系。
2. 用高温云纹法研究热挤压时试件内部的流动规律及其应力、应变分布。
3. 挤压过程中,试件内部的温升、温度变化和温度场分布
4. 研究不同热力工艺参数对制品质量的影响,确定试件内部最大的 Z 值

$$Z = \exp\left(\frac{Q}{RT}\right)$$

5. 确定不同的 Z 值与挤压制品表面质量、内部质量和组织性能的关系和成形极限。

本论文的内容是上述研究的一部分。

本论文用新开发的高温云纹法模拟研究了热挤压铝合金棒料的工艺过程,得到了挤压比 $\lambda=10$ 和 $\lambda=20$ 的试件内部应力应变分布规律,并根据扫描电镜照片分析了不同热力工艺参数对LY12和LD5两种铝合金棒料制品表面质量的影响,还根据显微照片,分析了LY12铝合金挤压制品内部组织的影响,并用热电偶测得了挤压过程中试件中心处和模角的温度变化和最高温升。本文还在Gleeble—1500热模拟机上进行了不同温度、不同应变和应变速率条件下的压缩实验,通过数据处理,得到了高温下LY12铝合金的本构关系,用压力传感器测得了不同挤压比条件下的挤压力和其关系曲线。本文对实验精度作了校核,表明实验精度满足工程要求。

答辩日期:1989年6月10日

水压机技术改造的若干问题

压力加工专业研究生 张 涛 指导教师 郭和德

目前,国内现有锻造水压机设备在使用过程中暴露出了一些问题,主要是三大横梁部件和立柱部件因设计、操作和维修不当而造成过早地损坏。立柱断裂的情况尤为严重,据有关资料统计,国内已有二十多根立柱发生疲劳断裂。横梁部件也有筋板开裂、变形和断裂的情况发生。尽管锻造水压机设备存在大量的问题,但由于目前锻造行业生产能力过剩,拥有设备的部门限于技术力量和实验手段,所以技术改造的研究工作做得很少。

本文所研究的课题是以马钢公司车轮厂锻造水压机关键部件所出现的问题为主要背景,就锻造水压机设备技术改造的若干问题作了深入的研究。论文主要由三个部分构成。第一部分为水压机立柱部件的技术改造,该部分通过对该厂1000T水压机立柱使用情况的调查,寻找其断裂破坏的原因,在对其进行受力分析计算的基础上,确定现有1000T水压机继续用于自由锻的条件,并提出了立柱结构的改进设计方案。第二部分还就3000T水压机立柱的刚强度进行了分析计算,按照水压机的完成工艺情况计算得到立柱的载荷谱,在大量收集、分析国内现已作过的疲劳试验结果的基础上,采用类比方法得到立柱材料近似的疲劳极限,并作了立柱的疲劳寿命估算。对于3000t水压机使用过的旧立柱进行了有关分析计算,提出了修复措施,并对继续使用的可能性作了说明。本文第二部分是水压机下横梁的技术改造问题,这一部分针对8000t水压机下横梁历次加工修复的现状,用有限元法对8000t水压机下横梁的强度、刚度进行了分析计算,为1989年度大修时的加工提供了可靠的结果。文章还就下横梁上表面变形失效的原因作了探讨,并对进一步完善水压机下横梁分析计算提出了若干的建议。第三部分为结论,这一部分对水压机设计理论的某些问题作了广泛的探讨,提出了一些新的见解,另外,这部分还提出了水压机在使用维修中值得注意的问题。

本文所研究的课题的意义在于充分运用现代设计理论和方法,如疲劳设计理论,有

限元分析等,应用于锻造水压机的技术改造,在最大程度上有效地发挥陈旧设备的潜力,节省投资和维修费用,延长了水压机的使用寿命,改善了设备的性能。本文结合解决实际生产中所出现的问题,对水压机技术改造的若干问题进行了有益的探讨,具有很强的针对性和独特性。在课题的研究过程中,提高了研究者深入实际作大量的调查研究这一工学硕士应有的素质,增强了研究者把理论运用于实际,再从实际中总结、完善理论的能力,对于今后走向社会,解决实际中出现的问题打下了坚实的思想基础。

答辩日期:1989年6月15日

新型锻造液压机本体结构的研究

压力加工专业研究生 李长泉 指导教师 郭和德

本文是对新型锻造液压机本体结构的研究。该新型液压机为2500吨双柱上传动式,采用单拉杆预应力结构;具有三个工作缸;活动横梁的导轨截面形状为梯形;工作缸柱塞与活动横梁采用双球面中间杆连接。采用上述结构的优点是:

1. 双柱结构比普通的四柱结构具有锻造工作间大,压机司机视野开阔,锻造天车易于接近,钢锭及锻件容易放入与取出等优点。
2. 预应力结构中,拉杆只受拉力,柱套承受压力和弯曲,改变了以往立柱同时承受拉力和弯曲的受力状况,使得拉杆和柱套疲劳寿命提高。
3. 有三个工作缸,可实行压力分级。
4. 采用梯形平面导向,间隙调整很方便,可真实传递偏心力并减少摇晃。
5. 工作缸柱塞与活动横梁使用双球面中间杆连接,可减少工作缸衬套的磨损。

在研究过程中,采用了材料力学方法,模型实验和有限元分析方法。北京重型机器厂的技术人员,根据国内外液压机发展情况,参考日本制钢所的液压机样本,设计了新型液压机的最初结构。本文中,对该结构首先进行了材料力学方法的分析计算,结果表明,该结构基本上满足设计要求。在此基础上,制作了1:10的金属模型,进行模型实验。根据实验结果,对上梁的结构作了改进,又掉了前后面板上的出砂孔,将上梁由原来的1800mm加高到1900mm。下梁有两个方案,根据实验结果,决定采用方案B。对改进后的上梁和下梁B进行了有限元计算。计算结果表明,上梁的结构是合理的。通过计算,在不改变下梁B重量的情况下,对其筋板厚度进行了调整。主筋板加厚,辅筋板减薄,使下梁的受力状况改善。至此,确定了该压机的最后结构。

通过对上述三种研究方法所得结果的比较,作者认为,在以后这种新型液压机的设计过程中,拉杆的设计除考虑拉伸外,还应考虑弯曲应力占拉应力10%的弯曲;柱套应按考虑上、下梁变形的整体框架计算,上、下梁的设计计算应采用有限元方法,活动横梁也应考虑采用有限元设计计算。

研究表明,预应力结构的设计思想是成立的,梯形导轨间隙容易调整,能真实传递偏心力矩。总之,这种液压机的结构是合理的,可行的,可以投入生产制造。