

a. 能耗监测系统

b. 能耗监测

c. 100T 拉伸液压机主体

图12 能耗测试平台(合肥工业大学, 2014)

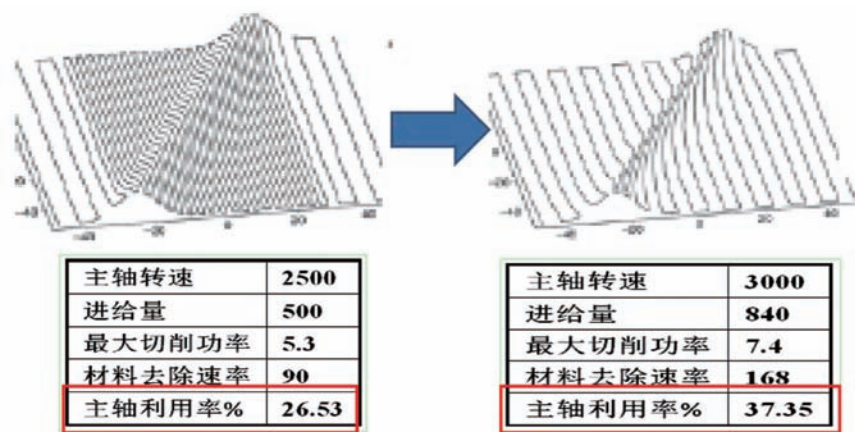


图13 不同走刀轨迹情况下能耗消耗对比(华中科技大学2013)

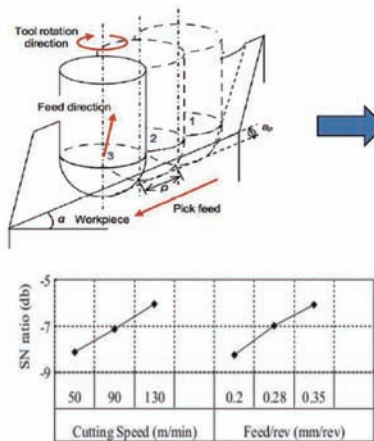


Fig. 1. Factorial effect graph of power consumption (drilling).

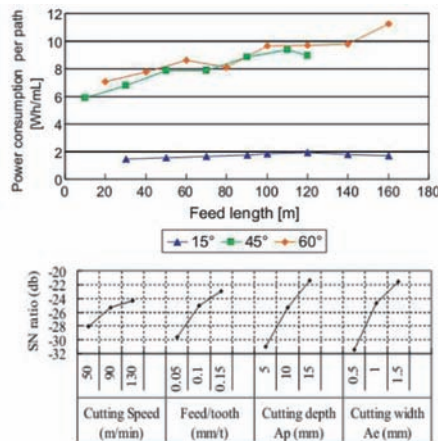


Fig. 2. Factorial effect graph (end milling).

图14 切削刀具及切削参数对机床能耗的影响 (Mori et al, 2011, Oda et al 2012)

工作母机, 其在将毛坯转化为零件的加工过程中, 会产生大量的资源消耗和环境影响。针对不同数控机床能量流特性, 需建立相应的多能量流特性

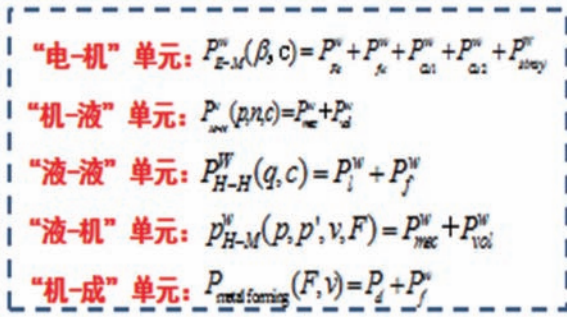
模型。

2009年, 国际生产工程学会(CIRP)主席Byrne教授在主题报告中强调“未来实现制造工艺的生态效率主要取决

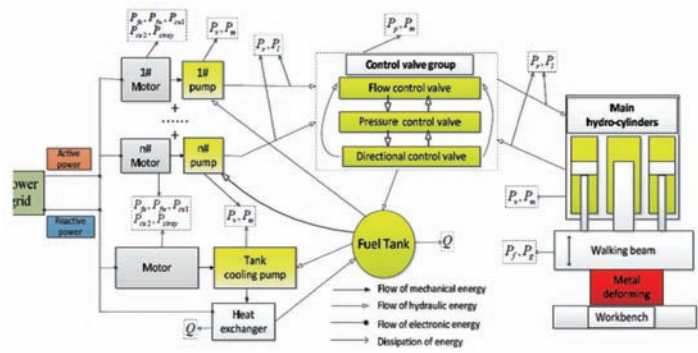
于能量利用效率”。2011年, 德国机床制造商协会(VDM)专门组织召开了“可持续生产大会”, 重点讨论了生产能效与环境影响问题, 并介绍了德国机床行业以持续提升机床能效为核心的“Blue Competence®”倡议计划。国际标准化组织(ISO)制定了ISO/NP 14955机床环境评价(Environmental Evaluation of Machine Tools)标准, 旨在提高机床的能效水平, 实现机床产品的低碳化, 其中包括: (ISO 14955-1)机床的生态设计方法学、(ISO 14955-2)机床和功能部件的能耗测试方法、(ISO 14955-3)金属切割机床的能耗参数与测试试样/规程、(ISO 14955-4)金属成形机床的能耗参数与测试试样/规程。

从数控机床的能量消耗机构入手分析机床整体的能耗组成, 数控机床的能耗模型如图11所示, 显示了整个机床的动力源、传动结构、执行结构和辅助结构和能耗的关系, 以此来判断采用何种方式提高机床切削效率, 降低能耗。

对于金属成形装备而言, 整个金属成形周期中的能耗主要包括压制前准备阶段能耗、压制阶段能耗以及液压缸回程阶段能耗。为了测试金属成



a. 系统各单元的能量损耗特征



b. 液压机系统能量流动模型

图15 金属成形装备服役过程的能量流动与损耗规律^[3]
(Kai Zhao, Zhifeng Liu et al. 2014)

形装备不同工作阶段的能耗特点,图12中设计了金属成形装备能耗的测试平台。由于液压系统的实时运行参数随着金属压制工况的不断变化而改变,因此,图12中分别对金属成形过程的压边力、主缸压力、主缸位移、电机能耗进行实时测量,以实现系统服役过程的能量流可观和可控,为研究金属成形工艺与装备能量行为的耦合机理奠定基础。

3.2 制造加工时能量流优化控制

机床是一个复杂和动态的系统,能量模型使准确评估零件生产能量消耗成为可能,能更主动优化机床控制及相关工艺参数。通过连续监测加工过程实际的能量流变化及切削功率,基于机床切削负载和不同的加工工艺参数,计算最优控制/工艺参数。对切削刀具实施动态保护的同时,实时修调工艺参数。在切削刀具和工件材料约束下,增加切削用量参数,维持一

个恒定的最大可接受切削功率,以获得最短的切削循环时间。图13是华中科技大学2013的研究结果,表明刀具在切削过程不必要的加速、减速和急剧转向消耗大量能量。选择加工走刀轨迹,可以减少能量消耗,节省加工时间。

液压机基本能量流程如图15所示,液压机系统能量流动过程中的损失主要为流量损失、压力损失、机械损失,分析了液压机系统单元的能量转化特征,建立了各个系统单元的能量损耗方程。分析了大中型液压机系统结构的组成特征,提出了液压系统模型的简化方法,构建了大中型液压机服役过程的能量耗散模型,掌握了液压机系统的能量流动基本规律。

结合上述方法,实验测试了合锻2000T液压机服役过程(加工汽车车门)的能量流动状态,如图16所示,获得了各动作元的能量损耗分布特征,

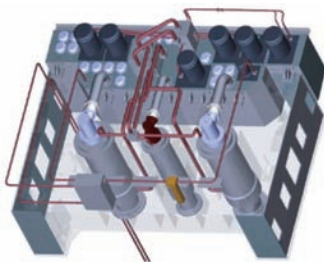
这款液压机系统电能-机械能转化率为70.35%,机械能-液压能的转化率为37.43%,液压能-成形能的转化率为27%,设备的能量利用率仅为7%,最后得出结论:该设备目前成形装备能耗高、效率低的根本原因是负荷特性和驱动方式不匹配,导致液压泵与电机长期工作在低效率区域。这一实验验证了能量耗散模型的可行性。

3.3 节能环保型的机床

节能环保型机床采用多种节能减排技术(优化控制、能量回馈、静电吸雾等),结构更紧凑,运动部件轻量化,部分结构可重复利用,限定机床的空载功率,提高机床整体资源利用效率。图17是数控机床布局设计方案的能量优化模型,通过智能化,实现整个生产过程节能环保。

下面是几个节能环保型机床的例子:

图18为Mazak公司的智能化工厂,



Operating condition	快降(kJ)	慢降(kJ)	压制(kJ)	卸荷(kJ)	快回(kJ)	慢回(kJ)	待机(kJ)	总和(kJ)
Input active energy	+370.47	+336.93	+980.86	+367.90	+863.98	+236.09	+1868.88	+5025.11
E-M units	-115.16	-103.10	-59.35	-173.08	-56.74	-75.81	-906.56	-1489.80
M-H units	-234.90	-149.48	-401.89	-156.62	-271.67	-78.08	-919.06	-2211.70
H-H units	-437.00	-23.32	-193.30	-97.32	-44.43	-6.28	-41.98	-843.63
H-M units	-25.60	-5.95	-26.20	0	-20.28	-3.87	0	-81.90
H-D units	0	0	-352.16	0	0	0	0	-352.16
Gravitational potential energy	+461.59	+21.14	+57.55	0	-469.23	-71.06	0	-0.01
总和(kJ)	+19.40	+76.22	+5.51	-59.12	+1.63	+0.99	+1.28	+45.91

图16 合锻2000T液压机加工汽车车门能量损耗分布

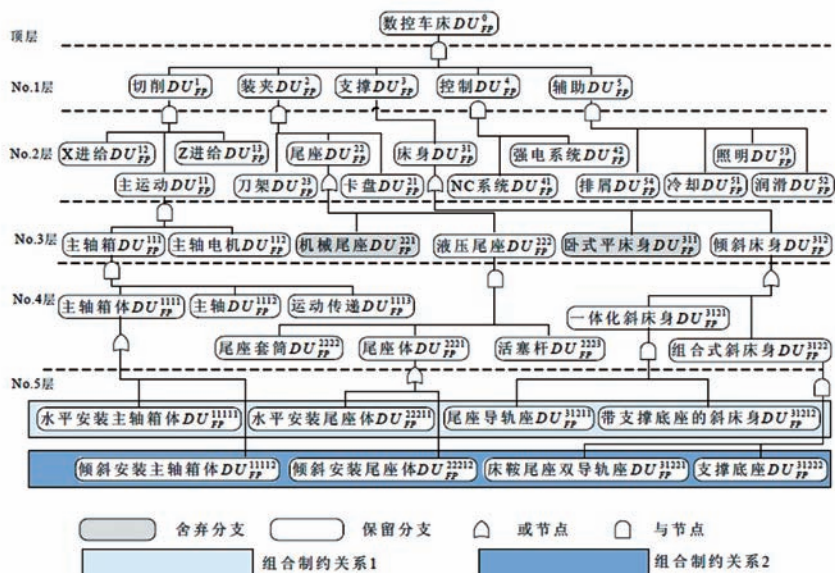


图17 基于设计元与公理设计理论的机床节能优化布局^[4] (周丹, 2012)

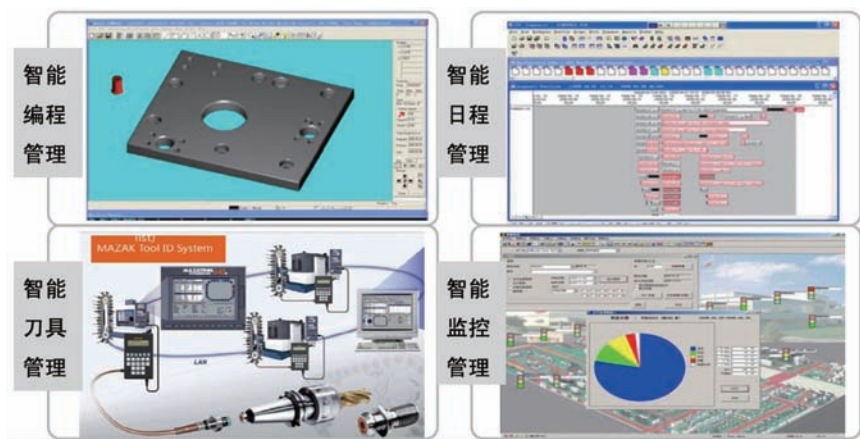


图18 Mazak公司智能化工厂

配有多项智能功能，从加工准备到完成整个生产过程的时间可缩短约82%。大幅提高了生产力，降低资源及能源消耗。

图19是MoriSeiki公司的节能环保机床，通过重新设计驱动轴的位置，使驱动轴尽可能靠近运动部件的重心，从而变双驱动为单驱动，即一个直线坐标就省去一台伺服驱动电机。在NHX系列机床上配用新开发的链式直接交换式刀库，也可省去ATC刀柄驱动用伺服电机。使运动部件轻量化，在液压装置上安装蓄能器，并采

用LED照明等，重新设计更紧凑结构的节能环保型机床，使新型机床节能30%~40%，占地减少20%，润滑油消耗节省约15%，节能环保性能非常突出。

国内也有大连光洋科技工程有限公司、秦川机床集团等企业采用数控智能电源，在改善供电质量和提升控制质量的同时，实现了高功率因数和能量回馈。采用静电吸雾装置，提高油雾的处理效果，并使回收后的油雾粒子得到重复循环使用。



图19 MoriSeiki公司的节能环保机床

4 绿色生产管理——绿色制造车间

现阶段机械生产过程中存在的问题主要是在生产现场，机床空载运行情况十分常见，机床能量平均利用率非常低下，一般低于30%。绿色制造车间即是合理安排工件与机床的匹配关系，在车间生产运行过程中，通过生产任务的合理调度安排，可以降低机械车间生产过程的能量消耗。通过对机床作业任务的优化调度，合理安排其加工顺序，及机器开机与停机，减少机床空载运行时间与峰值载荷。表4是近年对绿色制造车间的相关研究。

4.1 面向高效、节能的车间调度集成优化

美国能源部专门设立了以提高制造企业生产过程的能量效率作为首要目标的“工业评估中心”。依托美国高校对工业企业生产现场的能源消耗状况进行评估和研究。图20是华中科技大学2013建立的考虑能量碳排放、刀具碳排放和切削液碳排放的调度任务数学模型。重庆大学的何彦等分析了机械车间任务调度对能耗的影响，建立了基于强化学习的机械车间任务调度节能优化模型，如图21所示。

4.2 数字化制造系统能效优化软硬件平台

图22是华中科技大学2013研究的

表4 近年对绿色制造车间相关研究汇总

序号	研究者	发表年限	研究内容
1	Luo et al	2013	研究以最小化制造期和电能成本为优化目标的混合流水车间调度问题。
2	Yi, Q et al	2012	采用多目标遗传算法解决,以最小化制造期和碳排放量为优化目标的流水车间调度问题。
3	Zhang et al	2012	研究了柔性制造系统中若干种动态事件发生时的调度问题。
4	HeYet al	2011	对机械加工制造系统的任务导向能量消耗,建立事件图模型,仿真得到选用不同加工路径时的能耗和制造期。
5	Fang	2011	在流水车间调度问题的模型中考虑了峰值功率负载,能耗和碳足迹,使用目标规划法优化调度序列以及机床的加工速度。
6	Mouzon	2008	解决了单机器,工件随机到达,以总能耗和总拖期为优化目标的多目标优化问题。
7	Mouzon	2007	提出了在单机器,工件随机到达环境下的若干种调度规则,控制设备运行,停止的状态,降低制造过程中设备的能耗。

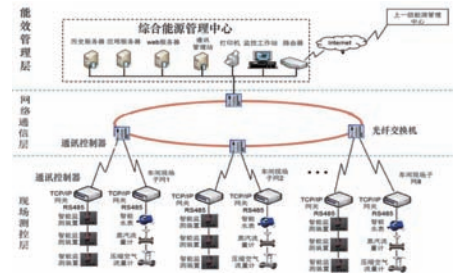


图22 数字化制造系统能效优化软硬件平台 (华中科技大学2013)

下延伸到材料去除过程的微观分析,向上拓展到车间层、产品层、企业层,乃至供应链层;与机电控制技术、智能制造技术、信息通信技术的交叉集成,推动绿色制造工艺与工业应用的结合。

我国必须制定和完善相应标准、政策和规范,开发与企业结合的绿色制造实用化成套技术和工具平台,为企业提供完善的绿色制造技术解决方案,加大投入,对重点行业的关键性问题组织攻关突破,将有利于绿色制造技术的进一步深入研究、应用与推广。^[7]

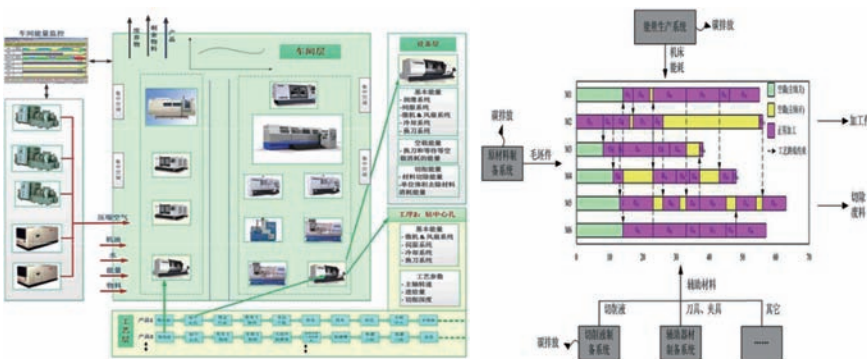


图20 绿色制造车间模型 (华中科技大学2013)

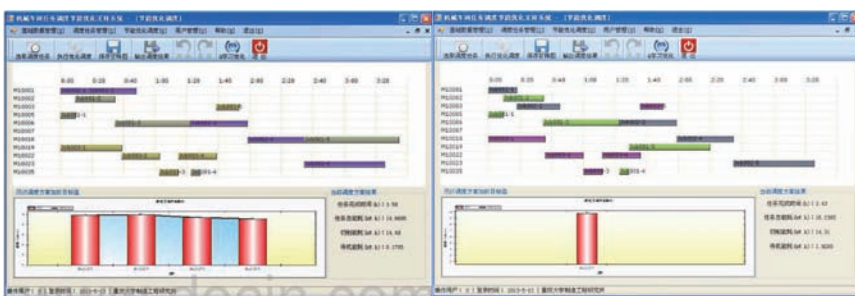


图21 绿色制造车间模型^[6] (刘波. 2013)

支持制造过程能量节约和的制造执行系统 (MES)

5 结语

绿色制造的纵向深度化发展将是新型绿色工艺、新环保制造材料的研

发;面向特定目标、特定加工过程的机床能耗建模技术;面向车间/企业平台的制造系统资源多功能执行系统体系及软硬件设备。

绿色制造的横向广度化发展将是绿色制造工艺技术向多层次拓展,向

参考文献

- [1] 何彦, 刘飞, 曹华军等. 面向绿色制造的机械加工系统任务优化调度模型[J]. 机械工程学报, 2007, 43(4):28-32.
- [2] 郭煜泽, 陈忠家, 张秋婉等. 半球形件拉伸能耗计算模型研究[J]. 能源研究与利用, 2014, 4: 27-30.
- [3] Kai Zhao, Zhifeng Liu et al. Analytical energy dissipation in large and medium-sized hydraulic press[J]. Journal of Cleaner Production, 2014, In Press.
- [4] 周丹. 基于设计元与公理设计理论的能量优化设计方法研究[D].合肥工业大学博士学位论文, 2012.
- [5] 刘波. 一种基于强化学习的机械车间任务调度节能优化支持系统研究[D]. 重庆大学硕士学位论文, 2013.

驱动桥精锻齿轮的工艺设计与制造

赵树军, 宫庆芳

一汽解放公司长春特种车分公司, 长春, 130102

摘要: 精锻齿轮在驱动桥中作为主要零件, 承担传递扭矩的作用。主要由行星齿轮和半轴齿轮组成一对啮合的齿轮副。在驱动桥中的差速器总成内, 通过十字轴和差速器壳体将4个行星齿轮和2个半轴齿轮连接到一起。通过齿轮的啮合转动实现差速功能, 其正确的安装距和齿轮啮合精度是保证两种齿轮正确啮合的基本条件。因此在精锻齿轮的制造过程中主要围绕该两项指标进行工艺设计和质量攻关。本文从精锻齿轮的机加工工艺设计与加工、齿轮的检测、生产中出现的的问题和采取的措施等方面简要地论述了精锻齿轮的制造过程。

关键词: 精锻齿轮; 工艺设计; 制造

The Process Design and Manufacture of Drive Axle's Final Forging Gear

Shujun ZHAO, Qingfang GONG

FAW Changchun Special Vehicles Branch, Changchun, 130102

Abstract: Final forging gear as the main parts of drive axle. In charge of the torque transmission. It's composed by Planet gears and rear axle differential side gears. It's composed as a pair of meshing gears. In Differential drive axle assembly of drive axle, by cross shaft and differential housing connected the four Planet gears and two rear axle differential side gears together. It's make the speed different by cross shaft and differential housing's rotation. The actually install distance and gear engagement accuracy is the basic conditions to make sure the 2 kinds of gears engaged correctly. Therefore, we will make process improvement design and quality update based on the 2 indicators in final forging gear's manufacturing process. I will briefly discussed the process of final forging by the final forging gears' process design and manufacturing, the gear's measured and the problem shooting in the normal production.

Keywords: the final forging gear; process design; manufacturing

1 工艺简介

行星半轴齿轮作为驱动桥的转动部件, 要求转动平稳, 可靠实现差速和传递扭矩。其制造工艺在八十年代之前我国基本采用刨齿的加工方法实现

齿形的成型。随着工艺水平的不断进步, 国内生产差速器齿轮的企业陆续采用了精锻齿轮制造工艺, 该工艺技术很快在国内得到迅速发展。我公司在内部是唯一一家生产驱动桥差速器齿轮的企业, 承担了集团内载货

车驱动桥70%份额的差速器齿轮的生产任务。从八十年代末开始改变加工工艺, 采用精锻齿轮制造工艺代替传统的刨齿工艺方法。图1是一对457桥精锻齿轮。

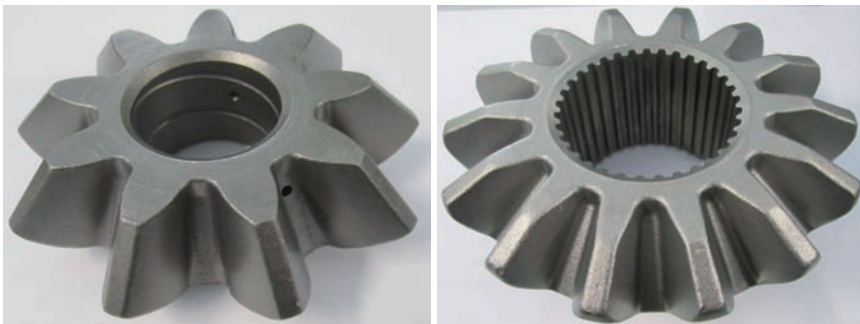


图1 行星齿轮半轴齿轮实物图

2 行星齿轮的工艺设计与加工

2.1 工艺分析

行星齿轮的加工中如何保证齿轮齿形相对于里孔的径向跳动是保证行星齿轮精度的关键问题。齿轮的安装精度主要通过齿轮安装距来保证，如何确保齿轮安装距的正确性，是保证齿轮正确啮合的前提。齿轮啮合精度直接影响驱动桥在行驶中的平稳性。还有热处理变形给齿轮的精度带来一定影响。在工艺设计和加工时考虑如何降低变形的影响，也是该零件的难点。为了克服以上难点，齿轮加工中重点应放在保证齿轮齿形的加工精度上。其关键工序是齿形加工和热后磨里孔工序。

2.2 工艺设计

在机加工工艺设计中，设计原则是以精锻出的齿形为基准，加工所有的加工面。设计中，采用齿形定位体与

锻件毛坯齿形啮合实现齿形定位，这样保证基准的重合。行星齿轮球面半径尺寸是安装距尺寸，该尺寸是空间尺寸。工艺设计中采用在配对检具上通过与标准齿轮啮合进行检测。安装距通过设计球面垫片来调整。然后在三坐标上检测调整到理论安装距。也可以利用与定位体啮合后检测齿轮的安装距，该方法比较简单，但却不能检测齿轮的啮合精度（径向综合跳动误差和径向一齿跳动误差以及接触区）。

为了保证齿形和里孔基准重合并对热处理产生的齿形变形进行修正，热后磨里孔序在内孔磨床上采用齿形定位磨里孔的加工方法。设计合理的磨里孔夹具是该序的关键。设计上采用与产品齿形相同的电极加工定位元件，通过该定位元件与零件齿形啮合进行定位（见图2）。磨里孔时，将工件放在夹具的定位体（件4）上，工件齿

形与定位体齿形啮合，通过拉紧部件（件2）拉紧工件，工件则实现自动定心。采用该种工艺方法磨里孔，可以有效修正齿形变形和由于加工基准转换产生的误差。提高夹具的定位精度。保证了齿轮加工精度要求。

2.3 工艺改进

近年来随着高强度数控车床的投入使用，多数齿轮生产企业已经开始采用以车代磨的工艺技术。该项技术在行业内已经是成熟技术，目前有逐渐取代热后磨里孔球面的趋势。对于该技术，对457桥行星齿轮进行了热后以车代磨的工艺试验（见图3）并应用到生产中。通过工艺试验和生产验证，该工艺技术与传统的磨削工艺相比具有如下优点：

- (1) 生产效率高；
- (2) 表面质量高；
- (3) 对工人的技术水平要求低；
- (4) 可以采用干切技术，减少废污排放，有利于环境保护；
- (5) 使用的夹具结构简单，制造成本低，制造周期短。

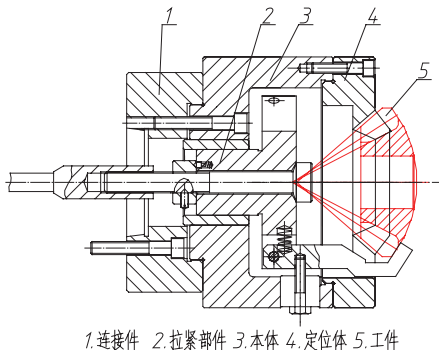
由于磨球面工序的效率高，而且质量稳定，在进行行星齿轮热后车削工艺试验中，只进行了车里孔试验，这样磨球面工序效率高，可以仍然采用，热后车里孔可以根据品种有选择地进行车球面，即释放数控车的压力，又能充分利用球面磨床资源。

热后车削的工艺技术也存在一定的局限性，对于行星齿轮里孔或球面设计有油槽的零件不适用车削工艺方法，只能采用磨削的工艺方法。

3 半轴齿轮的工艺设计与制造

3.1 工艺分析

半轴齿轮的加工中，同样需要保



1.连接件 2.拉紧部件 3.本体 4.定位体 5.工件

图2 锥齿轮磨里孔夹具

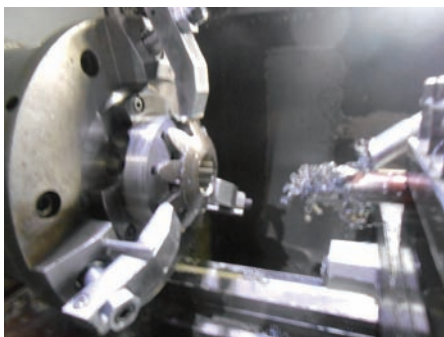


图3 热后在数控车床上车里孔

证齿轮的安装距尺寸,是保证齿轮正确啮合的前提。齿轮啮合精度直接影响驱动桥在行驶中的平稳性。半轴齿轮的花键孔相对于里孔的同轴度误差是影响齿轮的制造精度和检测精度的主要因素。在工艺设计中重点控制该技术参数是半轴齿轮加工的关键环节。

3.2 工艺设计

在机加工工艺设计中,首先以齿形定位精镗里孔。该序是关键工序,直接影响后序的加工质量,因为后序的其它加工表面都是以里孔为基准。该序的控制参数一个是里孔的尺寸精度,其公差要求在0.03mm以内。另一个主要控制参数是齿轮的齿圈径向跳动误差,该参数是在万能测齿仪上检测,检测结果作为调整机床和夹具的依据。在夹具调整过程中,为使夹具定位体齿形中心达到理想的状态,采用标准的校准件(见图4)进行调整。校准件是采用加工中心直接加工成型,齿圈径跳误差控制在0.02mm以内,齿形精度达到4-5级GB11365。将校准件装卡到夹具定位体上旋转,用百分表测量校准件的里孔径跳。一般调整到0.03mm以内。这样加工出来的齿轮齿圈径向跳动误差能够保证在0.03-0.06mm之间,满足精度要求。

齿轮安装距尺寸是在精车端面外圆工序上保证,该序同样是加工过程的关键工序。以齿形和里孔定位精车基准端面和外圆,基准端面到啮合中心的距离就是半轴齿轮的安装距,该尺寸是一个空间参数,现生产采用在配对检具上与标准齿轮啮合进行100%测量来控制。

半轴齿轮与行星齿轮有所不同,热前加工基准是里孔,热后成品的检

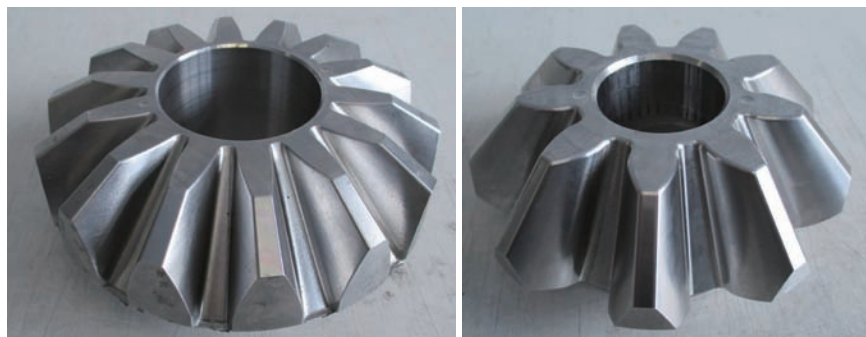


图4 用于调整精镗孔夹具的校准件



图5 在偏摆仪上检测径向跳动和端面跳动误差

测基准是花键孔,这里涉及到制造基准和检测基准转换的问题。为减小检测基准和制造基准的转换误差对齿轮精度的影响,在工艺设计上还要考虑尽量减小花键孔相对于里孔的同轴度误差。半轴齿轮热后花键孔不需要以齿形定位磨里孔,无法消除由于热处理变形的影响产生的误差。这就要求在热前,尽量消除花键孔相对于里孔的同轴度误差。工艺上解决该问题的方法是在进行拉刀设计时,一是控制拉刀前导尺寸公差,二是尽量减小前导与工件拉前孔的配合间隙,一般控制在0.02-0.03mm以内。三是工件浮动在拉孔夹具上,靠端面和外圆定位,外圆与夹具定位孔之间设计成0.5-1mm的间隙,在拉刀前导锥面的推动下,径向移动实现自动定心。消除了间隙的影响,同轴度误差基本可以控制在0.02-0.03mm以内。

4 加工中出现的问题、原因及措施

4.1 端面跳动和径向跳动超差

半轴齿轮在加工时出现基准面的端面跳动误差超差现象,该参数影响齿轮的装配精度。是比较关键的参数(要求0.08mm)。该序是精车工序,以齿形定位和里孔采用弹性芯轴涨里孔的卡紧方式,该种卡紧方式容易产生过定位,导致端跳和径跳超差。采用在精镗孔序一次装卡同时加工出里孔、基准端面、外圆及其它加工表面。这样加工出的齿轮端面和外圆径向跳动误差(见图5)均在0.02mm以内,完全满足图纸要求。该工艺技术是实现工序集中的加工方法,是齿轮行业发展方向。

表1是采用集中加工和原工艺方法加工的457桥半轴齿轮的2组相关参数的检测数据结果。

表1 半轴齿轮试验检测结果

样品编号	齿圈径跳 (mm)	端面跳动 (mm)	径向跳动 (mm)
1# (1#)	0.06 (0.056)	0.01 (0.07)	0.01 (0.10)
2# (2#)	0.05 (0.06)	0.01 (0.08)	0.01 (0.09)
3# (3#)	0.051 (0.045)	0.02 (0.08)	0.01 (0.08)
4# (4#)	0.065 (0.06)	0.01 (0.06)	0.01 (0.08)
5# (5#)	0.061 (0.045)	0.01 (0.07)	0.01 (0.09)
6# (6#)	0.06 (0.062)	0.01 (0.08)	0.01 (0.07)
7# (7#)	0.031 (0.04)	0.01 (0.07)	0.02 (0.06)
8# (8#)	0.03 (0.051)	0.01 (0.06)	0.008 (0.06)
技术要求	≤0.065	≤0.08	≤0.10

注: 表中括号内的数据是采用原有工艺加工的齿轮检测数据

通过对表1中的2组检测数据对比分析,可以看出采用工序集中的工艺方法,齿圈径向跳动误差无明显改善,但端面跳动和径向跳动误差明显减小,对提高齿轮的装配精度起到积极作用。同时,减少了磕碰的几率,提高了齿轮的表面质量。

4.2 行星齿轮倒角尺寸不一致

行星齿轮在车里孔倒角时,倒角尺寸出现大小不一致(见图7)的现象,影响外观质量。分析原因是锻造模具经过一段时间的磨损后,毛坯的轴向尺寸发生变化,最大的两个件的厚度尺寸相差2mm,原来采用的弹性芯轴是以里孔和端面定位。以工件小端面定位加工出来的零件由于工件的长短不一致,倒角尺寸产生大小不一致现象。将倒角序、粗车背锥序和精车背锥序原来使用的光孔弹性芯轴改成定

位体式弹性芯轴,将端面定位改成齿形定位,这样球面与孔角的相对位置保持一致,倒角尺寸一致性好。

5 齿轮的检测

5.1 齿圈径跳的检测

通过该参数的检测,主要监测模具的制造精度。由于目前模具还没有检测手段,验证模具的制造精度是否合格只能通过检测加工的零件的相关参数验证。齿圈径向跳动是其中较关键的参数之一,也是最直接的检验手段。因此在第一序精镗孔工序后检测齿圈径向跳动误差,是及时验证模具的工艺手段,同时也是对机床夹具进行确认的环节。该参数在万能侧齿仪(见图8)上检测。当更换模具或夹具时,要对该参数检测,该参数合格后才能进行后序生产。同时,现生产中按工

艺要求的频次检验,实现工序间的质量控制。

5.2 齿轮的综合检测

齿轮的综合检测在配对检具上分别与对应的标准齿轮啮合进行检测(见图9),检测的是齿轮的啮合精度。分为热前和热后检测,热前检测主要控制序间的齿轮参数,热后检测主要是对成品进行检测。检测内容包括:径向综合跳动误差和径向一齿跳动误差以及接触区。通过检测数据可以对制造环节影响齿轮参数的因素进行分析和有效控制,如径向综合跳动误差反映的是机加工的制造质量,而径向一齿跳动误差反映的是模具的制造质量。

5.3 齿轮的单项检测

齿轮的单项检测是在齿轮测量仪(见图10)上输入相关齿轮数据,通过探头测量齿形,通过软件同时生成几个参数的检测方法。是一种比较复杂的检测手段。检测的是齿轮的运动精度。检测内容包括:齿距误差、周节累计误差、周节差及齿圈径向跳动误差等参数。

6 结语

在精锻齿轮的制造过程中,涉及到锻造和机加工工艺设计,模具和夹具的制造,齿轮的锻造和加工,齿轮的检测等多种工艺技术。是比较典型的零件。每个环节都对齿轮质量和齿形精



图7 倒角尺寸改进前后对比



图8 在万能侧齿仪上检测齿圈径跳

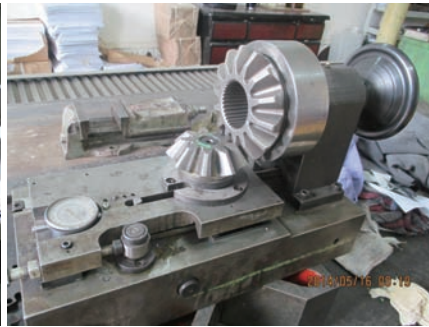


图9 在配对检具上进行综合检测



图10 在齿轮测量仪上进行单项检测

度有着较大的影响。掌握和分析各种影响因素是提高精锻齿轮质量的基本方法。在生产中通过积累的工艺经验,不断优化工艺,使得精锻齿轮的工艺

不断完善,齿轮的制造精度也得到很大提高。同时经过长期的工艺研究和工艺改进,在降低成本和提高效率方面也取得了明显的效果。[7]

(上接38页)

等性能。③纳米陶瓷涂料层的强化增韧。本项目加入微米 ZrO_2 以及复合稀土氧化物,使烧结温度降低至 $1600^{\circ}C$ 以下,有效阻止晶粒异常长大,使组织更致密和晶粒更细化,并能使晶粒由等轴晶向柱状晶变化。

4 技术经济指标

① 粘度($\phi 6mm$ 粘度杯): $8\sim 10$ 秒 ②密度: $1.25\sim 1.35g/cm^3$ ③发气量: $20\sim 25ml/g$ ④悬浮性(24h): $\geq 95\%$ ⑤高温爆热性能:一级裂纹等级 ⑥浇注代表性铸铁件: $Ra 25\sim 50\mu m$

5 经济效益和社会效益

纳米复相陶瓷涂料已经在在汽车铸件、机床铸件和铁路机车铸件等铸铁、铸钢件生产中应用了3年的时间,可以取代黑色的石墨涂料,明显改善了铸造车间的作业环境;具有优良的屏蔽隔离性能,能够有效防止树脂砂铸件表面渗碳、渗硫和粘砂、气孔等缺陷的产生,提高铸件的表面质量和企业的生产效率,具有明显的经济和社会效益。

6 促进行业科技进步作用

本项目不仅在国内,而且在国际上也是首次将 Al_2O_3-SiC 陶瓷涂料引入到砂型铸造生产中,开创性地提出了铸造涂料开发研究的新思路,标志着当今铸造用涂料的最新发展前沿,充分满足能源、交通、冶金、机械等装备制造行业对大型、优质、高端铸件的需求。[7]

主要完成单位:沈阳铸造研究所
主要完成人:谢华生,尹绍奎,祝强,李玲,李汉钺,谭锐,刘加军

参考文献

- [1] 任嘉卉.公差与配合手册.北京:机械工业出版社,2000.
- [2] 齿轮手册编委.齿轮手册.北京:机械工业出版社,1994.

作者简介

作者姓名:赵树军,工作单位:一汽解放公司长春特种车分公司,职务:一汽专家,职称:高级工程师,通讯地址:吉林省长春市经济开发区兴隆大陆6333号,邮政编码:130102,电话:0431-84599164,传真:0431-84582587,电子邮箱:1277376414@qq.com

作者姓名:官庆芳,工作单位:一汽解放公司长春特种车分公司,职务:一汽专家,职称:高级工程师,通讯地址:吉林省长春市经济开发区兴隆大陆6333号,电话:0431-84599188,传真:0431-84597224,电子邮箱:348783757@qq.com

提升拖拉机壳体类零件清洁度的试验研究

焦凤菊, 段华荣, 曹晨

第一拖拉机股份有限公司工艺材料研究所, 河南洛阳, 471004

摘要: 本文根据壳体零件的污垢特点, 对所用清洗剂提出技术要求, “加权因素”评定法试验选用合适的清洗剂, 并对选定的清洗剂进行实验室清洗工艺正交试验和在特定清洗设备上正交试验选取最佳清洗工艺参数, 在选定的清洗剂及清洗工艺条件下, 对清洗后的壳体零件进行清洁度检测。试验结果的应用达到了良好的效果, 使得壳体类零件的清洁度得到了很大的提高。

关键词: 壳体类零件; 水基金属清洗剂; 正交试验; 清洁度

The Experiments Research of Improvement on Cleanliness of the Tractor Shell Parts

Feng-ju Jiao, Hua-rong Duan, Chen Cao

Technology and Materials Research Institute of First Tractor Company Limited, Luoyang, Henan 471004

Abstract: Based on the characteristics of dirt of shell parts in this paper, the technical requirements of cleaning agents used were put forward, we choose suitable cleaning agents through weighted factor rating method, and the laboratory cleaning process orthogonal test were carried on for the selected cleaning agents and the best cleaning process parameter was selected through orthogonal test in particular cleaning equipment, the cleanliness testing on the shell parts after cleaning were carried on under the condition of selected cleaning agents and cleaning technology. The application of experimental result achieved a good result which the cleanliness of shell parts have been greatly improved.

Keywords: shell parts; water-based metal cleaning agent; orthogonal test; cleanliness

拖拉机上的主要壳体类零件有发动机箱体、缸体、传动箱、车桥壳体、变速器箱体等等, 这些壳体类零件承载着整个拖拉机的动力部分和动力传动部分的工作任务, 其清洁度关乎着整个拖拉机的质量、耐用性和使用寿命。

壳体类零件常用的清洗方法有浸泡喷淋清洗, 定点定位压力清洗, 超声波清洗, 浪涌式翻转清洗等多种化学和物理清洗方式, 以及复杂腔体的

多种清洗方式组合清洗。在整个清洗过程中不单要考虑清洗方式, 还要考虑被清洗零件材质、污垢特点、污龄长短, 结合材质及污垢特点及清洗设备, 选用合适的清洗剂、清洗工艺, 才能保证被清洗零件的清洁度满足制造工艺要求, 达到提高产品质量的目的。下面以壳体类零件清洁度提升所做的从清洗剂选用、清洗工艺研究及清洁度的检测进行详细的阐述。

1 桥壳壳体零件的污垢特点

由于拖拉机壳体类零件大多为铸铁和球铁类壳体铸件, 以其结构和加工方式会存在如下污垢特点:

(1) 在铸造过程中, 壳体类零件的表面和内腔会粘附有大量铸造型砂, 虽经抛丸、振荡等工艺予以强制清理, 但仍会有一些型砂颗粒、粉末及氧化皮粘附在零件的表面和内腔壁上;

(2) 壳体类主件材质为铸铁和球

铁件，存在有湿式切削液加工和干式切削加工两种方式，加工后铸件虽经压缩空气对零件表面和内腔的铁屑进行吹扫，壳体上仍残留碎末状铁屑；

(3) 贮藏、运输过程中，壳体类零件表面和内腔裸露部分会粘附有防锈剂、灰尘、氧化物等杂质碎末；

(4) 多种原因形成的附着不牢的漆膜。

在清洗设备确定的情况下，针对上述污垢特点，选用合适的清洗剂 and 清洗工艺，对提高拖拉机壳体类零件清洁度具有十分重要的意义。

2 “加权因素”评定法选用合适清洗剂

依据被清洗壳体类零件的污垢特点主要为粘附在桥壳内腔的铸造氧化皮和砂粒、加工铁屑及少量的加工冷却液和灰尘等。现以棘爪步进探针式清洗设备上清洗壳体类零件为例，清洗剂选用满足如下技术要求如下：

(1) 棘爪步进探针式清洗机采用喷淋清洗桥壳零件表面和定点定位喷淋方式清洗壳体零件内腔，有效清洗时间2分钟。清洗剂清洗率必须达到90%以上；

(2) 清洗剂配制成3%清洗液时，pH值控制在8~10.5之间；

(3) 清洗液最佳使用温度控制在60℃以下，清洗剂具有一定的高温稳定性；

(4) 清洗设备喷淋最高压力分别为0.8Mpa和1.5Mpa，因此，清洗剂检测泡沫高度控制在2mm以内；

(5) 清洗剂防锈应满足铸件单片24h特定温湿度条件下不生锈；生产现场清洗后零件的防锈时间控制在7天以上；

(6) 清洗剂原液中不含亚硝酸钠和各种磷酸盐；

(7) 清洗剂具有较强的抗硬水性，能够适应当地的硬水；

(8) 清洗液在使用时的最高配比浓度不超过5%。

以上对清洗剂的技术要求是针对拖拉机桥壳的清洗而提出，是为了满足棘爪步进探针式清洗机对大批量流水线生产清洗而限定的技术条件。对于其他壳体类零件，由于其不同加工条件和清洗工艺要求，其对清洗剂的技术要求并不一定完全相同，可以视具体情况选用合适的清洗剂。

2.1 清洗剂的性能因素权重分值设定

根据壳体类零件清洗用清洗剂的技术要求，选取五个品牌清洗剂产品，按照JB/T4323.1-1999的检测方法对其如下理化性能进行检测，并根据其理化性能指标对零件清洗质量的综合影响和重要性，为每个理化性能因素设定权重分值如下表1所示。

2.2 清洗剂理化性能检测结果

将5各品牌的清洗剂命名为A,B,C,D,E。按照JB/T4323.1-1999的检测方法对五个品牌的清洗剂理化性能检测结果如下表2所示：

表1 清洗剂理化性能因素设定分值

序号	因素	设定分值	序号	因素	设定分值
1	外观	2	6	硬水适应性	3
2	pH值	2	7	消泡性	6
3	清洗效率	10	8	亚硝酸钠含量	5
4	腐蚀性	7	9	五氧化二磷含量	3
5	防锈性	9	10	实验室废液COD量	3

表2 清洗剂理化性能检测结果

序号	检验项目 (3%溶液)	A清洗剂	B清洗剂	C清洗剂	D清洗剂	E清洗剂
		(3%溶液)	(3%溶液)	(3%溶液)	(3%溶液)	(3%溶液)
1	外观	均匀、淡黄色液体	少许白色油状漂浮物	均匀、淡黄色液体	均匀、淡黄色液体	均匀 透明
2	清洗率	94.2%	90.0%	93.9%	46%	72.5%
3	防锈性	45号钢	合格	合格	合格	合格
		H20铁	合格	合格	合格	合格
4	腐蚀性	45钢	不合格	不合格	合格	合格
		H20铁	合格	合格	合格	合格
5	硬水适应性	少许白色沉淀物	少许白色沉淀物	均匀透明、无析出物	均匀透明、无析出物	均匀透明、无析出物
6	PH值	11.0	10.0	11.0	10.0	11.0
7	消泡性	即时泡沫：3 mm，稳定泡沫：0mm	即时泡沫：4 mm，稳定泡沫：0mm	即时泡沫：5 mm，稳定泡沫：0mm	即时泡沫：3 mm，稳定泡沫：0mm	即时泡沫：3mm，稳定泡沫：0mm
8	水不溶物	0.47%	0.47%	1.2%	0.12%	0.2%
9	漂洗性	有少量残留油状物	有少量残留油状物	有少量残留油状物	有残留油状物	有残留油状物
10	高温稳定性	上层有油状分层	上层油状分，分层中含有色絮状物	均匀无分层	均匀无分层	均匀无分层

(续表)

序号	检验项目 (3%溶液)	A清洗剂	B清洗剂	C清洗剂	D清洗剂	E清洗剂
		(3%溶液)	(3%溶液)	(3%溶液)	(3%溶液)	(3%溶液)
11	亚硝酸钠含量	无	无	无	无	无
12	五氧化二磷含量(固体)	无	无	8400mg/L (8.4%)	无	无
13	实验室废液 有机物耗氧量 (COD)	8494mg/L	2155mg/L	6629mg/L	18946.5 mg/L	4894 mg/L
14	表面张力 (mN/m)	23.88mN/m	27.01mN/m	47.76 mN/m	25.34 mN/m	49.79 mN/m

2.3 清洗剂每一项理化性能等级设定

对清洗剂的每一项理化性能设定为A、E、I、O、U等五个等级值，且分别为：A=4，E=3，I=2，O=1，U=0。

设定各项理化性能的等级标准如下：

(1) 清洗率等级标准：A(≥90%)；E(80%~90%)；I(70%~80%)；O(60%~70%)；U(≤60%)。

(2) pH值等级标准：合格为7~11；<7或>11均为不合格，定为7~10为A级；>11为U级。

(3) 防锈性等级标准：合格为A级；不合格为U级。(对铸铁试片而言)

(4) 腐蚀性等级标准：合格为A级；不合格为U级。(对铸铁试片而言)

(5) 硬水适应性等级标准：均匀无沉淀为A级；有极少量沉淀为E级；有大量沉淀物为U级。

(6) 消泡性等级标准：即时泡沫≤5mm，稳定泡沫为0mm，为A级；即时泡沫在5mm~15mm，稳

定泡沫为0mm，为E级；即时泡沫在15mm~25mm，稳定泡沫≤5mm，为I级；即时泡沫≥25，稳定泡沫≥5mm为U级。

(7) 亚硝酸钠含量等级标准：不含亚硝酸钠为A级；含亚硝酸钠为U级。

(8) 五氧化二磷含量等级标准：不含五氧化二磷为A级；含五氧化二磷为U级。

(9) COD含量等级标准：≤2000mg/L为A级；2000mg/L~4000mg/L为E级；4000mg/L~6000mg/L为I级；6000mg/L~10000mg/L为O级；≥10000mg/L为U级。

(10) 外观等级标准：均匀透明为A级；均匀无沉淀但不透明或分层为E级；有少量沉淀物或悬浮物为I级；有沉淀物或分层为O级。

2.4 清洗剂理化性能加权因素评定结果

依据检测结果和设定等级标准进行综合评定结果如下表3所示：

表3 清洗剂理化性能检测结果和设定等级标准的综合评定结果

序号	因素	设定 分值	样品A		样品B		样品C		样品D		样品E	
			等级	分值	等级	分值	等级	分值	等级	分值	等级	分值
1	外观	2	A/4	8	I/2	4	E/3	6	E/3	6	E/3	6
2	pH值	2	E/3	6	A/4	8	E/3	6	E/3	6	E/3	6
3	清洗率	10	A/4	40	A/4	40	A/4	40	U/0	0	U/1	10
4	腐蚀性	7	A/4	28	A/4	28	A/4	28	A/4	28	U/0	0
5	防锈性	9	A/4	36	A/4	36	A/4	36	A/4	36	A/4	36
6	硬水适应性	3	A/4	12	A/3	9	E/3	9	A/4	12	E/3	9
7	消泡性	6	A/4	24	A/4	26	A/4	26	A/4	24	A/4	24
8	亚硝酸钠含量	5	A/4	12	A/4	20	A/4	20	A/4	20	A/4	20
9	五氧化二磷含量	3	U/0	0	A/4	12	A/4	12	A/4	12	U/0	0
10	实验室废液COD	3	O/1	3	A/3	9	O/1	3	U/0	0	E/3	9
总分合计			177		190		184		144		120	
评定结果排序			3		1		2		4		5	

得分最高的为清洗剂技术要求各项综合评定第一，其次以分数高低排列。

依据表3“加权因素”对清洗剂排序评定结果，对前三家的清洗剂进行壳体零件清洗工艺的试验研究。

3 桥壳零件在棘爪步进式清洗设备上的清洗工艺研究

根据壳体零件的结构特点及其污垢特点,在生产工艺中采用较高一些的喷淋压力对桥壳内腔进行定位清洗的棘爪步进探针式清洗机,解决浸泡清洗和通过式喷淋清洗不能达到很好地清洗桥壳内腔的问题。

3.1 实验室及清洗现场清洗工艺试验方案

在清洗机一定的情况下,清洗工艺的最佳条件可以采用三因素三水平正交试验选定,三因素为:清洗液浓度、清洗温度、清洗时间;三水平

为分别为:浓度:3%、5%、7%;温度:40℃、50℃、60℃;时间为:100秒、180秒、260秒。

依据所选定的“三因素三水平”,对前三家的清洗剂,分别进行“实验室”和现场清洗工艺试验。试验为每一种清洗剂正交试验次数为9次,三种清洗剂试验次数共计27次,分别得出实验室和清洗现场正交试验结果如下。

3.1.1 “实验室”清洗工艺正交试验结果

对3种清洗剂分别进行“实验室”清洗工艺正交试验,根据正交试验的清洁度检测值,得出三因素对清洁度值的影响极差试验结果如表4所示:

由上表4可以看出,三种清洗剂的

“实验室”正交试验结果表明:浓度、温度、时间(三因素)对清洗效率的影响程度,总体趋于一致,即,清洗温度影响很大,平均极差25.30,为其主要影响因素,且其水平值分别为:50℃(B)、60℃(A)、60℃(C)。另外,其次要影响因素分别依次为:清洗时间(平均极差3.36)、槽液浓度(平均极差2.45)。

3.1.2 生产现场清洗工艺正交试验

用完成实验室清洗工艺正交试验的3种清洗剂进行清洗现场正交试验研究,根据正交试验的清洁度检测值,得出三因素对清洁度值的影响极差试验结果如表5所示。

三种清洗剂的“生产现场”正交试验结果表明:浓度、温度、时间(三因素)对清洗效率的影响程度,总体趋于一致,即,清洗温度影响很大,平均极差25.31,为其主要因素,且其水平值均为:60℃(A、C、B)。另外,其次要因素分别依次为:清洗时间(平均极差10.44)、槽液浓度(平均极差12.30)。

3.2 “生产现场”与“实验室”试验综合分析

(1)由表4、表5比较知,就其主要影响因素而言,“实验室”与“生产现场”正交试验结果,基本趋于一致,即,清洗温度均为二者的主要影响因素,且平均极差值极为相近。这表明:对于同一清洗剂而言,按照同样的试验条件(如三因素、三水平),其“实验室”的正交试验结果对其“生产现场”的清洗工艺研究具有重要的参考价值及指导意义。

(2)就其次要因素(槽液浓度、清洗时间)平均极差而言,虽然,“实验室”与“生产现场”的所得结果出入

表4 3家提供的清洗剂样品“实验室”正交试验结果

序号	清洗剂	优组合/极差			正交试验次数	总次数
		浓度/极差	温度/极差	时间/极差		
1	B	7% / 3.16	50℃ / 20.56	260s / 4.01	9	27
2	C	7% / 1.02	60℃ / 26.78	180s / 4.25	9	
3	A	7% / 3.18	60℃ / 28.55	100s / 1.82	9	
平均极差		2.45	25.30	3.36		
影响程度		清洗温度(25.30) > 清洗时间(3.36) > 槽液浓度(2.45)				

表5 3家提供的清洗剂“生产现场”正交试验结果

序号	清洗剂	优组合/极差			正交试验次数	总次数
		浓度/极差	温度/极差	时间/极差		
1	B	3% / 8.18	60℃ / 24.52	100s / 10.16	9	27
2	C	3% / 17.65	60℃ / 24.92	100s / 12.46	9	
3	A	5% / 11.08	60℃ / 27.10	260s / 8.71	9	
平均极差		12.30	25.51	10.44		
影响程度		清洗温度(25.51) > 槽液浓度(12.3) > 清洗时间(10.44)				

表6 未进行清洗试验研究以前,现场清洗零件的清洁度值

零件编号	外表面清洁度值(mg)	内腔清洁度值(mg)
H12-251	154.0	401.5
H12-318	147.2	354.9

表7 清洗试验研究以后,现场清洗零件的清洁度值

零件编号	外表面清洁度值(mg)	内腔清洁度值(mg)
H1-387	53.4	69.8
H1-564	62.1	80.96

较大，即“生产现场”的槽液浓度平均极差(12.30)、清洗时间平均极差(10.44)，远远高于“实验室”的槽液浓度平均极差(2.45)、清洗时间平均极差(3.36)。但是，究其原因，主要是因为生产现场的每一个桥壳零件的污染程度，尤其桥壳内腔所粘附铸造型砂的程度是不一样的，不可能像“实验室”试验那样，人为模拟制造“同一污垢”作为被清洗对象，因而，这种情况可视为正常之事，并不影响最终试验结果的得出。

3.3 壳体类零件最佳清洗工艺参数

通过清洗工艺正交试验。由表4和表5知，影响产品清洗效率的主要因素为清洗温度，其水平指标要求也指向60℃，这是一个必须严格予以关注的工艺参数指标，另外，对于一些比较次要因素指标——槽液浓度或清洗时间，可以结合“生产现场”的实际情况，并依据优质、高产、低消耗的原则选取其具体的水平值，如生产成本、生产节拍、生产管理、清洗设备等因素，适时调整一些次要的可变因素。因此，最终确定桥壳主件的最优清洗工艺参数为：槽液浓度3%，清洗温度60℃、清洗时间100s。

4 壳体类零件清洁度检测及清洗清洁度提升

以前桥类零件清洁度检测，多采用孔径为38 μm的400目不锈钢过滤筛过滤清洗液，因而，小于38 μm的颗粒物可以通过筛孔进入到滤液之中，即小于38 μm的颗粒物不作为残渣计入清洁度的检测结果。有研究资料显示，颗粒物直径为10 μm—40 μm之间时，对传动副、滑动副的磨损为其最大。所以在选定的清洗剂和清洗工艺条件下，对清洗后的桥壳零件进行清洁度检测试验，采用重量法测定桥壳零件的清洁度，抽滤清洗液时选用5 μm的滤膜抽滤。

为了对所选用的清洗剂及清洗工艺进行验证，分别测定桥壳零件外表面及内腔清洁度进行了对比试验，试验结果如下表6、表7所示：

表6为生产现场清洗试验未进入之前，生产现场使用通过式清洗机和自行采购的清洗剂清洗后的两个桥壳零件，用重量法测定这两个桥壳零件清洁度值(抽滤用5 μm的滤膜)

表7为生产现场清洗试验进入后，采用棘爪步进探针式清洗机，选用的

合适清洗剂和最佳清洗工艺条件下清洗的桥壳零件，用重量法测定两个壳体零件清洁度值(抽滤用5 μm的滤膜)。

从清洁度检测结果来看，选用合适的清洗剂及生产现场清洗工艺，壳体零件的清洗质量有了显著的提高。

总之，通过依据清洗对象的污垢特点，提出清洗剂的技术要求，试验确定最合适的清洗剂以及最佳清洗工艺参数(3%、60℃、100s)等，一系列的提升拖拉机壳体类零件清洁度试验研究成果已在公司壳体类零件“生产现场”清洗工序中得到广泛的推广应用，并取得良好的效果，可以说，既满足了环保的要求，又达到了提高拖拉机壳体类零件清洁度，提升清洗品质，提高拖拉机产品质量的目的。T

作者简介

焦凤菊，第一拖拉机股份有限公司工艺材料研究所，实验室主任，高级工程师，通讯地址：河南省洛阳市建设路154号第一拖拉机股份有限公司工艺材料研究所，电话：037964968324，传真：037964968156，Email：2268923912@qq.com

工艺百科

中国制造2025

《中国制造2025》提出了我国制造强国建设三个十年的“三步走”战略，是中国制造业未来第一个十年的顶层规划和路线图。“中国制造2025”应对新一轮科技革命和产业变革，立足我国转变经济发展方式实际需要，围绕创新驱动、智能转型、强化基础、绿色发展、人才为本等关键环节，以及先进制造、高端装备等重点领域，提出了加快制造业转型升级、提升增效的重大战略任务和重大政策举措，通过努力实现中国制造向中国创造、中国速度向中国质量、中国产品向中国品牌三大转变，推动中国到2025年基本实现工业化，迈入制造强国行列。

一种石油测井仪器外壳内孔壁加工工装研究

1010011011010 饶立强 0101

中船重工第七研究院, 北京环鼎科技有限责任公司 北京 102200

摘要: 本文提出并开发一种新型用于石油测井仪器外壳内孔壁上的加工工装, 即Z形钻头。该工装采用齿轮传动结构设计, 动力由铣床主轴提供, 经过生产实践, 证明该工装能高效的完成一系列内孔壁上腰形槽、键槽、圆孔的加工, 具有一定的经济与社会效益。

关键词: 工装设计; 齿轮传动; 悬臂结构; 孔内腰形槽; 键槽加工

Research on a Machining Tooling for the inner hole Wall of Oil Well Logging Shell

Liqian RAO

The Seventh Institute of China Shipbuilding Industry Corporation, Huanding Energy Services,
Beijing, 102200

Abstract: This paper puts forward a new type of machining tooling for the inner hole wall of oil well logging shell, namely the Z style drilling & milling head. The structure of this tooling is gear transmission, which power is provided by the principal axis of milling machine. Through production practice, it is proved that this tooling could efficiently complete a series of lumbar shaped groove, key groove, circular hole processing on the inner hole wall, having great economic and social benefits.

Key Words: tooling design; gear transmission; cantilever construction; lumbar shaped groove; key groove machining

1 前言

目前, 在我国装备制造行业, 尤其是石油测井仪器领域, 内孔壁加工是一个重大技术难题, 是提升我国制造业水平的关键技术。以石油测井仪器外壳的内孔壁上腰形槽加工为例, 如图1所示, 此槽对仪器芯体的定位、锁紧起着至关重要的作用, 因此对零件的加工精度、表面粗糙度和形位公差要求都非常严格。目前最常用的技术手段是采用电火花加工, 但电火花方法加工存在着成本高且效率低的严重问题, 仅适合单件小批量生产, 严重制

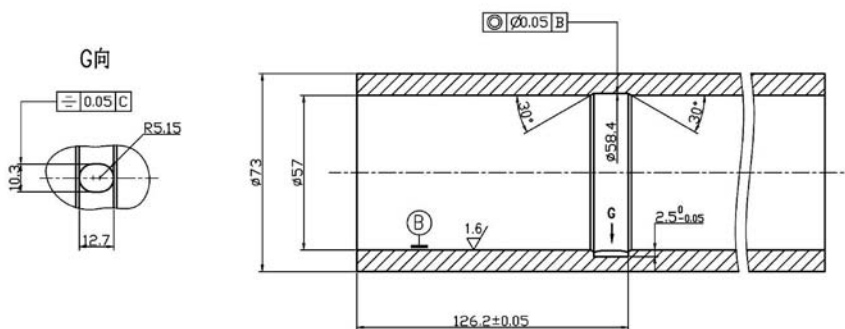


图1 某外壳内孔壁上腰形槽尺寸及公差

约批量生产的发展需求。为解决以上问题, 本文提出并开发一种新型内孔壁加工工装—Z形钻头, 经实践证明, 工作效率大大提高, 生产升本明显降低, 创造出了很好的经济与社会

效益。

2 Z形钻头

目前, 较为常见的仪器外壳材料有2Cr13、钛合金(Tc4、Tc11)、沉淀硬

化不锈钢(0Cr17Ni4Cu4Nb)和铍青铜(QBe2)等。其中石油测井仪器是在距地面几千米的井下环境工作,要求外壳强度高、耐磨性好,硬度在洛氏硬度HRC40度以上。因此工装设计必须充分考虑整体结构的坚固性、传动结构的平稳性、悬臂结构的强度和刚性以及刀具装夹的快捷性和互换性。

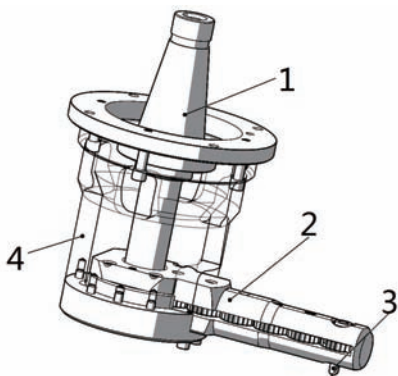


图2 Z形钻头现场加工图

如图2所示,本工装是安装在立式升降台铣床X5032A上使用的,通过四个M10×45内六角圆柱头螺钉与机床主轴箱体连接,动力通过铣床主轴传递。如图3所示,Z形钻头由四个部分组成:1. 动力传动轴,如图3(1)所示;2. 齿轮传动臂,如图3(2)所示;3. 切削刀具组件,如图3(3)所示;4. 箱体,如图3(4)所示。

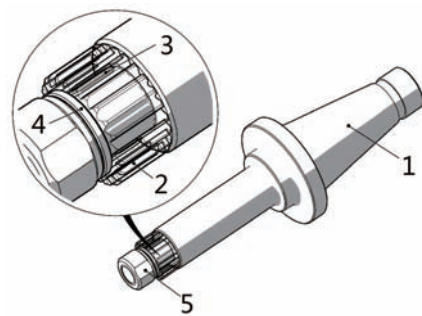
2.1 动力传动轴

动力传动轴由以下几个零部件组成:1. 锥柄传动轴,如图4(1)所示;2. 主轴齿轮,如图4(2)所示;3. 定位键,如图4(3)所示;4. 垫片,如图4(4)所示;5. 锁紧螺母,如图4(5)所示。锥柄传动轴,用机床附件铣床主轴3号锥刀杆改制而成,主轴齿轮模数 $m=1.5$,齿数 $z=24$,齿轮厚度为20mm,选用这种齿轮的原因在于其厚度满足装配要求,其目的是解决动力传动轴在装配过程中即便是有一定的上下误



(1) 动力传动轴 (2) 齿轮传动臂
(3) 切削刀具组件 (4) 箱体

图3 Z形钻头总装效果图



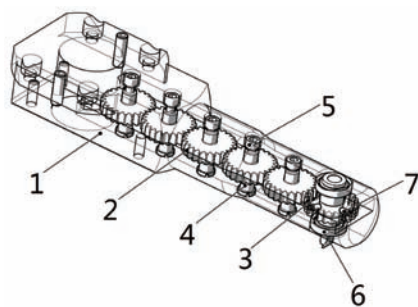
(1) 锥柄传动轴 (2) 主轴齿轮 (3) 定位键
(4) 垫片 (5) 锁紧螺母

图4 动力传动轴效果图

差,也能很好的和齿轮传动臂上最左边的那个齿轮啮合,如图4所示。

2.2 齿轮传动臂

齿轮传动臂是由下面这些零部件组成的:1. 齿轮架,如图5(1)所示;2. 五个完全一样的模数 $m=1.5$,齿数 $z=24$,齿轮厚度为9mm的连接齿轮,如图6(2)所示,用于传递动力和扭矩;3. 一个模数 $m=1.5$,齿数 $z=24$,齿轮厚度为9mm的接刀齿轮,如图6(3)所示,将齿轮上的动力传递到钻铣刀具上;4. 5个齿轮定位轴,如图6(4)所示,用于固定连接齿轮;5. 5个M6×15内六角圆柱头螺钉,如图6(5)所示,将齿轮定位轴固定在齿轮架上,保证动力平稳传递;6. 2个1000803深沟球轴承,如图6(6)所示;7. 3个M4×8内六角锥端紧定螺钉,如图6(7)所示。齿轮架作为重要部件,要求较高的强度和刚度,同时,需要保证加工精度和形位公差。五个连接齿轮分别通过齿轮固定销与内六角螺钉固定在齿轮架相应的位置上。接刀齿轮与连接齿轮的不同在于内孔较后者大一些,目的是扩大可用刀径的选用范围。而且在齿槽的中间径向均匀分布三个顶丝孔。两个1000803深沟球轴承要求紧密配合装在各自的位置上,如图5所示。



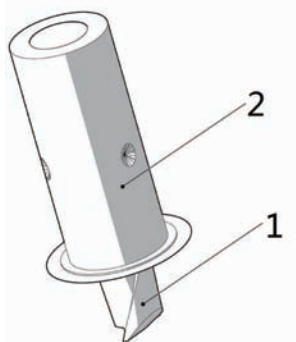
(1) 齿轮架 (2) 连接齿轮
(3) 接刀齿轮 (4) 齿轮定位轴
(5) M6×15内六角圆柱头螺钉
(6) 1000803深沟球轴承
(7) M4×8内六角锥端紧定螺钉

图5 齿轮传动臂效果图

2.3 切削刀具组件

切削刀具组件由两个部件组成:1. 键槽铣刀,如图6(1)所示;2. 刀套,如图6(2)所示。根据要加工键槽的宽度或孔的直径大小可以选择不同直径的铣刀,刀套的内孔随着所选刀径的大小进行相应调整。对于石油测井设备,由于所加工的工件硬度很高,因此选用硬质合金键槽铣刀。先将磨好的铣刀切成所需要的长度,装在刀套里合适位置,再用铜焊从上方溜焊使刀套和铣刀牢固地连在一起。刀套外径上钻有三个定位孔,用三个M4×8内六角锥端紧定螺钉,通过齿轮上的三个定位螺紋孔把刀具组件与齿轮固定,使刀具与接刀齿轮连成一体。上、下两

个轴承不仅能使刀具顺畅转动还可以防止刀具的摆动。刀套下端的台阶可以二次限制刀具位置,防止向上窜动,如图6所示。



(1) 键槽铣刀 (2) 刀套

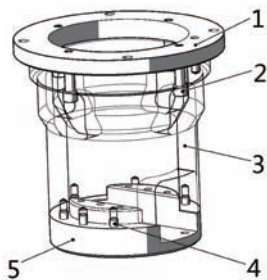
图6 刀具组件效果图

2.4 箱体

箱体采用分体式结构,由以下几个部件相互连接组合而成:1.连接盘,如图7(1)所示;2.4个圆柱头内六角螺钉,连接、固定连接盘与连接套筒,如图7(2)所示;3.连接套筒,如图7(3)所示;4.5个圆柱头内六角螺钉,如图7(4)所示,连接、固定连接套筒与转向底盘;5.转向底盘,如图7(5)所示。分体的目的是便于安装和调整,连接盘起过渡作用,上边可以通过四个M10×45内六角圆柱头螺钉和机床主轴箱上原有的四个螺纹孔连接。转向底盘是齿轮传动臂固定的地方,这里用4个M8×20和4个M8×28的内六角圆柱头螺钉,把转向底盘与齿轮传动臂紧紧地连在一起。再通过5个M8×28内六角圆柱头螺钉将转向底盘与连接套筒连接,形成了一个完整的工装,如图7所示。

2.5 Z形钻头加工

加工时按下列步骤进行:(1)根据工件上所需加工的腰形槽的宽度,换上相应的铣刀;(2)工件放在V形铁



(1) 连接盘 (2) M10×40内六角圆柱头螺钉
(3) 连接套筒 (4) M8×28内六角圆柱头螺钉
(5) 转向底盘

图7 箱体效果图

上按基准线找正夹紧;(3)以工件的零线和端面对刀,然后上下左右移动工作台来完成本工序的加工。如图8所示。

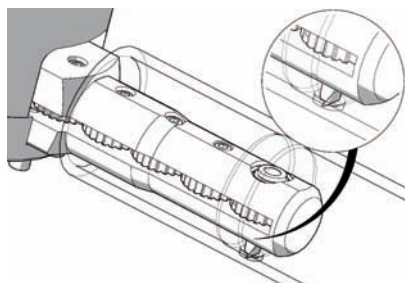


图8 Z形钻头工作示意图

3 小结

经多年的生产实践证明,本工装有以下3个方面的优点:

(1)加工性能好:结构紧凑,强度高,刚性好,加工的工件尺寸精度高,表面粗糙度低,震动小噪音低,传动平稳,使用寿命长。

(2)工艺性能好:操作简单,安装容易,拆卸方便,维修和保养大大简化,且刀具装卸方便快捷。

(3)经济效益好:制造容易,成本低,工作效率高,经实践证明一把铣刀可以反复使用三次。

不足之处在于,此工装受尺寸限制,对于小微尺寸内孔壁加工并不适

用,笔者将进一步开展研究。

综上所述,本文提出并开发了一种新型石油测井仪器内孔壁加工工装—Z形钻头,成功解决内孔壁加工这一重大技术难题,对提升我国制造业水平做出了重大贡献。且经实践证明使用本工装后,工作效率大大提高,仅以钛合金材料内孔壁加工为例,传统加工工艺电火花加工单件生产周期为15-20小时,采用Z形钻头加工日产20-30件,生产成本显著降低,创造出了巨大的经济与社会效益,填补了我国又一项重要技术空白。T

参考文献

- [1] 成大先主编. 机械设计手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [2] 孙恒, 傅则绍主编. 机械原理[M]. 4版. 北京: 高等教育出版社, 1989.
- [3] 濮良贵, 纪名刚主编. 机械设计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [4] 黄如林, 汪群主编. 金属加工工艺及工装设计[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.



CA6GV铝合金缸体砂型铸造技术开发

一汽铸造有限公司经过2年努力,完成V型铝合金缸体生产工艺开发项目,于2011年5月建成低压缸体生产线并投入使用,为集团自主研发提供强力技术支撑,实现H平台发动机自主研发生产,实现复杂铝缸体精密砂型铸造生产工艺零的突破。

该工艺采用机械手控制芯组低压浇注翻转凝固工艺,生产V6铝合金缸体,年生产能力3万件。工艺出品率达到56%,废品率10%以下,目前为集团提供V6铝合金缸体批量铸件,为高端红旗H7配备自主发动机。

该项目属产品研发类项目,2009

年6月,集团公司设计开发系列铝合金缸体发动机,由于当时铸造公司没有铝合金缸体生产技术,V6发动机铝缸体样件委托英国GW公司试制,同时集团公司责成规划部多次组织会议,要求铸造公司尽快开发铝合金缸体生产技术,形成批产能力,支撑集团自主汽车发展,由集团出资进行V6缸体批量生产工艺开发。

铸造公司组织相关技术人员成立项目组,制订研发计划,进行国内外调研交流,进行可行性生产工艺论证,进行技术经济生产能力论证,确定缸体生产工艺;实现向专业厂交钥匙工程。

铸造公司铝缸体项目组多次同设计师进行缸体结构铸造工艺论证,回油道结构设计更改工艺分析论证,进行试验工装设计加工,在铸造公司技术中心试车间进行多轮缸体样件浇注试验、组芯工艺试验、合金材料及热处理试验、缸套加热贴合工艺试验等试验研究工作;确定同国外公司合作,实现自动化批量生产,通过合作学习,提高铸造公司研发能力。T

主要完成单位:一汽铸造有限公司

主要完成人:孙树臣,夏振佳

铸铁件用复合陶瓷涂料的关键技术研究

1 项目重要性和意义

本项目结合砂型铸造的特点,系统研究陶瓷涂料在铸铁件砂型铸造上的应用,该项目的研究成功,对于提高我国大型、厚壁、复杂铸铁件的表面质量,克服超细多晶材料作骨料的铸型涂料耐热性的不足,添补高质量铸造涂料的空白,都具有深远的现实意义和开发应用前景。

2 立项背景

铸铁件占铸件总产量的70%以上,在我国国民经济中起了十分重要的作用。我国铸铁件的生产至今还是采用传统的石墨涂料,尽管能有效防止铸铁件的表面粘砂,但石墨色黑,存

在严重的黑色污染;微晶石墨粉易烧掉,对厚大铸铁件的防粘砂效果差;特别是石墨涂料层抗裂性差,对呋喃树脂砂浇注时产生的二氧化硫气体缺乏屏蔽作用,可使球墨铸铁件的表面渗疏而出现球化不良等诸多问题。

因此,要解决上述问题,必须开发一种耐火骨料中不含石墨的浅色铸造涂料;同时,这种涂料还要有较高的耐热性与较强的烧结特性,能有效防止铸件冲砂、粘砂与气体侵入,落砂时涂层也易自动剥离。

3 主要科技内容

本项目解决了以下问题:①陶瓷涂料中纳米粉体的分散。本项目采用超声波分散方法,并加入分散剂,调



节涂料的pH值,改变涂料颗粒之间的电势 ξ ,同时控制涂料的粘度,有效提高其分散稳定性。②纳米陶瓷涂层干燥时的开裂。采用磷酸盐作为粘结剂,形成具有网状结构的大分子包覆在基体表面,提高与基体的结合强度,解决了纳米陶瓷涂料层干燥时的开裂问题,同时提高涂料层的抗热震

(下转29页)

关于组织召开 2015年全国机电企业工艺年会的通知 (第一号)

各会员单位、有关单位：

为深入贯彻落实十八大会议精神，持续推进机械行业转型升级，确保“十二五”规划目标实现，为新一轮发展奠定基础，大力发展机械制造工艺，提高机械工业增长的质量和效益，促进装备制造业与战略性新兴产业发展，我会拟定于2015年10月举办2015年全国机电企业工艺年会并组织工艺征文活动。现将会议和征文活动有关事项通知如下：

一、2015年工艺年会主要内容

1. 行业报告——邀请有关部委与行业领导、专家作专题技术报告。
2. 经验交流——组织企业工艺创新经验交流，总结交流典型企业工艺改革创新工作经验。
3. 表彰先进——举行终身成就奖、杰出青年奖、优秀工艺师奖、工艺成果奖、优秀分支机构、先进工作者、优秀会员单位、百强制造工艺创新基地、有奖工艺征文等征集、评选、表彰活动。
4. 成果展示——先进制造工艺与装备展览会。
5. 现场考察——参观知名机械装备工业企业制造工艺创新成果现场。

二、组织“有奖工艺征文”活动

出版会议论文集，并推荐优秀论文在《金属加工》、《制造技术与机床》、《机械制造工艺》等刊物上发表，征文截止日期2015年6月15日。论文要求如下：

1. 征文内容：(1) 铸造、锻造、焊接、热处理、表面处理、切削加工等工艺技术创新；(2) 工艺设计、工艺管理与

(上接40页)

宣传。

四、申报截止日期：2015年5月20日

五、评选活动组织方法

本项活动由中国机械制造工艺协会负责受理申报材料、组织评审、颁发证书等事项。对评选结果，由我会发布信息，并进行宣传。

申报材料报送单位：中国机械制造工艺协会

地址：北京市海淀区首体南路2号1209室（邮编：100044）

技术改造；(3) 工艺管理；(4) 安全可靠性与检测；(5) 数控加工及工装夹具；(6) 新工艺、新技术、新装备与新材料应用；(7) 虚拟仿真及工艺装备应用

2. 应征文稿，应属于尚未公开发表。采用的事例、数据属实。

3. 应征文稿以附件形式将论文电子版，发给会务组联系人。

4. 论文篇幅：3000-7000字，论文须包含200字左右的中、英文摘要及3-8个关键词。论文格式要求详情见“年会论文模板”——可从中国机械制造工艺协会网站(www.cammt.org.cn)下载。

三、举办先进制造工艺与装备展览会

以实物或模型图片、资料等形式，展示贵单位在先进制造工艺技术、加工设备、工装辅具、新型工艺材料、软件、检测技术与装备、安全环保、质量攻关与技术改造等工作中的创新成果。请有意参加展会的单位于2015年6月31日前与会务组联系布展。

四、联系方式

联系人：田媛 杨娟 王金菊

电话(传真)：010-88301523, 010-68595027

邮箱：cammt_bjb@163.com

会议的具体召开时间、地点与报到事项等，将另行通知。

中国机械制造工艺协会

2015年1月19日

网址：www.cammt.org.cn 邮箱：cammt_jsb@163.com

电话：010-88301523 联系人：杨娟 宋文清 战丽

附件：(可从我会网站下载)

1. 中国机械制造工艺协会“百强制造工艺创新基地”评选办法；2. 中国机械制造工艺协会百强制造工艺创新基地申报表

中国机械制造工艺协会

2015年1月29日

关于开展2015年度 “百强制造工艺创新基地”评选活动的通知

各会员单位及有关单位:

为表彰在机械制造工艺创新工作中做出突出贡献的单位,展示我国机械行业制造工艺的整体实力,客观、真实的反映中国机械制造工艺近年来快速发展壮大的成绩,提升企业核心竞争力,推动企业做大做强。我会决定开展百强制造工艺创新基地评选活动。现将有关事项通知如下:

一、奖项设置

百强制造工艺创新基地

二、申报材料

1. 《百强制造工艺创新基地申报表》; 2. 相关申报材料 and 证明复印件; 3. 宣传照片2-3张(电子版), 清晰度600万像素以上, 用于公开宣传。

三、申报方法及程序

采取自愿申报、专家评审、公示、颁奖和推广宣传的形式。

1. 参加评选的单位和组织, 由企业自愿提出申报, 填写申报表和相关申报材料, 经企业同意并加盖企业公章后报送中国机械制造工艺协会秘书处, 纸质文件一式三份和电子版一套。申报表可从我会网站下载(网址: www.cammt.org.cn)。

2. 我会秘书处邀请行业专家, 依据评选办法对上报材料进行评审。

3. 评审公示及结果公布

初步评选结果将在2015年8月在我会网站: www.cammt.org.cn统一公示, 公示时间15天, 如对公示结果有异议可直接向我会秘书处反映。最终评选结果将在我会网站及会刊等媒体正式公布。

4. 颁奖及推广宣传

我会将在2015年全国机电企业工艺年会期间举行颁奖仪式, 对获奖单位进行表彰, 并在我会会刊及网站进行公开

(下转39页)

关于收取2015年度会员会费的通知

各会员单位:

根据第四届会员代表大会通过的《中国机械制造工艺协会章程》、第五届会员代表大会通过的《中国机械制造工艺协会会费交纳标准》和秘书处工作安排, 自通知下发之日起开始收取2015年度会员会费和补收以往年度会员会费, 现将有关事项通知如下:

一、会费收取标准

一般企业会员: 1000元/年; 理事单位: 2000元/年;

常务理事单位: 3000元/年; 副理事长单位: 5000元/年; 理事长单位: 6000元/年; 社团及事业单位按照上述企业会员会费各档标准的80%执行。

二、会费交纳时间

2015年7月15日之前。

三、会费交纳办法

缴纳会费按银行汇款方式或邮政汇款方式均可。

缴纳会费, 汇款时请注明“会费”字样, 补缴以往年度会费请注明所缴纳会费年度, 汇款后请将汇款单位名称、经办人姓名、工作部门、联系电话等信息通知协会秘书处。

我会秘书处收到会费后, 将及时开具社会团体会费收

据并挂号邮寄给汇款单位, 敬请注意查收。

户名: 中国机械制造工艺协会

开户银行: 中国工商银行北京礼士路支行

帐号: 0200003609014456387

通讯地址: 北京市海淀区首体南路2号1209室

邮编: 100044

电话: 010-88301523, 010-68595027

传真: 010-88301523

联系人: 杨娟 郭志丽 战丽

四、其他事项

1. 请接到通知后按会费标准和规定时间交纳会费。

2. 对于未能按时交纳会费的单位, 将取消当年参与我会组织的机械制造工艺科技成果奖、机械制造工艺师奖等评选活动的资格。

感谢各会员单位对我会各项工作的关心和支持。如有对我会工作的希望和要求, 以及对我会活动的意见和建议, 请随时与我们联系, 我们将努力提供相关服务。

中国机械制造工艺协会

2014年12月15日

关于组织2015年中国机械制造工艺终身成就奖、杰出青年奖、优秀工艺师奖评选活动的通知

各专业分会(专业委员会)、各会员单位及有关单位:

为弘扬工艺人员敬业爱岗、创新奉献精神,加强企业工艺高技能人才队伍建设,鼓励和发挥工艺技术人员在推动工艺自主创新、提升企业的工艺水平和市场竞争能力中的重要作用,以顺应广大企业和工艺技术人员愿望和要求,倾斜加强对工艺人才队伍的激励,中国机械制造工艺协会2015年将继续开展中国机械制造工艺终身成就奖、中国机械制造工艺杰出青年奖、中国机械制造工艺优秀工艺师奖的推荐评审工作。现将有关事项通知如下:

一、奖励项目

中国机械制造工艺终身成就奖5名、中国机械制造工艺杰出青年奖10名、中国机械制造工艺优秀工艺师奖50名,以上项目可空缺。

二、推荐范围

符合《中国机械制造工艺协会“中国机械制造工艺终身成就奖、杰出青年奖、优秀工艺师奖”评审条例》规定的相应条件的工艺技术人员。其中参评中国机械制造工艺杰出青年奖的人员年龄在四十五周岁(含四十五周岁)以下。

三、推荐方法及名额

“中国机械制造工艺终身成就奖”、“中国机械制造工艺杰出青年奖”和“中国机械制造工艺优秀工艺师奖”候选人由中国机械制造工艺协会理事(含)以上、各会员单位及分会(专业委员会)直接向协会推荐,推荐资格如下:

常务理事推荐人最多可推荐“中国机械制造工艺终身成就奖”和“中国机械制造工艺杰出青年奖”候选人各1人,“中国机械制造工艺优秀工艺师”2人;

理事推荐人最多可推荐“中国机械制造工艺终身成就奖”、“中国机械制造工艺杰出青年奖”和“中国机械制造工艺优秀工艺师”候选人各1人;

一般会员单位最多可推荐“中国机械制造工艺终身成就奖”和“中国机械制造工艺杰出青年奖”候选人各1人,“中国机械制造工艺优秀工艺师”3人;

分会(专业委员会)可推荐“中国机械制造工艺终身成

就奖”、“中国机械制造工艺杰出青年奖”候选人各2人,推荐“中国机械制造工艺优秀工艺师”5人;

理事(含)以上推荐名额不占用其所在理事单位、会员单位名额指标。原则上已经获得上述奖励者不再被推荐。鼓励长期从事工艺工作的我会副理事长、常务理事、理事积极申报“中国机械制造工艺终身成就奖”和“中国机械制造工艺杰出青年奖”。

四、填报、提交推荐材料

各单位在上述评选范围的人员中择优推荐,组织填写《中国机械制造工艺终身成就奖推荐表》、《中国机械制造工艺杰出青年奖推荐表》、《中国机械制造工艺优秀工艺师奖推荐表》及有关附件材料,并加盖推荐单位公章后报出。

提交纸质材料:一式2份,推荐表和附件材料合并装订。

提交电子材料:推荐表采用word格式文件,附件内容按顺序合成一个PDF格式文件(总大小不超过10M),附本人近期免冠一寸正面照片(电子版)。

五、申报截止日期:2015年5月20日。

六、评选组织说明

本活动由中国机械制造工艺协会负责进行登记、组织评审、颁发证书等事项。对评选结果,由我会发布信息,供企业选拔人才或用人单位参用,对其中业绩突出的典型人物,我会负责向上级机关及有关媒体推荐、宣传。

七、报送材料及通讯地址

报送单位:中国机械制造工艺协会

地址:北京市海淀区首体南路2号院1209房间

邮编:100044

网址:www.cammt.org.cn

邮箱:cammt_bjb@163.com

电话(传真):010—88301523

联系人:宋文清 田媛 杨娟

(评审条例和申报表均可从协会网站下载)

中国机械制造工艺协会

2015年2月4日

关于召开绿色制造与智能制造 发展高层论坛的通知

各会员单位、有关单位：

为了推动我国制造业绿色制造、智能制造水平，研讨相关技术发展前沿及应用技术成果，中国机械制造工艺协会、中国机械工程学会、潍坊高新技术产业开发区管理委员会、中国青年科技工作者协会制造与工程科学专业委员会联合举办绿色制造与智能制造发展高层论坛，会议邀请本领域知名专家、学者和企业界代表共同交流绿色制造和智能制造发展的前沿动态，以及各种新理念、新方法、新技术，促进绿色制造、智能制造技术、标准、装备、产品服务协同发展。

一、论坛时间：2015年4月25-26日

二、论坛地点：山东潍坊

三、论坛主题：绿色制造、智能制造助推中国制造

四、组织机构

(一) 指导单位

绿色制造产业技术创新战略联盟

机械科学研究总院

潍坊市人民政府

(二) 主办单位

中国机械制造工艺协会

中国机械工程学会

潍坊高新技术产业开发区管理委员会

(三) 承办单位

山东省3D打印暨先进制造综合服务平台

先进成形技术与装备国家重点实验室

中国智能制造产业技术创新战略联盟

(四) 协办单位

机械装备工业节能减排产业技术创新战略联盟

中央企业青年科技工作者协会

中关村未来制造业产业技术国际创新战略联盟

(五) 支持单位

广西玉柴机器股份有限公司 天瑞重工凿岩机械有限

公司

五、参会人员

参会人员主要为从事制造业绿色制造、智能制造等科研、生产企事业单位管理和技术人员，以及政府部门相关人员等。

六、活动内容及形式

本次会议拟邀请中国机械工程学会宋天虎监事长，中国机械工业联合会李冬茹副秘书长，机械科学研究总院副院长、中国机械制造工艺协会常务副理事长单忠德研究员，北京神雾集团董事长兼总裁吴道洪博士等专家进行特邀报告；拟组织参观潍柴动力股份有限公司、歌尔声学股份有限公司、天瑞重工凿岩机械有限公司、中国潍坊3D打印技术创新中心等单位。会议日程拟定如下：

时间		活动内容
25日	上午	注册报到
	下午	开幕式和特邀报告
26日	上午	技术参观

七、注册参会及后勤

本次会议不收取会议费。食宿、差旅费自理。

凡有意参加本次活动者，请于4月20日前将回执以传真、电子邮件或短信的形式反馈至会务组。

八、联系方式

联系人：田媛 洪海春 袁俊瑞 刘永华

电话：010-88301752, 13522100784 (田媛)

18811228132 (洪海春), 010-68799027 (袁俊瑞)

010-68799004 (刘永华)

传真：010-88301523 **邮箱：**cammt_bjb@163.com

地址：北京市海淀区首体南路2号院1213房间

附件：绿色制造与智能制造发展高层论坛回执 (可从协会网站www.cammt.org.cn下载)

中国机械制造工艺协会 中国机械工程学会

2015年3月31日