

机械工业

基础工艺成果及应用文集 (一)

机械电子工业部科技司

一九九二年

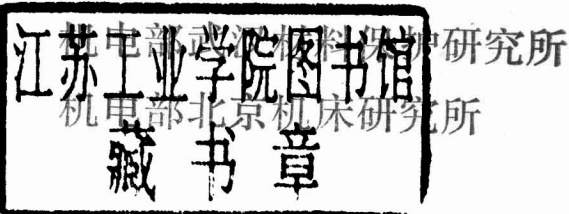
机 械 工 业

基 础 工 艺 成 果 及 应 用 文 集

机电部沈阳铸造研究所

机电部北京机电研究所

机电部哈尔滨焊接研究所



前 言

工艺技术是产品的加工方法和手段,是最活跃的生产力,是衡量机械工业水平的重要标志。先进的工艺技术是提高和改造传统工业的有力手段和发展高新技术产业的重要基础和有力的保证;工艺水平是机械产品制造和自主开发能力的主要标志,是产品质量,可靠性和新产品开发的主要制约因素。它直接决定了机械工业劳动生产率、材料和能源消耗、经济效益和环保状况。

基础工艺技术,如铸造、锻压、热切割和焊接、热处理、表面保护、切削加工等尤为重要,它复盖面大,是各类机电产品赖以发展的基础。在“七五”工艺攻关和开发课题的设置中,结合国家重点工程项目,重大技术装备研制中的关键零部件的制造,安排了上述六类工艺中具有共性和复盖面大的专题研究项目,从基础研究入手,有工艺方法和装备,有主机,有软硬件和检测,控制系统,进行配套开发。同时也安排了一些计算机应用项目,进行优化工艺研究和提高工艺过程的控制水平。在攻关和技术开发的实施中,坚持科研与生产紧密结合,以提高产品制造质量为主要目的,兼顾节能降耗,提高效率。攻关和开发成果,均先后用于生产,其中有的项目进行了推广,取得了明显的技术经济效益。这些成果对机械产品品种发展和零部件生产的优质、高效、可靠起到了推动作用,为企业技术开发和技术改造,提供了先进实用的新技术,增强了产品出口竞争能力,也部分地挡住了进口。

这本“七五”工艺成果及生产应用,可作为企业工艺上水平的重要技术参考资料,其中大部分项目具有广泛地推广价值。该书对机械工业技术改造和提高工艺水平具有指导作用。

该书由蒋乃隆任主编,郭春生、闵乃燕、孙兆金同志任付主编。参加编写的有沈阳铸造研究所、哈尔滨焊接研究所、北京机电研究所、武汉材料保护研究所、北京机床研究所等单位的主管“七五”攻关项目组织实施的同志。由“七五”攻关和开发分专题研究的项目负责人供稿。分二册印刷出版,第一册内容为铸造,锻压和焊接专业,第二册内容为热处理,表面保护和切削加工专业。编写若有不妥之处,请读者提出宝贵意见。

负责各专业的责任编辑:

铸造:孙兆金(兼) 杨志坚

锻压:闵乃燕(兼) 贾武章

焊接:何瑞芳 刘天佑

热处理:张永安

表面保护:宋雁秋 林力

切削加工 李世铎 赵长海

综 述

在“七五”国家攻关和开发计划中,安排了铸造、锻压、焊接与热切割、热处理、材料表面保护、切削加工等六类基础工艺研究项目。通过技术攻关,在工艺方法、工艺装备、工艺材料、工艺过程检控等方面,取得了一系列重大科研成果,对提高机械工业制造水平,对实现重大技术装备和引进产品国产化,对实现机械工业质量、品种、效益年都具有重大意义。在技术攻关中,集中了国内各科研单位、大专院校、企业中在基础工艺方面的科技优势力量,联合作战,在科研经费较少的情况下,取得了一大批重要科研成果。“七五”攻关共取得80项成果,含7项发明专利,33项新产品。成果中3项达到国际领先水平,30项达到国际八十年代先进水平,26项达到国际水平,21项为国内领先水平。在开发中共取得40余项成果,分别为国际水平或国内先进水平。这些新技术为企业技术改造提供了新技术,增强了产品出口竞争能力,使部分关键零部件实现了国产化。据不完全统计,成果在生产考核中已取得效益1.6亿元,节汇780万美元。预计推广年效益可达17亿元,节汇上亿美元。

工艺攻关开发紧密结合生产,以提高制造质量为目的,兼顾节能降耗,提高生产效率,从基础工艺研究入手,有主辅机、有软硬件和原辅材料、检测、控制系统的配套开发,在铸、锻、焊、热处理中也安排了计算机技术应用研究,做到优化工艺,提高工艺过程控制水平。

针对基础工艺中毛坯质量差,肥头大耳,生产效率低等问题,

1.研究了铸造毛坯精化技术,提供了柴油机缸体、缸盖、液压件等大批量生产的铸件和电站用水轮机叶片、汽轮机缸体等大型铸钢件用级配砂、型砂质量微机控制、高碳当量薄壁铸造、冷壳型等铸造成套技术,低碳马氏体不锈钢叶片强化技术和大型铸钢件工艺CAD系统,并开发了球墨铸铁及耐磨、耐蚀、耐热特种易损铸件新材质及其生产制造新技术等。

2.研究了精密下料及锻压成型技术。提供了汽车、拖拉机用变截面板簧、十字轴、钢质齿环、轴承等中小型精密锻压成型和异形件分模锻造技术,轴承精密下料、精密辗压技术,并应用大锻件热力模拟和物理模拟方法,优化锻造工艺,达到了消除铸造疏松,改善夹杂分布,提高锻造质量的目的。并开发了新型耐火纤维、节能锻造加热炉,不对称楔横轧生产线及部份工艺辅助材料等。

3.结合电站及冶金设备的焊接质量问题,开发了熔深大、飞溅小、焊缝成形好的少氢和新型 CO_2 气体保护焊技术;四种节能微机控制的电源及设备;水平圆形及直线焊缝窄间隙埋弧焊技术,实现了弧焊规范参数预置和自动控制、自动跟踪、自动排焊道,计算机辅助弧焊优化工艺,提高了焊接质量,使焊接效率提高50~100%。水平直焊缝窄间隙埋弧焊机在哈尔滨锅炉厂投入使用,实现了30万、60万瓩锅炉汽包生产国产化。开发了部份焊条、焊丝、焊剂及切割直线坡口用各种小型半自动切割机、数控火焰切割用自动点火、自动调节装置等。

4.针对各类齿轮及齿轮刀具,研究了少无氧化、少无脱碳热处理技术,解决了齿轮深层渗碳技术,可控气氛和真空热处理技术,研制成功大型重载齿轮用国内最大的井式气体渗碳

炉,实现了渗碳过程微机控制,碳势控制精度 $\leq 0.05\%C$,温度精度 $\leq \pm 2.5^{\circ}C$,零件表面无碳黑;高压真空气淬技术、熔盐渗钛技术,解决了齿轮刀具强韧化处理技术,刀具寿命提高50~200%。开发了部份工艺、辅助材料。

5. 针对几种大口径阀门工业泵、大型风机的关键零件不耐磨、蚀和出口机床、农机产品涂装质量差等问题,研究了电弧喷涂、火焰喷涂与重熔技术,陶瓷、金属陶瓷等离子喷焊技术,提供了长效防蚀涂层,耐磨合金涂层工艺技术。提高了大型风机、泥浆泵等磨损件的耐磨性;中压铸钢阀门、低压铸铁阀门、蝶阀等大口径阀门密封面耐磨性及电站风机及酸、碱泵的耐磨,耐蚀性。开发了高装饰性涂装预处理工艺材料、工装控制、检测仪成套技术。开发了部分电镀及化学热处理新工艺及其辅助材料。

6. 针对机床测量仪的精密、超精密轴系、液压件等精密深孔和泵阀耐磨件,研究了不同用途,不同结构的轴系(球面空气静压轴系、球面液体静压轴系、“T”型空气静压轴系、导轨磨轴系、双球密珠滚动轴系及变速内圆磨头轴系)。使超精密轴系回转精度达到0.02微米,精密轴系达0.5~0.6微米;进一步深入研究了汽轮机大螺栓,柴油机偶件及大批量生产的精密深孔加工用枪钻及振动钻削技术,DF钻,喷射钻工艺,枪钻—珩磨配套工艺,解决了 $\phi 4\sim\phi 50mm$, $L/D>30\sim 100$,合金钢精密深孔加工精度达IT7—IT8;研究的新刀具及难加工材料加工工艺,解决了表面强化的耐磨,耐蚀零件的加工难题,表面粗糙度达 $Ra3.2\mu m$ 。开发了适于汽车、拖拉机圆柱齿轮内齿珩磨和注塑螺杆强力磨削等高效工艺。

通过“七五”国家重点攻关开发,取得了上述一些工艺成果,但基础工艺仍然是机械工业最薄弱环节。近年国家每年要花200多亿美元购入机械产品,除设计问题外,更主要问题在于我国机械制造工艺技术落后。因此“八五”期间除要抓好上述成果的生产应用外,还要力争安排好“七五”部份项目的配套技术研究及二次开发,以及国家重点工程重大成套项目共性新工艺的一次开发,特别是微电子、计算机等新技术在基础工艺中应用技术的攻关开发,为迅速提高制造工艺水平,提高产品质量,扩大产品品种,挡住进口,提高经济效益建立必要的技术基础。建议国家加大对机械工业基础工艺的科研投入,以扭转每年耗资200多亿美元购买国外产品的被动局面。

目 录

铸 造

熔模铸造用粉砂粒度优化级配的研究及应用	(1)
铸造用硅砂粒度级配优化研究及生产应用	(8)
铸型涂料用耐火粉料粒度级配优化研究及生产应用	(14)
高性能薄壁灰铸铁件铸造技术研究及其应用	(20)
高碳当量高强度灰铸铁的研究及应用	(27)
铸造型砂质量的微机控制研究及应用	(31)
SJC—1 型型砂紧实率仪的研究及应用	(35)
稀土镁球墨铸铁型材连续铸造设备、工艺、组织性能的研究及应用	(41)
低碳马氏体不锈钢铸件强化工艺研究及应用	(47)
大型铸钢件铸造工艺 CAD 研究及应用	(54)
蠕墨铸铁稳定生产控制系统研究及应用	(59)
蠕墨铸铁金相结构形成机理和性能的研究及应用	(64)
新型贝氏体球铁研究及应用	(69)
奥氏体特种铸铁研究及应用	(74)
电渣熔铸复合斗齿研究及应用	(85)
铸铁孕育剂系列化、商品化研究及应用	(90)
铸钢件保温补贴研究及应用	(100)
水玻璃旧砂再生工艺研究及应用	(108)

锻 压

轴承套圈高速锻压—精密辗扩生产线工艺的研究与应用	(114)
中小型向心球轴承内圈冷精辗工艺的研究与应用	(120)
软钢与轴承钢精密剪切工艺与设备的研究及其应用	(127)
钢质同步器齿环粉末烧结精密成形技术研究及应用	(132)
汽车变截面板簧片精密辊锻工艺研究及应用	(138)
异形枝叉类零件精密模锻的研究及应用	(144)
异形件精密模锻工艺及装置的研究及应用	(150)
大型汽轮机转子锻造过程模拟技术的研究和应用	(158)
陶瓷管型节能少氧化锻造加热炉的研究及应用	(163)
高温预热烧嘴装置的研究及应用	(166)
快速加热烧嘴的研究及应用	(170)
无氧化加热烧嘴试验研究及应用	(173)

95%氧化铝纤维中试生产线研究及应用	(176)
高效精密下料工艺研究与应用	(179)
大型复杂结构汽车同步器齿环精锻工艺技术研究及应用	(185)
提高复杂阶梯轴类楔横轧件制造精度研究及应用	(191)
大型复杂零件不对称楔横轧工艺研究及其应用	(200)
热模锻润滑剂系列的研究及应用	(204)

焊 接

旋流式双层气流保护焊的研究及应用	(210)
熔化极气体保护焊引弧研究及应用	(216)
电脑便携式焊接动态参数测量仪的研究及应用	(220)
电脑型焊接电源的研究及应用	(224)
双丝窄间隙埋弧焊接参数的预置及自动控制技术的研究及应用	(232)
水平直缝和水平圆形焊缝窄间隙埋弧焊接技术的研究及应用	(237)
弧焊过程自示教跟踪及自动排列焊道技术的研究及应用	(243)
接触式二维跟踪技术的研究及应用	(249)
微机辅助弧焊最佳工艺参数选择系统的研究及应用	(253)
中大型机床采用焊接结构的研究及应用	(256)
二氧化碳气体保护焊用镀铜焊丝制造技术的研究及应用	(265)
烧结型抗锈焊剂SJ402的研究及应用	(269)
铁粉焊条的研究及应用	(273)
320 推土机低温钢用长焊条的研究与应用	(278)
提高常规气电焊工艺水平的研究及应用	(282)
大面积耐磨合金复层钢板堆焊技术的研究及应用	(294)
蠕虫状石墨铸铁焊接新材料研究及应用	(299)
中薄板空气等离子弧切割工艺与设备的研究及应用	(306)
180~350mm厚板精切工艺与设备的研究及应用	(312)
氮基气氛保护钎焊的研究与应用	(316)
节锡钎料的研究与应用	(321)
J—16—A 型无腐蚀有机钎剂的研究与应用	(326)

熔模铸造用粉砂粒度优化级配的研究及应用

承担单位：沈阳铸造研究所

清华大学

秦皇岛石粉厂

秦皇岛精制石英砂厂

河北省商城精铸耐火材料厂

沈阳风动工具厂

沈阳水泵厂

一、前言

熔模铸造用粉砂粒度分布，显著地影响着铸件表面质量。而在实际生产中，目前国内各耐火材料厂生产的粉砂粒度尚处于自然组成状态。粉砂的粒度分布随厂而异，粒度分布变化甚大，给生产工艺和铸件的质量控制带来困难。

近年来，国内铸造工作者在石英粉粒度分布方面曾做过一些工作，但在石英粉的特性参数的确定，铝矾土优化级配、撒砂优化级配方面还缺少研究。为了系统地考察粉砂粒度对铸件表面质量的影响，提高铸件表面质量，我们开展了本课题的研究。经过三年的研究，确定了粉料粒度分布特性参数，粉料粒度特性参数对涂料性能、型壳性能、铸件表面质量影响的规律；撒砂粒度分布特性参数，撒砂粒度优化级配对型壳性能、铸件表面质量的影响规律，进而确定了粉砂优化级配工艺。

二、成果主要内容及水平

1. 粉砂粒度分布特性参数

1) 粉料粒度分布特性参数

熔模铸造用粉料很细，大部分小于 $56\mu\text{m}$ ，这种粉用筛分法无法测量。为了能准确地测出粉料粒度分布，采用重力沉降法测量。本研究采用的粉料粒度特性参数为：

①重量平均粒径 D_{NL} ，单位是 μm 。它反映了粉料的粗细程度。

$$D_{NL} = \frac{\sum_{i=1}^N d_i W_i}{\sum_{i=1}^N W_i}$$

式中 d_i ——斯托克斯当量直径， μm

W_i ——直径为 d_i 的粉的重量百分数

②重量分布均方差 Q_{NL} ，它反映以重量平均粒径为分布中心时，粉料的分散程度。

$$Q_{NL} = \frac{\sum_{i=1}^N \sqrt{(d_i - D_{NL})^2 W_i}}{\sum_{i=1}^N W_i}$$

③每100克粉料的总面积 S ，单位是 m^2 ，它反映了细粉含量的多少。

$$S = 100 \frac{6}{\rho_K} \sum_{i=1}^n \frac{W_i}{d_i}$$

式中 ρ_K ——耐火粉料的密度

④紧实密度 ρ_i ，单位是 g/cm^3 。它表示粉料在紧实状态下单位体积重量。

2) 撒砂的粒度分布特性参数

目前国内的精铸用砂，主要有石英砂和铝矾土砂两种，均采用筛分法生产和检测。表示撒砂粒度分布的特性参数较多，本研究采用以下特性参数：

①代表粒径 D_r ，表示型砂总体的粒度均值。

$$D_r = \frac{1}{\sum P_i} \sum D_{ri} P_i$$

式中 P_i ——型砂筛分后在各筛号上的砂重 g ，

D_{ri} ——各筛号砂平均过筛直径，即通过筛号与停留筛号两筛孔径的均值

②分散度 N ，表示型砂的粒度分布情况。

$$N = \sum [lg D_{ri} - lg D_r(g)]^2 P_i$$

$$\text{式中 } lg D_r(g) = \frac{1}{\sum P_i} \sum lg D_{ri} P_i$$

③松装密度 ρ_s ，单位 g/cm^3 。它表示在松散堆积状态下单位体积的砂料重量。

$$\rho_s = \frac{W}{V}$$

式中 W ——砂样重量， g

V ——试样筒容积， cm^3

2. 粉砂粒度优化极配以及级配粉砂的特性参数

1) 粉料粒度优化级配对涂料性能的影响

为深入了解石英粉、铝矾土粒度分布与涂料粘度、涂片重的关系，利用IMS—8000型计算机对测试数据进行多元回归处理，得到粉料的粒度分布和涂料粘度间的回归方程以及粒度分布和涂片重间的回归方程分别如下：

$$V_{\text{石粘}} = 58.3364 + 0.0650X_1 - 0.7652X_2$$

$$+ 0.5695X_3 - 0.4494X_4 - 8.5126X_5$$

$$+ 16.4774X_6 - 13.6016X_7 - 2.6904X_8$$

$$- 10.4034X_9 + 12.1085X_{10} \quad (1)$$

$$r_{\text{石涂}} = 1.29 + 0.015X_1 - 0.02X_2 - 0.003X_3$$

$$- 0.01X_4 + 0.08X_5 - 0.13X_6 - 0.09X_7$$

$$- 0.09X_8 + 0.17X_9 + 0.15X_{10} \quad (2)$$

式中 $V_{\text{石粘}}$ ——石英粉涂料粘度

$r_{\text{石涂}}$ ——石英粉涂料涂片重

$X_1 \cdots X_{10}$ ——为 $0 \sim 10\mu m \cdots 90 \sim 100\mu m$ 各档粉的重量百分数

$$V_{\text{铝粘}} = 0.183 - 30.238X_1 - 0.092X_2$$

$$+ 1.549x_3 + 0.456X_4 - 0.020X_5$$

$$+ 0.525X_6 + 1.110X_7 + 0.861X_8 \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \tau_{\text{铝涂}} = & -5.516 + 2.179X_1 + 0.067X_2 \\ & -0.025X_3 - 0.028X_4 + 0.028X_5 \\ & -0.010X_6 - 0.070X_7 - 0.009X_8 \end{aligned} \quad (4)$$

式中 $V_{\text{铝粘}}$ ——铝矾土涂料粘度

$\tau_{\text{铝涂}}$ ——铝矾土涂料的涂片重

$X_1 \cdots X_6$ ——为 $0 \sim 10\mu\text{m} \cdots 50 \sim 60\mu\text{m}$ 各档粉的重量百分数

X_7, X_8 ——为 $60 \sim 80\mu\text{m}, 80 \sim 100\mu\text{m}$ 的粉的重量百分数

由式(1)(2)(3)(4)可看到,耐火材料的粒度分布直接影响涂料性能。

涂料粘度和涂片重过小,会造成涂层薄,撒砂易穿透涂料层,型壳和铸件表面粗糙。相反,涂层过厚,型壳又不易硬透,易产生分层等缺陷。因此,可采用涂料粘度和涂片重作为选择耐火粉料粒度分布的主要依据。

2) 耐火粉料粒度优化级配及级配粉特性参数

为进行粉料粒度的优化级配,将粒径 $10\mu\text{m}$ 为一档的单粉进行正交试验。石英粉、铝矾土粉的较佳级配粉粒度特性参数及涂料性能分别如表1、表2,粒度分布波形见图1和图2。

表1 较佳石英级配粉粒度特性参数及涂料性能

序号	粉料特性参数				涂料性能	
	DNL (μm)	S (m^2)	Q_{NL}	ρ_l (g/cm^3)	粘度 (S)	涂片重 (g)
S ₁	33.3	17.4	24.5	1.70	24.0	1.05
S ₂	31.8	17.5	23.1	1.66	32.3	1.28
S ₃	32.8	16.9	23.9	1.67	30.4	0.92
S ₄	29.7	18.1	21.7	1.66	33.0	1.23

注 粉液比为1.3:1

表2 较佳铝矾土级配粉粒度特性参数及涂料性能

序号	特性参数				涂料性能	
	DNL (μm)	S (m^2)	Q_{NL}	ρ_l (g/cm^3)	粘度 (S)	涂片重 (g)
L ₁	28.3	13.7	18.9	2.08	19.3	0.89
L ₂	28.9	15.0	23.3	2.14	13.0	0.80
L ₃	26.4	15.0	19.2	2.06	26.5	1.00
L ₄	30.5	12.6	21.1	2.10	19.2	0.83

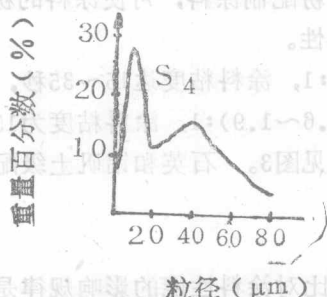


图1 较佳石英级配粉(S₄)粒度分布波形图

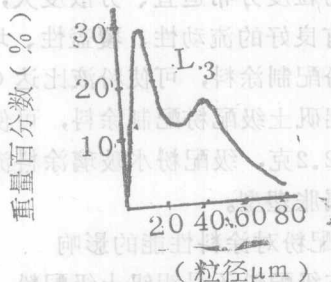


图2 较佳铝矾土级配粉(L₃)粒度分布波形图

由表1, 表2可知, 石英级配粉和铝矾土级配粉的粒度特性参数为: 重量平均粒径 $D_{NL}=25\sim35\mu\text{m}$, 重量分布均方差 $Q_{NL}>17.0$, 每100克粉总表面积为 $12\sim25\text{m}^2$, 石英级配粉紧实密度 $\rho_t>1.50\text{g/cm}^3$, 铝矾土级配粉紧实密度 $\rho_t>2.05\text{g/cm}^3$ 。

级配粉的粒度分布波形呈双峰、单峰或多峰状, 其中双峰粉的性能最佳, 参见图1、图2。以双峰为对象, 研究波形及峰值, 得到的结果是: 不论是石英级配粉还是铝矾土级配粉, 也不论后峰的位置如何移动, 其前峰的位置不变。一般前峰位置在 $10\mu\text{m}$ 左右, 后峰在 $30\sim50\mu\text{m}$ 处, 前后峰值之比为2:1, 铝矾土级配粉的后峰值比石英级配粉略高。

3) 撒砂粒度优化级配及级配砂特性参数

撒砂包括面层砂和加固层砂, 面层砂直接与面层涂料接触, 因此, 对铸件表面质量有较大影响。

用标准筛筛分石英砂, 铝矾土砂为单一筛号的砂, 即称单砂。对单砂的松装密度进行测试, 结果如表3所示。

表3 石英单砂松装密度测试结果

标称目数	28	45	55	75	100	150
松装密度 (g/cm³)	1.34	1.20	1.25	1.23	1.12	1.11

对测试结果进行回归分析, 得出石英单砂松装密度与其粒径大于 0.1mm (150目筛以上) 的砂之间的线性关系为:

$$Y = 1.093 + 0.436X$$

式中 Y——石英砂松装密度, g/cm³
X——石英砂粒径, mm

用微机进行多方案优化, 确定了精铸用石英砂、铝矾土砂的级配方案以及砂的特性参数, 见表4。

表4 级配砂配方及砂的特性参数

名称	项目	配方 (%)				特性参数		
标称目数		45	55	75	100	ρ_t (g/cm³)	Dr (mm)	N
网孔尺寸 (mm)		0.400	0.315	0.200	0.154			
石英砂		16.0	47.0	37.0	—	1.322	0.347	1.014
铝矾土砂		32.0	42.0	26.0	—	1.151	0.385	1.248

精铸用砂粒度优化级

配模型为:

44、55、75目三元级配, 代表粒径为 $0.35\pm0.05\text{mm}$, 主筛粒径为 0.315mm (55目筛)。
3. 级配粉对涂料性能

的影响

1) 级配粉水玻璃涂料的性能及流型。

由于级配粉粒度分布适宜、分散度大, 因此用级配粉配制涂料, 可使涂料的粉液比加大, 使涂料具有良好的流动性、覆盖性、均匀性、悬浮性。

石英级配粉配制涂料, 可使粉液比达 $(1.3\sim1.5):1$, 涂料粘度达 $15\sim35$ 秒, 涂片重达 $0.8\sim2.0$ 克, 铝矾土级配粉配制涂料, 可使粉液比达 $(1.6\sim1.9):1$, 涂料粘度为 $15\sim35$ 秒, 涂片重达 $1.0\sim2.2$ 克, 级配粉水玻璃涂料流变特性曲线见图3。石英和铝矾土级配粉水玻璃涂料的流型均属胀塑型。

2) 粗细级配粉对涂料性能的影响

不论是石英级配粉还是铝矾土级配粉, 其粗细粉对比对涂料性能的影响规律是一致的, 如图4、图5所示。

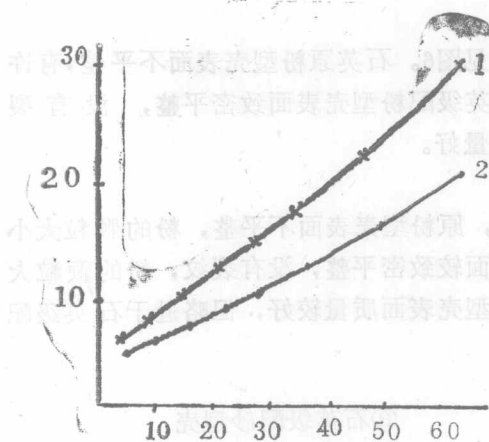


图3 级配石英粉、铝矾土粉涂料流变曲线

1. 石英粉涂料 2. 铝矾土粉涂料

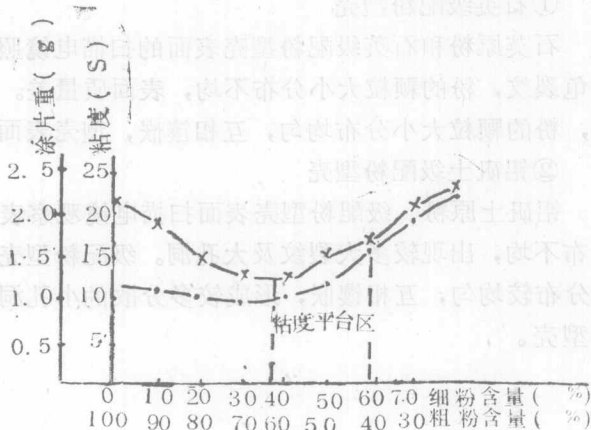


图4 石英粗、细粉含量对涂料性能的影响

X—粘度·—涂片重

由图看到，涂料粘度起初随级配粉中细粉量的增加而降低，随后出现一个平台，最后急骤上升。涂料粘度平台的出现，可能是颗粒间镶嵌良好的结果。

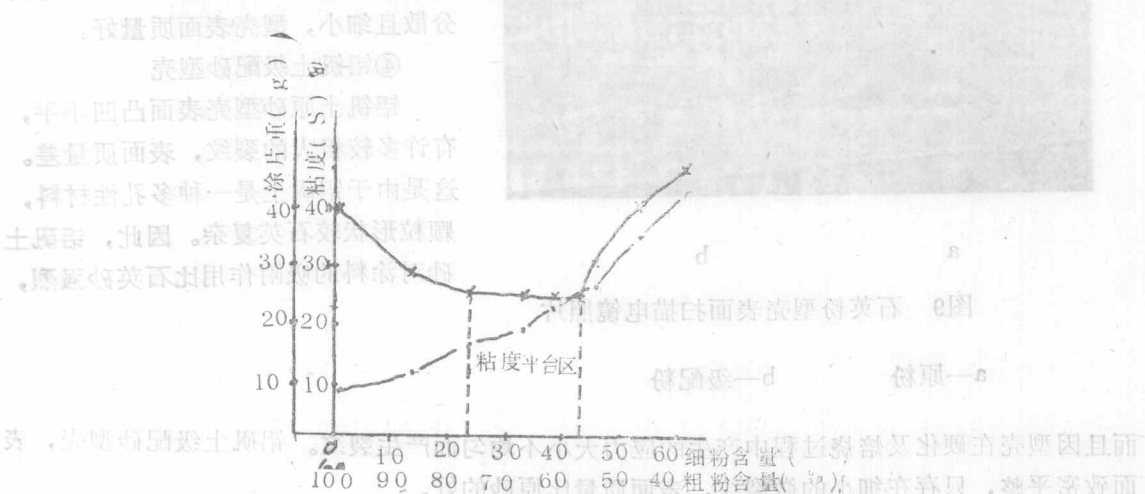


图5 铝矾土粗、细粉含量对料性能的影响

X—粘度·—涂片重

粉料在人工级配时，可找出粘度平台区。再根据平台起点和末端涂片重的不同，决定粗细粉的比例。在粘度平台区，涂片重随粉含量增加而变大。因此，可利用粘度平台规律配制粘度和涂片重都适合的涂料。

4. 级配粉砂对型壳和铸件表面质量的影响

1) 对型壳表面质量的影响

为了观察级配粉砂对型壳表面质量的影响，用原粉砂和级配粉砂分别制壳，制壳工艺相同。

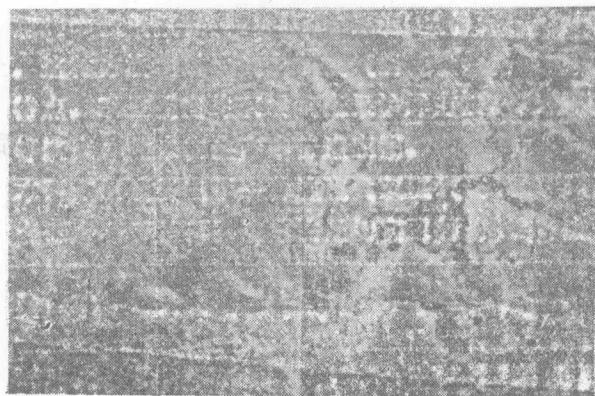
在电镜下对型壳进行扫描，观察的结果如下：

①石英级配粉型壳

石英原粉和石英级配粉型壳表面的扫描电镜照片见图6。石英原粉型壳表面不平整，有许多龟裂纹，粉的颗粒大小分布不均，表面质量差。石英级配粉型壳表面致密平整，没有裂纹，粉的颗粒大小分布均匀，互相镶嵌，型壳表面质量好。

②铝矾土级配粉型壳

铝矾土原粉、级配粉型壳表面扫描电镜观察表明，原粉型壳表面不平整，粉的颗粒大小分布不均，出现较多大裂纹及大孔洞。级配粉型壳表面较致密平整，没有裂纹，粉的颗粒大小分布较均匀，互相镶嵌，形成较多分散的小孔洞。型壳表面质量较好，但略逊于石英级配粉型壳。



a

b

图9 石英粉型壳表面扫描电镜照片

a—原粉

b—级配粉

③石英级配砂型壳

石英原砂、级配砂型壳表面扫描电镜观察表明，石英原砂型壳表面凹凸不平，形成了许多不规则的外大内小的孔洞，还有微裂纹，表面质量差。级配砂型壳表面致密平整，没有微裂纹，砂粒吸附涂料而形成的孔洞分散且细小，型壳表面质量好。

④铝矾土级配砂型壳

铝矾土原砂型壳表面凹凸不平，有许多较粗大的裂纹，表面质量差。这是由于铝矾土是一种多孔性材料，颗粒形状较石英复杂。因此，铝矾土砂对涂料的吸附作用比石英砂强烈，

而且因型壳在硬化及焙烧过程中产生的应力大小不均匀而产生裂纹。铝矾土级配砂型壳，表面致密平整，只存在细小的微裂纹，表面质量比原砂的好。

2) 级配粉砂对铸件表面质量的影响

用级配粉砂生产的精铸件，经光切显微仪测定，铸件表面粗糙度 $R_a = 6.3 \sim 20 \mu m$ 。石英级配粉砂的铸件靠近上限，铝矾土级配粉砂的铸件靠近下限。由原粉砂型壳生产的铸件， $R_a = 25 \sim 35 \mu m$ 。也就是说，采用石英级配粉砂生产的铸件，表面质量提高1~2级，铝矾土的提高了1级。这说明铸件的表面质量不仅与粉砂粒度分布有关，还与粒形和矿物组成有关。

该项研究在确定石英粉、砂、铝矾土粉、砂粒度分布特性参数，粗细粉砂级配对型壳性能，涂料粘度变化平台规律模型，级配优化设计等方面，技术上有发展和突破，有较高的学术水平和实用价值，目前尚未见到国外有关水玻璃制壳工艺应用级配粉砂的文献报道，该成果属于国内领先水平。

三、级配粉砂工艺的生产应用

级配粉砂工艺已在秦皇岛精制石英砂厂和秦皇岛石粉厂、商城精铸耐火材料厂投产，通过三年生产实践证明粉砂级配新工艺是方便可行的。在不增加设备与成本的情况下，可生产出优质级配粉砂。这种粉砂的粒度分布适宜，分散度大，配制的涂料粉液比加大，涂料性能得到改善，具有良好的流变性，覆盖性、均匀性、悬浮性。

石英级配粉可使涂料粉液比达到 $(1.3\sim 1.5):1$ ，涂料粘度达 $15\sim 35$ 秒，涂片重达 $0.8\sim 2.0$ 克。铝矾土级配粉可使粉液比达 $(1.6\sim 1.9):1$ ，涂料粘度达 $15\sim 35$ 秒，涂片重达 $1.0\sim 2.2$ 克。级配砂为45、55、75目三元级配。代表粒径为 $0.35\pm 0.05\text{mm}$ ，主筛粒径为 0.315mm ，其粒度粗细镶嵌适宜，砂对涂料的吸附作用减弱。涂料层产生的胶凝收缩减小。级配粉砂均匀，使型壳表面质量平整，致密，使铸件表面质量明显提高。

级配粉砂已在沈阳风动工具厂、沈阳水泵厂、沈阳第一阀门厂、山海关桥梁厂等工厂得到应用，使精铸件的表面粗糙度由 $25S\sim 35S$ 降至 $6.3S\sim 25S$ （用日本精铸件表面粗糙度比较样块测），使铸件表面质量提高1~2级。减少了铸件的粘砂、气孔、裂纹、夹砂等缺陷，大大减少了机械加工工时，节省了能源。铸件的返修量降低3.7%，型壳的破损率降低3%，铸件成品率提高2.8%~5%，每生产一吨碳钢及低合金钢精铸件可降低成本305~350元。每生产一吨不锈钢精铸件可降低成本1900~2000元。以沈阳风动工具厂为例，年产300吨，不改变工艺，不增加设备，采用级配粉砂，效益为89477元/年，沈阳水泵厂以潜水泵叶轮这一个件为例22t/年，则效益为41440元/年。150t/年，15~16万元/年。目前，我国有一千多家精铸专业厂，每年可生产近10万吨精铸件。可见，用级配粉砂生产精铸件创造的经济效益和社会效益是显著的。

铸造用硅砂粒度级配优化研究及生产应用

承担单位：沈阳铸造研究所

清华大学

哈尔滨科技大学

一、前言

铸造生产中硅砂是基本的造型材料，硅砂的特征（矿物组成、化学成分、粒度分布）对型砂的性能有重要的影响，特别是硅砂的粒度分布，它是决定型砂孔隙率、比表面积、透气性及其强度的重要因素。如透气性不好引起浸入性气孔、孔隙率大引起机械粘砂，不仅直接影响铸件表面质量，而且还对型砂的工艺性能产生很大的影响。

目前使用的原砂粒度通常用标准筛的筛孔尺寸表示，原砂粒度分布的筛号用三个相邻筛孔尺寸表示。美国和欧州一些国家应用平均细度这一统计数值间接地描述砂子的平均粒径，日本也在自订的标准筛基础上规定了细度的计算方法，应用平均细度的目的是综合考虑各筛目停留量，尤其是细粒数量，它能反映砂子的比表面积，从而能与砂子最低透气性及粘结剂的需要量联系起来。但是，它不能确切地反映砂子的主要分布筛目和均匀程度，难以适应生产的需要，还有一些国家如英国提出了型砂粒度分布的计算公式。这些都为铸造用原砂粒度的级配研究起到了参考作用。

近几年，重庆大学和华南工学院在原砂粒度的合理性方面做了大量的研究工作，指出湿型砂铸造中硅砂的比表面积对铸件表面光洁度的影响。

为了提高铸件表面质量，稳定铸型工艺性能，防止铸件产生机械粘砂等铸造缺陷，开展了对不同粘结剂用硅砂粒度级配优化的研究和生产应用。

二、成果主要内容及水平

1. 技术关键

在湿型砂、树脂砂、水玻璃砂及高密度型砂的大量试验基础上，提出最优化硅砂粒度级配和原砂粒度的表示方法，通过生产应用，在不改变其他工艺条件和不刷涂料的情况下，铸件表面粗糙度降低一级。

2. 主要技术指标

1) 提高铸造表面质量，中小铸铁件由 $Ra25 \sim 50\mu m$ 提高到 $Ra12.5 \sim 25\mu m$ ，中型铸钢件由 $Ra50 \sim 100\mu m$ 提高到 $Ra25 \sim 50\mu m$

2) 研究并优选中小铸铁件及中小型铸钢件用硅砂的级配方法，提出合理的粒度分布及级配的经验计算公式

3) 铸件表面光洁度的评定方法。

3. 技术路线及指标

首先，进行单筛砂的各种工艺性能试验，再进行多筛砂的试验，在此基础上进行正交试验设计与试验结果分析，得出每种粘结剂用硅砂的级配最佳比例关系，并用树脂复制模进行

铸型表面粗糙度评价，从而研究出最佳级配砂。

图 1) 湿型砂的级配优化

通过正交试验结果及分析，看到影响R值（极差）的最显著因素的主体形的筛孔尺寸为0.150mm粒径，其湿型砂最佳级配比例为：

$$A(0.30):B(0.212):C(0.150):D(0.106)=1:1:2.2:1.8$$

表1图1为湿型砂的最佳粒度分布，表2为最佳级配砂的工艺性能。

表1 湿型砂最佳级配粒度分布、含泥量和比表面积

筛 孔	0.85	0.60	0.425	0.30	0.212	0.150	0.106	0.075	0.053	底盘	含 泥 量 (%)	比表面积 (cm ² /g)
残留量	0.45	4.22	5.65	13.47	18.44	28.70	23.77	4.16	0.53	0.15	0.26	152

表2 最佳级配砂的工艺性能

比表面积 (cm ² /g)	湿透气率	湿压强度 (Pa×10 ⁵)	紧实度 (g/cm ³)	破碎指数 (%)	表面硬度	热湿拉强度 (Pa×10 ²)	紧 实 率 (%)
152	96	1.20	1.53	72	92	13	46.5

组成 (Wt%)：级配砂100，膨润土10，煤粉6

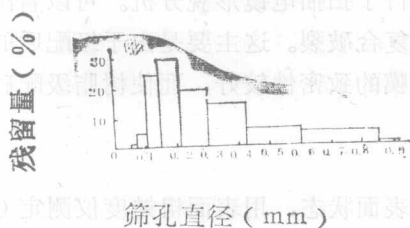


图1 最佳粒度分布图

表3 表面粗糙度与比表面积的关系

序号	比表面积 (cm ² /g)	表面粗糙度 (μm)	试样制备条件 (重量%)
1	114	10.7	硅砂: 100
2	152	7.5	膨润土: 8
3	157	6.3	煤粉: 6
4	231	5.0	水: 2.5

若湿型砂是用单一的级配砂、这样在型砂使用过程中，树脂芯砂对湿型砂将产生一定的影响，这需要首先调查一下进入型砂中的树脂芯砂的数量，然后进行型砂粒度分析，用一定数量的多筛砂来调节型砂的粒度分布，使其达到级配的最佳值。

2) 树脂芯砂级配优化

①正交试验设计与分析

①湿型砂用级配砂表面粗糙度的评定

用光学树脂胶注入到用最佳级配砂制作的试样表面，复制出湿型砂表面状态，然后用表面粗糙度仪测定其表面粗糙度，其结果见表3。

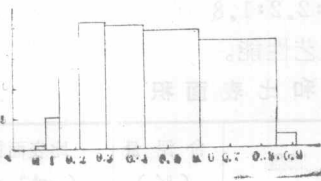
从表3看出，随比表面积增加，表面粗糙度下降，当最佳级配砂比表面积为152，不改虑金属液注入对型砂的影响时，则可估计其表面粗糙度为7.5μm左右。

②湿型砂中混入树脂芯砂对工艺性能的影响

当湿型砂面砂使用级配砂时，由于每次都使用新砂，这就不必考虑树脂砂芯给湿型级配砂带来的影响。

从正交试验结果分析可知、树脂砂的常温抗拉强度与硅砂粒度分布有密切的关系。图2是树脂砂最佳硅砂粒度分布。

由图2可见，集中在0.15~0.60之间的集中度为91.56%，则各筛号的比例为：



$$A(0.60):B(0.425):C(0.30):D(0.212):E(0.150) \\ =1:1.08:1.34:1.17:0.74$$

②级配砂对树脂砂强度的影响

在同等条件下，对未级配的硅砂和级配的硅砂进行树脂砂强度的对比试验，其试验结果如表4。

表4 级配砂与未级配砂粒度分布等状况比较

筛孔尺寸	0.85	0.60	0.425	0.30	0.212	0.15	0.106	0.075	0.053	底盘	含泥量 (%)	比表面积 (cm ² /g)	抗拉强度 (MPa)
未级配砂			0.12	16.5	48.6	21.5	11.9	0.3	0.1	0.2	0.2	110	8.66
级配砂	0.45	4.22	6.48	14.37	21.79	32.25	17.08	2.80	0.35	0.1	0.23	140	10.23

从试验结果看到，级配砂常温强度比未级配砂提高18.1%左右。因此，硅砂级配后，可以减少树脂加入量。

为了探讨级配砂强度，对级配砂和未级配砂进行了扫描电镜形貌分析。可以看出，级配的树脂砂断面呈附着破裂，未级配的树脂砂断面呈复合破裂。这主要是由于级配后的砂粒之间孔隙减少，树脂粘结“桥”的数量增加，使树脂膜的致密性较好，而使树脂级配砂的强度提高。

③树脂砂芯表面粗糙度的评定

用光学树脂在制成的树脂砂试样上复制试样的表面状态，用表面粗糙度仪测定（自制）其结果见表5。

表5 表面粗糙度与比表面积的关系

序号	比表面积(Cm ² /g)	表面粗糙度(μm)	试样制备条件
1	48	27.4	级配砂100(重量%)
2	114	21.0	树脂1.5
3	130	13.5	固化剂20(占树脂量)
4	231	8.7	固化温度210℃ 时间10秒

从表5看到，树脂砂表面粗糙度随比表面积增加而下降。当树脂砂最佳级配砂比表面积为140时，则从图3曲线上可查到该级配砂的表面粗糙度在13.5μm以下。

3) 水玻璃砂的级配优化。

图4是水玻璃砂用级配砂的分布图。从试验的优化结果分析表明，水玻璃砂用砂的级配关系为：主体砂筛孔尺寸为0.212mm，其级配砂比例为(0.30):(0.212):(0.150):(0.106)=4.03:5.68:2.30:1。

用光学树脂在水玻璃级配砂试样上复制出水玻璃砂表面，用表面粗糙度仪进行测定，其结果见表6及图5，从试验结果可以看到。当水玻璃砂用级配砂的比表面积为195cm²/g时，在排除金属液的作用下，可以预计采用级配砂的表面粗糙度在12.0μm左右。