

二、铁型覆砂铸造工艺的应用简况

目前,用铁型覆砂铸造工艺生产的铸件可分为以下几类:各种类型的球铁曲轴,包括发动机、空压机和机车曲轴以及凸轮轴、平衡轴,重量从几 kg 至数吨。从工艺难度和发展过程排序,我国 70 年代解决了单缸曲轴的铁型覆砂铸造工艺和生产问题^[1],80 年代解决了四缸曲轴的铁型覆砂铸造工艺和生产问题,90 年代解决了六缸曲轴和三缸曲轴的铁型覆砂铸造工艺和生产问题^[5,6]。各种类型的阀类铸件。各种缸套^[7]。耐磨齿盘类铸件^[5]。其它一些生产批量大、质量要求高的出口铸件。其中曲轴类是用该工艺生产的主要铸件,其产量约占全部铁型覆砂铸件的 80 % 左右。铁型覆砂铸造用于四缸曲轴生产时的典型技术数据是:铸件平均精度为 CT6 ~ 7 级,表面粗糙度为 Ra6.3 μ m ~ Ra12.5 μ m;铸态材质性能可达到 QT800 的性能指标;铸造工艺出品率达 90 % 以上。具有代表性的铁型覆砂铸造生产企业有上海汽车铸造总厂球铁厂、沈阳第一曲轴厂、浙江永康拖拉机厂、上虞动力机厂、本溪天缘曲轴厂、望都曲轴连杆厂、泰安振华机械厂、潞城曲轴厂、百矿集团、常州柴油机厂、宜兴机械总厂、保定电影机械厂等。

三、存在问题

1. 优化工艺设计问题

由于铁型覆砂铸造的工装造价较高,且修改比较困难,因此该工艺工装的设计、制造要求一次成功。而目前一些生产企业由于工艺工装设计不当,致使铸件废品率居高不下的情况时有发生。近年来,我院完成了铁型覆砂铸造球铁件凝固过程计算机模拟课题,能够进行多种工艺方案的对比优化。但由于准确的热物性参数难以获得以及模拟中采取了一些简化处理,目前要达到真正意义上的优化设计还有一定的距离。

2. 工装的通用性问题

铁型覆砂铸造要求每种铸件都用专门的铁型和模样进行生产,因此用砂量很少,生产成本很低。但是对于铸件品种很多的铸造车间,则铁型的管理和保存都很麻烦,且工装成本也较高。如果能解决好铁型的专用和通用的问题,则该工艺将能更广泛地推广应用。目前铁型覆砂铸造的机械化和自动化水平尚不高,生产线水平低,尤其是缸套的铁型覆砂铸造更为突出,这些都有待于进一步地研究和解决。

参 考 文 献

- 1 浙江省机电设计研究院等. 铁型覆砂铸造 S195 球铁曲轴小结. 浙江机械, 1977 (22)
- 2 李庆春等. 铸件成形理论基础. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 1980
- 3 吴武文等. 485 曲轴铁型覆砂铸造工艺研究. 现代铸铁, 1992 (3)
- 4 薛存球等. 铁型覆砂铸造 N385 球铁曲轴. 铸造, 1996 (5)
- 5 潘东杰等. 铁型覆砂铸造六缸曲轴. 铸造技术, 1998 (4)
- 6 何芝梅等. 铁型覆砂铸造球铁磨盘. 铸造, 1996 (3)
- 7 吴元福等. 铁型覆砂造型技术的研究. 铸造设备研究, 1996 (6)

(编辑: 田秀全)

原砂粒度对树脂砂强度影响的理论分析

武汉水利电力大学 (宜昌 443002)

游 敏 郑小玲

【提要】通过对原砂粒度与树脂砂断裂强度的理论计算分析表明,对于假想为理想球体的单一粒度石英砂,当粘结剂加入量一定时,虽然从形式上看粒度的变化与型砂强度无关,但是因树脂膜厚度的变化会引起粘结桥真实强度的变化,致使实际上原砂粒度与型砂强度有关;而当树脂种类、原砂种类及粒度一定时,影响树脂砂强度的主要因素是树脂膜厚度及内应力。

关键词: 原砂粒度 型砂强度 树脂膜厚度

在铸造生产中,原砂的粒度对树脂砂的强度有较大的影响,它直接关系到配砂时所需树脂加入量的大小。粒度细化可以使单位体积型砂中的粘结桥数量增加,有利提高强度;同时又因原砂比表面积增加而使粘结膜厚度下降,导致粘结桥有效粘结面积降低,又会使强度下降,其间的关系扑朔迷离。笔者拟对此问

题进行分析探讨,寻找原砂粒度与树脂砂强度之间的内在本质联系。

一、理论计算模型的建立

当假设树脂砂试样的破坏为静拉力作用下粘结膜的内聚破坏,砂粒均为同一直径 D 的圆球,粘结剂

1998 年 8 月 31 日收到初稿,1998 年 12 月 25 日收到修改稿。

成膜均匀（厚度为 δ ），单位质量原砂中的树脂加入量为 V （体积），则树脂砂的抗拉强度可表示为

$$\sigma_b = N \cdot S \cdot J \tag{1}$$

式中 σ_b ——型砂的理论抗拉强度
 N ——单位截面积上粘结桥的个数
 S ——粘结桥的最小横截面积
 J ——粘结桥的真实强度

因承载后树脂砂试样的破坏一般为包含附着破坏和内聚破坏的混合破坏，故在计算中采用实际树脂粘结桥上的抗拉强度 J （即所谓粘结桥真实强度）来计算 σ_b 较为适宜^[1~3]。因为 J 与许多因素密切相关，例如树脂膜厚度就对其有相当大的影响，所以它不可能是常数。

笔者曾提出两相邻砂粒间粘结桥面积计算的理想模型，以分析粘结剂添加量对粘结效率的影响^[4]，理想模型如图 1 所示。假定每颗圆球状砂粒的半径为 R ，在紧实之前均匀地包覆了一层厚度为 δ 的树脂膜，固化成型之后，两相邻砂粒表面之间在球心连线上的距离仍为 $2R$ ，即树脂膜厚度仍为 δ ，多余的树脂 V_1 被挤入两砂粒之间的间隙中而形成曲率半径为 r_2 的三角菱截面环。用计算旋转体体积的古尔金公式求得粘结桥截面积的近似表达式：

$$S_A = 1.4 \pi R^2 \delta \tag{1}$$

视型砂为简单立方堆积进行强度计算。取单位体积的型砂，其中含有砂粒颗数为，

$$N_S = 3 \cdot K / (4 \pi R^3) \tag{2}$$

式中 N_S ——单位体积型砂中的砂粒颗数
 K ——型砂致密度（型砂中的原砂实际体积与含空隙型砂体积之比）
 R ——砂粒半径

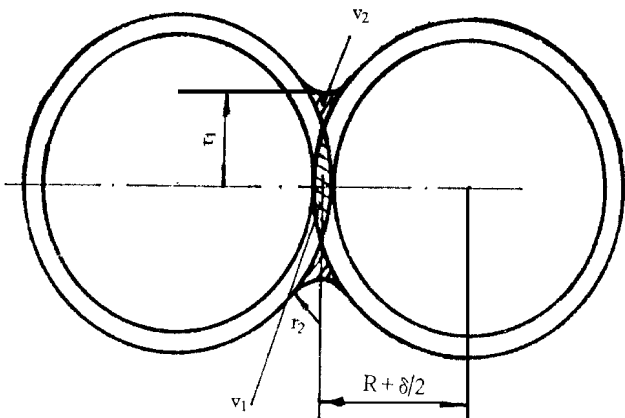


图1 相邻砂粒间粘结桥面积计算模型

一颗砂粒的表面积为 $4 \pi R^2$ ，故单位体积型砂中原砂的总表面积 S_{ST} 为，

$$S_{ST} = N_S \cdot 4 \pi R^2 = 3 \cdot K / R \tag{3}$$

若单位体积型砂中树脂的总体积记为 V_{AT} ，则

$$V_{AT} = S_{ST} \cdot \delta = 3 \cdot K \cdot \delta / R$$

可得 $\delta = V_{AT} \cdot R / (3 K)$ (4)

对简单立方排列的情况，取一个单胞，因 $R \gg \delta$ ，故该单胞断裂面积 S_u 近似值为，

$$S_u = 4(R + \delta)^2 \approx 4 R^2 \tag{5}$$

在该单胞中，水平面上的粘结桥投影面积为 $1.4 \pi R^2$ ，而单位截面积上的粘结桥个数为

$$N_A = 1 / (4 \pi R^2) \tag{6}$$

故型砂单位截面积上粘结桥的总面积 S_{AT} 为，

$$S_{AT} = N_A \cdot S_A = 1.4 \pi / (4 R) \tag{7}$$

型砂的强度为，

$$\sigma_b = S_{AT} \cdot J = 1.4 \pi J / (4 K) \tag{8}$$

将式 (4) 代入式 (8)，整理后得简单立方堆积的型砂强度为，

$$\sigma_b = 1.4 \pi \cdot V_{AT} \cdot J / (12 K) \tag{9}$$

对于体心立方堆积型砂的粘结强度可推导出如下计算公式

$$\sigma_b = C \cdot V_{AT} \cdot J \tag{10}$$

式中 C ——常量

由式 (9) 和式 (10) 可以看出，当树脂加入量一定时，因 V_{AT} 不变，型砂的抗拉强度 σ_b 只与粘结桥的真实强度 J 有关。 J 则与树脂的内聚强度、树脂膜的厚度、粘结桥上残余应力的水平及原砂的粒形、表面状况密切相关。

二、试验条件及结果分析

把经擦洗处理的大林标准砂筛分出 50 目、70 目、100 目和 140 目四种单一粒度砂，先预热至 170℃ 左右，再分别置于球型混砂机中，加入砂重 5 % 的粉状酚醛树脂共混 10 ~ 15s 后，再加入含固量为 12 % 的乌洛托品水溶液混合 15 ~ 20s，加入占砂重 0.2 % 的硬脂酸钙，继续混合至均匀再出砂。用热芯盒试样射芯机制取 8 字型试样（制样温度为 230℃），测定型砂的常温强度如图 2 所示。

采用单一粒度 100 目砂，在混砂时分别添加不同加入量树脂，其它工艺同上，以研究树脂加入量对覆膜砂常温抗拉强度的影响。试验结果如图 3 所示。当采用 70/140 分散粒度砂进行试验时，树脂加入量对覆膜砂

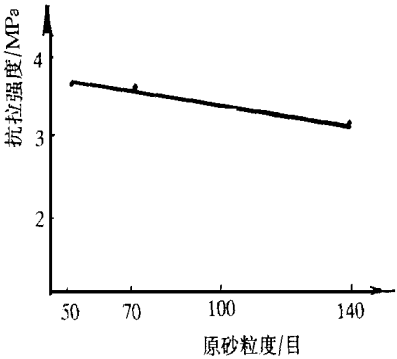


图2 原砂粒度对覆膜砂强度的影响

强度的影响与单一粒度砂相似。

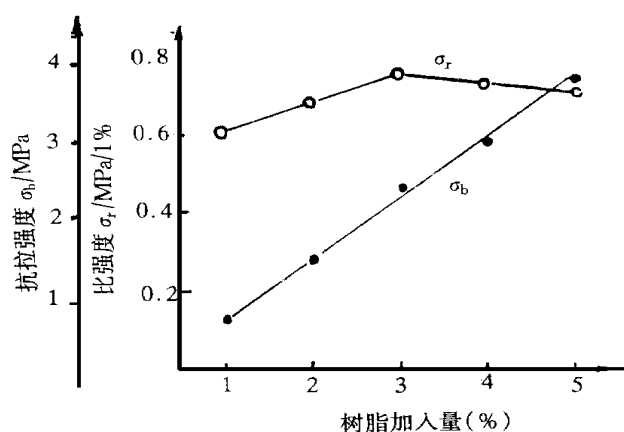


图3 树脂加入量对覆膜砂强度的影响

1. 抗拉强度 2. 比强度

当树脂加入量为5%时,对试验所用的4种原砂按简单立方模型计算,其树脂膜厚度分别为 $6.50\mu\text{m}$ 、 $4.60\mu\text{m}$ 、 $3.25\mu\text{m}$ 、 $2.30\mu\text{m}$ 。从图2可以看出,在试验条件下,随着原砂粒径的减小,树脂膜的包覆趋向完整、均匀,粘结强度逐渐有所提高。可以说在树脂加入量固定时,树脂砂强度随粒度而变化是由树脂膜厚度改变所导致的粘结桥真实强度的改变所引起的,最佳树脂膜厚度往往对应着原砂所谓的最佳粒度和型砂的最高强度。

由图3可以看出,当原砂粒度不变时,随着树脂加入量的增加,覆膜砂的粘结强度提高,但比强度(每1%粘结剂加入量所具有的强度值)却存在峰值,即随树脂量的增加先上升,达到峰值后再降低。对于100目的单一粒度砂,比强度的峰值与3%树脂加入量相对应,即3%树脂加入量是该型砂的最佳树脂加入量,其时的树脂膜厚度为最佳树脂膜厚度,即型砂的比强度与粘结桥的真实强度成正比^[3]。显然。在原砂粒度变化而粘结剂加入量不变时,对于理想球体的单一粒度砂,影响型砂强度的根本原因是由树脂膜厚度及树脂膜的均匀、完整程度。

由以上分析可以看出,树脂砂的强度与粘结桥的

真实强度、粘结桥的总面积成正比,与粘结膜的厚度、树脂的加入量成正比,与砂粒半径成反比,而粘结桥的真实强度又与树脂的内聚强度成正比。不同树脂的内聚强度也不相同,即便是同一种树脂,其固化程度、固化过程、固化环境的温度、湿度等均对其有相当大的影响,不能将其视为定值。此外,原砂的粒形和表面状态对树脂砂强度也有很大的影响。原砂经洁净化处理后,粘结剂的附着强度增加,有利于提高树脂砂的粘结强度。而粒形越圆整,型砂的树脂膜包覆会越均匀,粘结桥的面积相对较大,型砂流动性越好,紧实率越高,对提高树脂砂强度越有利。在树脂砂的固化过程中,因为原砂与树脂膜的物性指标,如热线膨胀率、弹性模量、导热能力等有一定的差异,且砂粒的尺寸与树脂膜的厚度相差悬殊,故在固化过程中,粘结桥部位会出现内应力,固化后的残余应力将给树脂砂型的强度带来负面的影响。

三、结 论

理论计算表明,对于理想球体的单一粒度原砂,在树脂加入量一定时,所配制的树脂砂强度与原砂的粒径大小无关,而与粘结桥的真实强度密切相关。实际上树脂砂强度随原砂粒度的变化,是由于树脂膜厚度变化导致粘结桥真实强度变化所引起的。在树脂加入量一定时,型砂的最高强度对应的原砂粒度为适宜原砂粒度,对应的树脂膜厚度为适宜厚度。

计算结果还表明,当原砂粒度一定时,增加树脂的加入量,树脂砂的强度也随之增加,但增加的幅度不呈线性关系;而树脂砂的比强度一般呈单峰值变化趋势,这是由于树脂膜厚度对粘结桥真实强度的影响所导致的。

参 考 文 献

- 1 黄乃瑜等. 树脂与砂粒间粘结的真实强度. 铸造工程, 1984 (2)
- 2 黄乃瑜等. 原砂粒度和粒形对树脂砂强度的影响. 铸造工程, 1984 (3)
- 3 黄乃瑜等. 粘结剂添加量对粘结效率的影响. 华中工学院学报, 1985 (1)
- 4 游敏等. 树脂添加量对壳型覆膜砂热性能的影响. 华中理工大学学报, 1989 (5)

(编辑: 田秀全)