

中国铸造协会

铸造专业系列教材
铸造工程师认证培训用书

铸造设备

吴浚郊 编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

策划编辑 曹 阳 王小英
责任编辑 曹 阳
文字编辑 曹 阳
E-mail: cy@waterpub.com.cn

铸造工艺学

特种铸造

造型材料

灰铸铁、球墨铸铁及其熔炼

铸钢及其熔炼

铸造非铁合金及其熔炼

● 铸造设备

铸造企业管理

销售分类: 机械、仪表 / 铸造设备

ISBN 978-7-5084-5369-9



9 787508 453699 >

定价: 35.00 元

中国铸造协会

铸造专业系列教材
铸造工程师认证培训用书

铸造设备

吴浚郊 编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是中国铸造协会新世纪铸造专业系列教材之一,着重论述了造型机及造型线、型砂处理系统、制芯设备、浇注设备、落砂设备、落芯设备及清理设备等的原理、结构及相关技术应用,还对机器人在铸造生产中的应用、铸造厂设计及技术改造的基本步骤进行了详细的介绍。

作为铸造工程师认证培训用书,本书可作为普通高等学校和大专院校铸造专业课程教材,亦可供机械工程专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

铸造设备 / 吴浚郊编. —北京: 中国水利水电出版社, 2008

(铸造专业系列教材)

铸造工程师认证培训用书

ISBN 978-7-5084-5369-9

I. 铸… II. 吴… III. 铸造设备—高等学校—教材
IV. TG23

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 029604 号

书 名	铸造专业系列教材 铸造工程师认证培训用书 铸造设备
作 者	吴浚郊 编
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市地矿印刷厂
规 格	184mm×260mm 16 开本 13.25 印张 320 千字
版 次	2008 年 5 月第 1 版 2008 年 5 月第 1 次印刷
印 数	0001—3100 册
定 价	35.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

序

“铸造”是一种既经济又便捷的金属成形工艺。无论过去、现在还是将来，铸造都是机械制造业的重要组成部分，它对社会进步和经济发展始终起着重要的作用。

我国的铸造业不仅历史悠久，而且在 21 世纪初，铸件产量已连续 4 年跃居世界第一位，已成为名副其实的铸造大国。然而铸造大国并不就是铸造强国。目前，我国铸造技术水平与发达国家相比仍存在不小的差距，主要表现在铸件质量较差、铸件产品构成落后、企业专业化程度低、绿色环境意识和可持续发展观念不强等方面。究其根本原因，在于人才素质与现代铸造要求不相适应。可以说，没有我国铸造专业人才素质的全面提高，就不会有我国现代铸造技术的进步和发展。

培养专业人才，教育要先行，教材是基础。以往，铸造专业教学及培训用教材大都是 20 世纪 80 年代末编印的，已不能适应培养现代铸造技术人才的需求，因此，编写出版新教材的工作已成为当务之急。同时，为开展铸造工程师的认证工作，也需要一套适用的考试用书。有鉴于此，中国铸造协会主动担起这一重任，并于 2004 年制订了“铸造专业人才教育培训和教材建设规划”，设立“教育培训专项基金”，组织和邀请国内知名铸造专家、学者编写铸造专业培训系列教材，首批入选规划的教材包括《铸造工艺学》、《造型材料》、《特种铸造》、《灰铸铁、球墨铸铁及其熔炼》、《铸钢及其熔炼》、《铸造非铁合金及其熔炼》、《铸造设备》、《铸造企业管理》共 8 本专业教程。

以上教材都是为了在 21 世纪之初，满足我国铸造专业人才教育培训的迫切需要而优先规划并出版的，这批教材的编写既要从国情出发，又要面向世界、面向未来；既要保证基础性、实用性，又要突出新颖性；要体现本专业的的新面貌、新特点，反映学科前沿，培养创新意识和创新精神。总之，应按精品教材的高标准来完成，希望这套铸造专业系列教材的问世，能够开创我国铸造专业技术培训的新局面，加速铸造队伍的专业水平和整体素质的提高，并为我国铸造行业的新发展作出贡献。

本套系列教材适用于大学、大专层次的铸造专业教学用书，也是铸造工程师认证的培训用书，同时亦可供从事铸造生产的管理与技术人员和其他相关专业技术人员参考。

郭树言

2005 年 10 月

前 言

铸造生产通常是一个由许多工序组成的连续生产过程。每个工序往往又有不同的可供选择的工艺和操作方法。因此,铸造生产所采用的设备是多样化的。

铸造设备是与工艺方法紧密地联系在一起的。铸造设备的任务就是完成某一工艺过程的一个或几个工序。因此,铸造设备是工艺性很强的设备,或者说,铸造设备是为作为一种重要的材料加工技术的铸造工艺服务的。

由于铸造生产过程是多工序的连续生产过程,它所需的工艺设备和运输设备也是多品种的。这些设备需要相互配合才能形成一定的生产能力,完成一定的生产任务。铸造厂所具有的这种系统特征意味着其生产能力受到其最薄弱环节的制约,而使各环节之间达到平衡是极为重要的。

总之,铸造设备是服务于铸造工艺的,是多样化的,是铸造系统的一个组成部分。这些都是铸造设备的特点。

在选择铸造工艺和设备时主要应从以下几个方面来考虑,即所选用的铸造工艺和设备能使铸件生产任务的完成在质量上是可靠的、在成本上是适宜的、对环境是友好的。

近几十年来,铸造设备在机械设计、材料选用、制造精度、控制系统等方面与过去相比有极大地提高。建立在传统的机械、气动、液压、电气等技术基础上的铸造设备,引进了电子、传感、信息等新技术。许多铸造设备制造厂商提供给用户的不仅是硬件,还包含有软件。这是铸造设备发展的一个重要趋势。

现在我国已成为世界上铸件产量最多的国家,在铸件质量上也有很大进步。但是应当清醒地看到,我国在铸造生产的机械化、自动化、信息化及劳动生产率水平上与一些工业发达国家相比仍然存在很大的差距,我国所生产的铸造设备在性能上、品种上,特别是在创新性上也远不能满足铸造厂的需要。我们还有许多工作要做。

作为铸造工程师认证用书,本书可作为普通高等学校和大专院校铸造专业课程教材,亦可供从事铸造生产、铸造厂技术改造和设计的工程技术人员参考。

编者尊敬的老师于震宗教授对本书进行了认真、仔细的审阅,提出了许多中肯、宝贵的意见。在此谨向他表示衷心的感谢。

欢迎同行人士和读者对本书的不足之处提出批评,予以指正。

编 者

2008年春于清华大学

目 录

序 前言

第一章 造型机及造型线

第一节 现代造型方法的要求和砂型紧实度的量测	1
一、现代造型方法的要求	1
二、砂型紧实度的量测	2
第二节 震击紧实与震击附加压紧实	4
第三节 压实、压实附加震动	6
一、压实	6
二、微震压实	11
第四节 高压压实	12
一、高压压实	12
二、气流—高压压实	15
三、吹砂/射砂和吹压/射压紧实	17
第五节 冲击造型	20
一、燃气冲击造型	20
二、空气冲击造型	21
第六节 有箱造型机	25
一、低压微震造型机	25
二、高密度砂型造型机	28
第七节 无箱造型机	37
一、概述	37
二、水平分型无箱造型机	37
三、垂直分型无箱射压造型机	41
第八节 造型流水线	52
一、概述	52
二、采用封闭式环形铸型输送机的造型流水线	53
三、采用平板小车输送带的自动造型线	57
四、自动造型线的组成部分或辅机	58
思考题	65

第二章 型砂处理系统

第一节 型砂处理系统的基本任务	67
第二节 型砂处理的原理	68
一、旧砂处理和回用	68
二、旧砂与新鲜造型材料的混合和打松	72
第三节 循环型砂系统的质量控制的基本原理	76
一、现代型砂系统控制原理和方法	76
二、热烧损	77
三、分解产物的排除	77
四、计算公式	77
五、计算案例	78
六、型砂系统控制的实施	80
第四节 型砂处理的设备	81
一、磁选设备	81
二、筛砂机	82
三、旧砂冷却设备	84
四、旧砂砂块破碎装置	87
五、混砂机	87
六、定量装置	94
七、型砂湿度的自动检测和控制装置	96
八、型砂性能在线检测装置	100
九、松砂机	105
第五节 型砂处理系统的设计和布置	107
一、塔楼式型砂处理系统	108
二、平铺式型砂处理系统	108
思考题	110

第三章 制芯设备

第一节 概述	111
一、向下射砂的射芯机	111
二、向上射砂的射芯机	113
第二节 射芯机	113
一、热芯盒射芯机	113
二、冷芯盒射芯机	115
第三节 制芯中心	117
一、制芯中心的主要组成部分	118

二、制芯中心的分类	121
第四节 芯砂混制设备及系统	125
一、热法覆膜砂混制系统	125
二、用于液态黏结剂的芯砂混砂机	125
思考题	129

第四章 浇注设备

第一节 浇注设备的分类和浇注包	130
一、浇注设备的分类	130
二、浇注包	130
第二节 浇注机	132
一、移动式浇注机	132
二、底注式浇注机	136
三、气压浇注机	138
第三节 自动浇注机的控制系统	142
一、采用视频摄像技术的控制系统	142
二、采用激光技术的控制系统	144
思考题	147

第五章 落砂、落芯及清理设备

第一节 概述	148
一、铸件清理的任务	148
二、清理工部的技术革新	148
三、清理工部的工艺流程	149
第二节 落砂设备	149
一、惯性震动落砂机	149
二、旋转落砂滚筒	151
三、惯性震动滚筒落砂机	154
第三节 落芯设备	156
一、热法落芯	156
二、压缩空气锤击落芯	157
三、惯性震动落芯	157
四、曲轴连杆机构震动落芯	158
五、用冲击波落芯	158
第四节 抛丸清理机	159
一、抛丸清理机的构成	159
二、抛丸器	159

三、抛丸清理机的易损件	166
四、丸砂分离装置	168
五、高架轨道式或悬挂式抛丸清理机	170
六、履带式抛丸清理机	172
七、转台式抛丸清理机	173
八、钢丝编织带式抛丸清理机	174
九、贯通装载式抛丸清理机	174
十、机械手式抛丸清理机	177
第五节 喷丸清理机	181
思考题	183

第六章 机器人在铸造生产中的应用

第一节 概述	184
一、机器人的组成	184
二、机器人的分类	185
第二节 机器人在铸造中的应用	186
一、在压力铸造中的应用	186
二、在制芯过程中的应用	187
三、在浇注过程中的应用	188
四、在清理过程中的应用	190
第三节 使用机器人的优点和不足之处	191
一、使用机器人的优点	191
二、机器人应用中的不足之处	192
思考题	193

第七章 铸造厂设计及技术改造的基本步骤

第一节 概述	194
第二节 铸造厂技术设计的基本步骤	195
一、生产纲领和工艺原则的确定	195
二、不同工艺过程的比较	196
三、不同设备的对比	197
四、工艺流程图的建立	197
五、铸造厂平面布置的确定	197
六、造型线、制芯线、砂处理线、清理线等的平面布置和立面布置	198
七、工艺过程的描述	200
思考题	200
参考文献	201

第一章 造型机及造型线

第一节 现代造型方法的要求和砂型紧实度的量测

一、现代造型方法的要求

当用湿型砂进行造型时，型砂在外力作用下改变位置的同时被紧实。通常造型时所施加的力使型砂在砂箱（或造型室）中向下运动。当型砂移动时，它即被紧实，也就是说其堆积密度增加。当型砂已被紧实并由砂箱和模板支承时，造型力即被平衡，型砂运动停止。

描述紧实的极限或堆积密度的数据见表 1-1。由表 1-1 可见，膨润土型砂的堆积密度由于造型过程中的紧实可由最低的 0.8kg/L 变化到高达 1.68kg/L。即使在已经紧实后，型砂体仍然是由约 60% 的固相和约 40% 的空隙构成。当紧实型砂所做的功增加时，型砂堆积密度也逐步增大。当紧实达到在整个砂体中砂粒与砂粒皆接触时，获得了极限堆积密度。此时其堆积密度约为 1.6~1.68kg/L。如果试图进一步使其紧实则将导致砂粒破碎。这就是说，一旦最大堆积密度已经达到，施加更大的紧实力并不会使型砂进一步紧实。

表 1-1 几种典型型砂的密度

序号	材 料	堆积密度 (kg/L)	固相 ^① (%)	空隙 ^② (%)
1	石英砂（无黏土）	1.6~1.84	60.4~69.5	39.6~30.5
2	干砂加膨润土及含碳附加物（AFS 黏土：9%~11%，挥发分 4%~8%；AFS 细度：60~75）	1.44~1.68	54.4~63.5	45.6~36.5
3	序号 2 中的型砂润湿到适宜造型的含水量：			
	a. 经筛过的	0.8~1.04	30.2~39.2	69.8~60.8
	b. 紧实到砂型硬度为 70~85	1.04~1.36	39.2~51.3	60.8~48.7
	c. 紧实到砂型硬度为 90~95	1.44~1.68	54.4~63.5	45.6~36.5

① 固体石英的真密度为 2.65kg/L，固相 (%) = $\frac{\text{堆积密度}}{\text{真密度}} \times 100\%$ 。

② 空隙 (%) = 100% - 固相 (%)。

由于铸件的材质、大小和壁厚不同，其所要求的砂型的紧实程度也不相同。砂型在进行合箱、浇注之前首先要能经受住运输或翻转过程中的震动而不致损坏。其次，在浇注过程中砂型不仅要经得住金属液的冲击和冲刷，而且还要能抵抗金属的静压力。在铸件凝固

过程中,某些合金(如球墨铸铁)由于体积膨胀对砂型施加很大的膨胀压力。如果砂型紧实度不够大,那么就会引起显著的型壁移动,从而影响铸件内部的致密度和尺寸精度。

因此,对现代造型方法有以下几点要求。

- (1) 在型砂充填砂箱时应能保证砂箱内各个部位,特别是模样的根部及其吊砂内,为型砂所充满。
- (2) 在紧实时必须克服黏土湿型砂流动性差的问题,以便使砂型在整个截面上都被匀称地紧实。
- (3) 在模样周围的区域砂型至少被紧实到使铸件具有足够的精确度。
- (4) 无论有无砂箱的支撑,砂型背面能经受得住运输过程的颠簸及浇注压力。
- (5) 具有高的生产率。
- (6) 噪声小。

现代造型方法的目标,就是要获得一个具有紧实度适当而且分布合理的砂型。

二、砂型紧实度的量测

砂型上某处的紧实度可以用容重或者硬度、砂型强度来表示。

(一) 容重的测量方法

容重是指单位体积内所包含的砂型重量。在砂型上要测定紧实度的部位,用带刀口的薄壁钢管插入型中,取出一定长度的砂柱,称出砂柱的重量,再除以钢管穿入部分空腔的体积,即得出这一部位砂型的紧实度——容重的平均值。钢管的结构如图 1-1 所示,其外表面上沿全长刻有刻度,由此可以读出插入的深度。

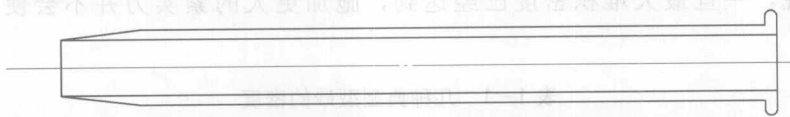


图 1-1 测定容重的取样钢管结构示意图

容重以 δ 表示,其单位为 g/cm^3 。

这一量测方法的主要缺点是:为了测得砂型内某一点的容重,必须破坏砂型。此外,这种方法还必须称量和计算,不能直接得到读数。因此,不适合于在生产中应用。

(二) 砂型硬度计

砂型硬度计的测定原理类似于布氏硬度计。测量时将硬度计下端表面压在砂型的所测部位,测头陷入砂型的深度反映出砂型的硬度。砂型表面越软则陷入深度越大。美国开发的湿型硬度计有 A、B、C 三种型号。A 型是过去通用的硬度计,测头半径为 2.54mm,最大加压的力为 2.32N (见图 1-2)。B 型测头半径为 12.7mm,最大加压的力为 9.67N (见图 1-3、图 1-4)。C 型测头为圆锥形,最大加压的力为 14.7N (见图 1-3、图 1-4)。

由于 A 型和 C 型硬度计的测头尺寸都较小,在测量时有可能插进砂粒间的孔隙,造成它们的测量值复验性(reproducibility)较差。因此美国铸造学会推荐采用 B 型硬度计。20 世纪 80 年代美国已不再生产 A 型硬度计。但是, B 型硬度计与 A 型硬度计有一共同的缺点,即在测量高密度砂型时敏感性较差。图 1-5 所示为 B 型硬度值与 C 型硬度值的关

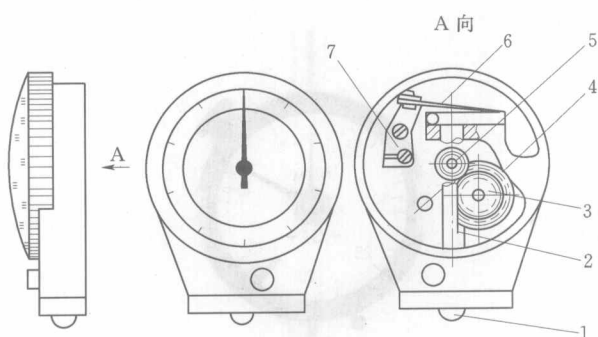


图 1-2 A 型砂型硬度计

1—钢珠；2—齿条；3—小齿轮；4—大齿轮；
5—小齿轮；6—弹簧片；7—调整螺钉

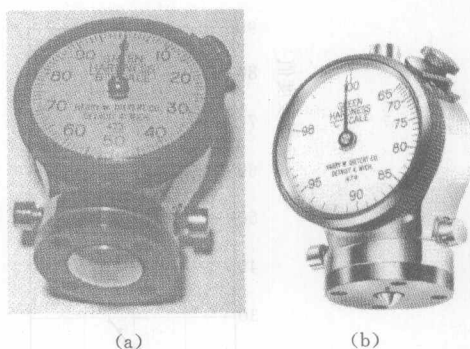


图 1-3 砂型硬度计

(a) B 型硬度计；(b) C 型硬度计

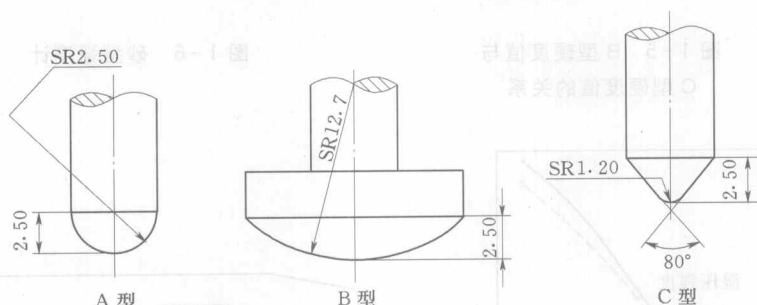


图 1-4 砂型硬度计的测头

(注：我国生产的硬度计测头半径已经圆整)

系曲线。由图 1-5 可见，在 B 型硬度计硬度值为 85 以下时两者的敏感性很相近，但 B 型硬度计硬度值超过 85 后 C 型硬度计具有更大敏感性。

20 世纪 70 年代由于各种高密度砂型造型机的出现，在生产中越来越多地采用砂型强度计来测量砂型的紧实程度。

(三) 砂型强度计

砂型强度计（见图 1-6）是一种针入式测力计，它是将直径为 3.2mm 的测头压入砂型 9.2mm 的深度所需的压力在其表盘上指示出来，并以此作为砂型强度值（ $1\text{N}/\text{cm}^2 = 10\text{kPa}$ ）。

砂型强度与型砂性能及所用的紧实能有关。用砂型强度计在砂型上测得的强度值与在试验室中用内径为 50mm 的试样筒将砂样舂实到同样紧实程度后测得的湿压强度值相吻合（见图 1-7）。图 1-7 中所示为用同一自动造型线的型砂所造砂型的砂型强度随紧实程度增加的变化曲线。

在上述机械式砂型强度计的基础上，20 世纪 80 年代瑞士 Georg Fischer 公司开发出了电子式砂型强度计（见图 1-8）。其结构紧凑、使用方便，因而在国际上得到广泛应用。

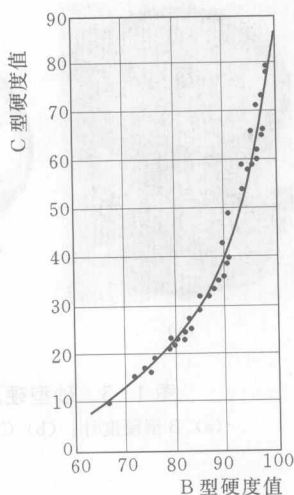


图 1-5 B 型硬度值与
C 型硬度值的关系

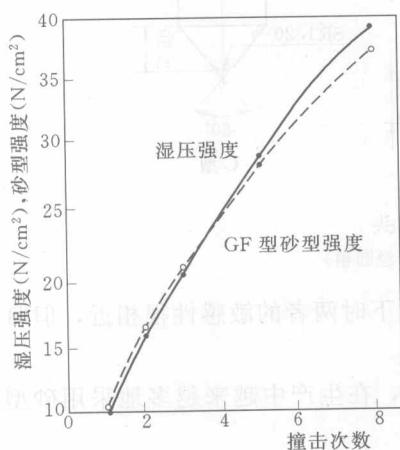


图 1-7 湿压强度/砂型强度
与撞击次数的关系

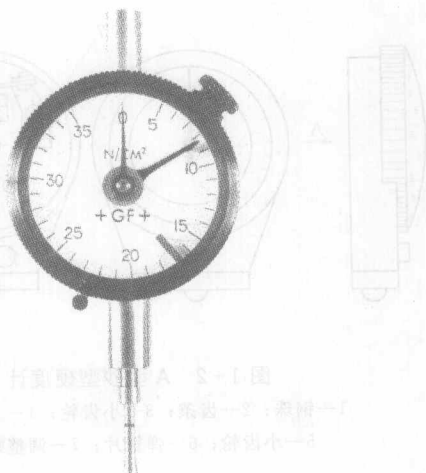


图 1-6 砂型强度计

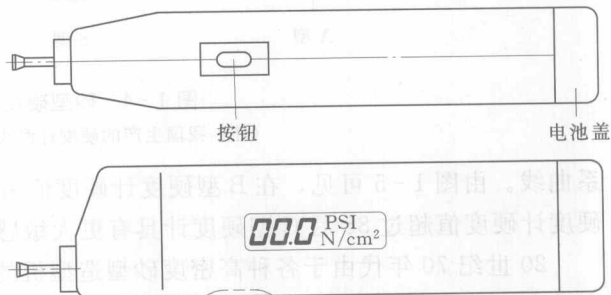


图 1-8 电子砂型强度计

第二节 震击紧实与震击附加压紧实

图 1-9 是一种简单的震击紧实机构示意图。充满型砂的砂箱随工作台（震实台）上升到一定高度后自由下落，与机座发生撞击，如此反复进行多次，直到获得所需要的砂型紧实度为止。

图 1-10 是通过如下的方法获得的：在砂箱中按水平方向分层填砂，各层中间撒以不同颜色的界砂，然后震击，得到水平层流动的图形；再在砂箱中按垂直方向分层填砂，同样用界砂把各层分开，控制震击条件使之与第一次的相同，即得到垂直砂层流动的图形；

将此两次得到的结果叠加，画出图 1-10。应该指出，这样叠加得到的图形和实际情况相比，显然是有误差的，因为两次型砂流动的各方面条件不可能做到完全相同。因此，不能以此图上量测得的数据作为实验研究或生产的精确的根据。但是由于此图显示的流向还是基本可靠的，在分析型砂流动趋势时，有其参考价值。

由于基本上没有侧向流动，侧压很小，所以仅仅是贴近砂箱壁的型砂在向下运动过程中受到一定的摩擦力。总的看来，这种外摩擦力的影响范围较小，因此为保证紧实度均匀所需的砂型在水平方向的最小截面尺寸（亦即水平方向的吃砂量），远较压实时小。这就使砂箱面积可以得到充分的利用。但是，震击时各层型砂之间产生的瞬时压力的大小是不同的。愈位于下面的砂层，震击时受到的惯性力愈大，愈易被紧实；而上面的砂层一般达不到所要求的紧实度。图 1-11 为用震击方法所获砂型断面的硬度分布图。震击使得靠近模板的砂型下部有较高而且分布均匀的硬度，但在砂型背面（即上部）硬度则显著降低。图 1-12 为在不同砂箱高度时震击的紧实度特性曲线。因此，在砂箱高度小于 200mm 时，不宜采用单纯震击来紧实型砂。

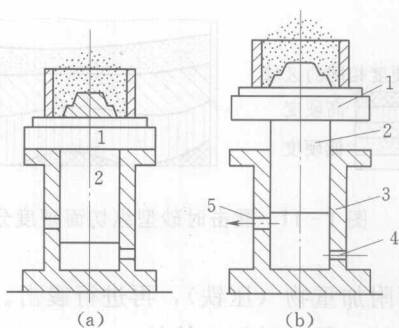


图 1-9 震击机构示意图

(a) 起始位置；(b) 升起位置

1—工作台；2—震击活塞；3—震击缸；4—进气孔；5—排气孔

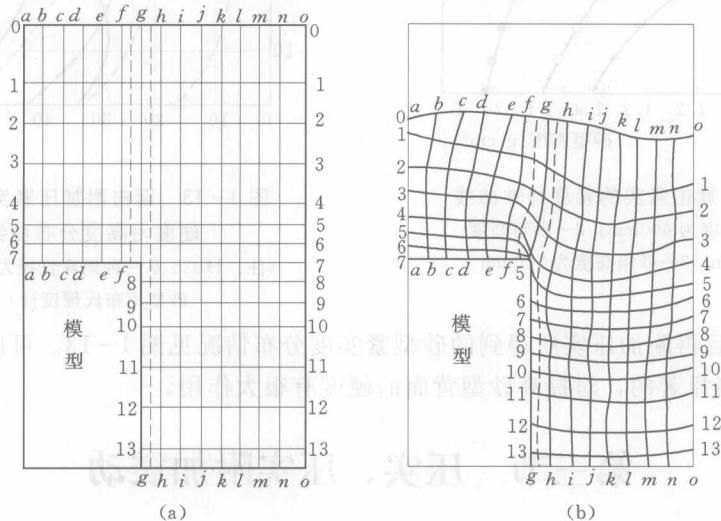


图 1-10 震击时，型砂在砂箱中流动和被紧实的情况

(a) 紧实前；(b) 紧实后

除此以外，在模型转角处的立面上，由于上面和侧面的流动不均而产生局部疏松现象（见图 1-10 中 5—5、6—6、7—7 各层型砂的流线），使得模型顶面和侧面紧实度差别较大，而在转角处尤其严重。这是震击紧实在工艺性方面的主要缺陷之一。另外，震击紧实也令模型侧壁的磨损较大。

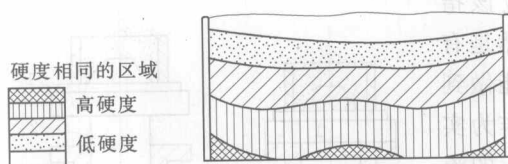


图 1-11 震击时砂型纵切面硬度分布图

为了减小震击紧砂时紧实度分布不均的缺陷，必须进行补充紧实，主要方法有以下几种。

(1) 震击紧实后，再用手工（或风动春砂器）补充紧实上层型砂。此法劳动强度大，生产率低，而且容易撞坏高模型的顶部。

(2) 当砂箱中填满型砂后，在砂型上表面附加重物（压铁），再进行震击。此法可减少工人体力劳动强度，但装卸压铁需要辅助机械，紧砂时间也较长。

(3) 震击后，再自上面附加压实（机器带有压实机构）。这是应用较多、效果较好的方法。当砂箱大时，将使机器结构复杂、外形尺寸加大。因此，此法一般只用于内尺寸为 800mm×600mm 以下的砂箱。当砂型内有显著局部疏松现象时，最好采用成型压头。

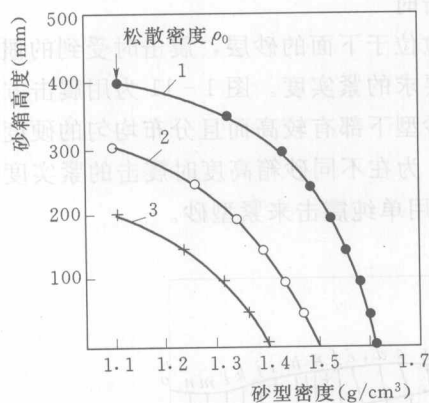


图 1-12 震击紧实的紧度特性曲线

1—砂箱高度为 400mm；2—砂箱高度为 300mm；3—砂箱高度为 200mm

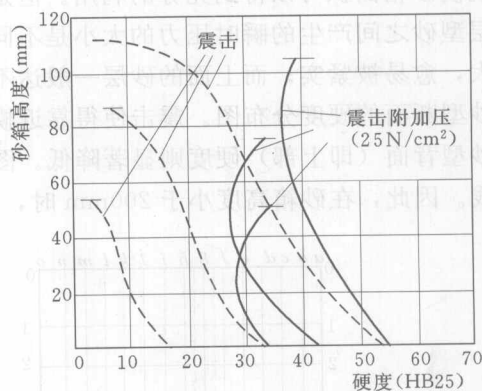


图 1-13 震击附加压紧实的砂型硬度沿高度分布曲线

(注：HB25 系一种钢珠直径为 25mm 的砂型用布氏硬度计)

震击紧实后再附加压实所得到的砂型紧实度分布情况见图 1-13。可以看出，附加压实的效果是相当显著的，对提高砂型背面的硬度有很大作用。

第三节 压实、压实附加震动

一、压实

压实紧实是利用静力将型砂紧实。

压实造型机的一个主要技术指标是压实比压。现以一个简单的压实造型机为例（见图 1-14）来说明压实比压的计算方法。

压实比压可按式 (1-1) 计算：

$$P_{\text{比压}} = \frac{P_0 F - Qg - R}{F_{\text{型}}} \quad (\text{N/cm}^2) \quad (1-1)$$

式中 P_0 ——压实行程终结时压实缸中的压强，对于气动造型机即等于管路中压缩空气压强，对于液压造型机即等于液压系统的工作压强 (N/cm^2)；

F ——压实活塞面积 (cm^2)；

Q ——机器上升部分及砂箱、模板、型砂等质量 (kg)；

R ——摩擦力 (N)；

$F_{\text{型}}$ ——砂型面积 (cm^2)。

已知：管路中压缩空气压强 $P_0 = 50 \sim 70 \text{N/cm}^2$ ，计算压实比压时取下限；压实活塞直径 $D = 380 \text{mm}$ ，故其面积：

$$F = \pi \times \frac{38^2}{4} = 1134 (\text{cm}^2)$$

机器上升部分及砂箱、模板、型砂等质量：

$$Q = 400 \text{kg}$$

摩擦力 R 在采用宽度为 16mm 的自紧构胶密封圈时可按式 (1-2) 计算：

$$R \approx P_0 D (\text{N}) \quad (1-2)$$

故 $R = 50 \times 38 = 1900 (\text{N})$

砂箱内尺寸为 $500 \text{mm} \times 400 \text{mm}$ ，故砂箱面积：

$$F_{\text{型}} = 50 \times 40 = 2000 (\text{cm}^2)$$

所以 $P_{\text{比压}} = \frac{50 \times 1134 - 400 \times 9.81 - 1900}{2000} \approx 25 (\text{N/cm}^2) = 0.25 (\text{MPa})$

普通压实造型的压实比压为 $0.2 \sim 0.25 \text{MPa}$ 左右。压实紧实分为上压法和下压法两种。在采用上压法时，压头（相对于砂箱）向下运动，将装在附加框里的型砂从上边压入砂箱 [见图 1-15 (a)]。而下压法则是将型砂从型板的一面（此时附加框在分型面一边）压入砂箱，压实时型板（相对于砂箱）向上运动 [见图 1-15 (b)]。

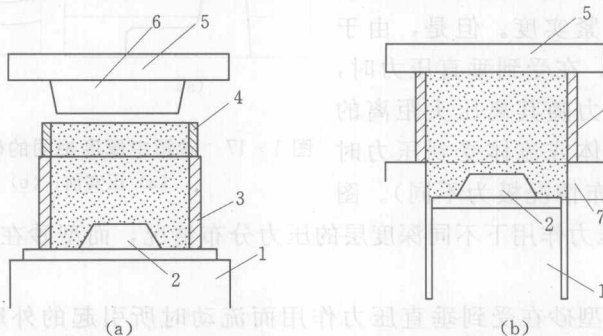


图 1-15 上压法和下压法示意图

(a) 上压法；(b) 下压法

1—工作台；2—模板；3—砂箱；4—余砂框；5—机器横梁；6—压头；7—机器的固定台面

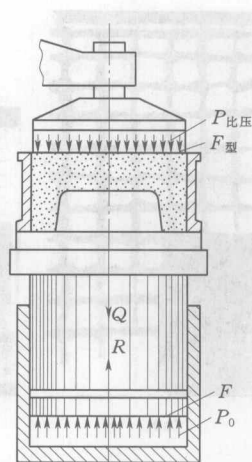


图 1-14 压实造型机
受力示意图