

内容提要 喷丸清砂是实现铸件清砂和表面清理机械化的一种途径。书中对喷丸清砂的原理、特点、工艺、设备的总体设计、各单机（部件）的设计、制造和使用作了详细的叙述，对于喷丸有关的新技术、新材料，如永磁分离滚筒、耐磨橡胶管等也作了较详细的说明。在附录中，还介绍了铁丸的简易生产方法等。

本书可供从事铸造生产和技术改造的广大工人、技术人员参考。

喷 丸 清 砂

抚顺挖掘机厂编

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $4 \frac{8}{16}$ · 字数 97 千字

1974 年 12 月北京第一版 · 1974 年 12 月北京第一次印刷

印数 00,001—20,000 · 定价 0.33 元

*

统一书号：15033 · 4275

前 言

“清砂不用铲”，这是铸造清砂工人长期以来的愿望。通过伟大的无产阶级文化大革命，这一愿望终于实现了。

采用风铲清砂，不但劳动强度大，生产效率低，而且粉尘浓度高，因此阻碍生产的发展，也影响工人的身体健康。为了解决这个问题，我们遵照伟大领袖毛主席关于“**在实施增产节约的同时，必须注意职工的安全、健康和必不可少的福利事业**”的教导，批判了“洋奴哲学”和“爬行主义”，坚持“实践第一”的观点和自力更生、艰苦奋斗的方针，克服了没有经验、资料缺乏和技术力量薄弱等困难，经过几年的努力，摸索了“喷丸清砂”的一些规律，制造和改造了四台喷丸清砂机。现在，我厂绝大部分铸钢件都采用了水爆-喷丸清砂新工艺，使劳动条件明显改善，清砂工人大大减少，而产量却大幅度提高，初步扭转了清铲工序的被动局面。

为了更好地总结和交流经验，促进我国铸造工业和喷丸技术的发展，我们编写了《喷丸清砂》这本书。重点介绍了喷丸清砂的工艺和设备，对有关原理也作了些阐述。由于水平有限，错误和不足之处在所难免，希望大家批评指正。

在编写中，铁岭钢砂厂、沈阳空气压缩机配件厂、沈阳矿山机器厂、沈阳橡胶机带厂、沈阳胶管厂、东北工学院、沈阳医学院和抚顺矿务局医院等单位给予大力支持和帮助，在此表示诚挚的谢意！

抚顺挖掘机厂

目 录

前言

第一章 喷丸清砂的原理及特点	1
一、喷丸清砂的原理	1
二、喷丸清砂的特点	3
三、喷丸清砂在铸钢生产中的应用	5
第二章 喷丸清砂的工艺因素	8
一、喷射材料	8
二、喷射力	13
三、喷射距离与喷射角度	17
四、喷射程度	18
第三章 喷丸清砂机的总体设计	19
一、喷丸与抛丸的比较和选择	19
二、喷丸清砂的工艺流程	21
三、室式喷丸清砂机总体设计原则	24
第四章 铸件的密闭及承载系统	32
一、清砂室	32
二、平车和转台	42
第五章 喷射系统	55
一、压出式喷丸器	55
二、喷枪装置	61
三、喷枪的升降装置	65
四、压缩空气管路	69
第六章 铁丸循环系统	71
一、电磁振动槽	71
二、斗式提升机	86
三、铁丸分离装置	89

V

四、铁丸清扫装置	104
第七章 除尘系统	108
一、机棚的进风口与吸尘管	109
二、风量的选择	112
三、第一级除尘	114
四、第二级除尘	118
五、风机的选择	127
六、风管设计	127
第八章 喷丸清砂机的操作	128
一、操作前检查事项	128
二、操作中注意事项	128
三、定期检查维护要点	129
附录	130
一、三台喷丸清砂机主要参数	130
二、铁丸的简易生产方法	132
三、喷涂型聚氨酯橡胶 (SID/P-1) 涂刷工艺	136

第一章 喷丸清砂的原理及特点

一、喷丸清砂的原理

喷丸清砂和喷丸清理的基本原理是一样的。喷丸清理就是用适当压力的压缩空气，使铁丸以每秒几十米的高速度喷射到铸件表面上，将铸件表面上的砂皮、氧化皮、铁锈和残渣等都清除掉。

喷丸清砂则是用同样的方法，将铁丸射到带有大量砂子的铸件上，把砂块打碎或“铲磨”掉，从而达到清砂的目的。

当压缩空气工作压力为 5 公斤/厘米^2 时，压出式喷丸器喷出的铁丸最高飞速可达到 $50 \sim 70 \text{ 米/秒}$ 。铁丸在这样的高速下，喷射到铸件上，其冲击能量是很大的。一支喷枪每秒约能喷射一公斤铁丸，通过计算可知，一支喷枪每秒钟所作的功约为 $180 \text{ 公斤} \cdot \text{米}$ 。实际喷射中，打在铸件上的是连续而密集的铁丸流，其打击力可想而知了。

使铁丸产生喷射，是通过喷丸器实现的。喷丸器基本上有吸入式和压出式两种，此外还有重力式的，它实际上是一种特殊的吸入式。各种喷丸器的作用原理见图1-1。

吸入式喷丸器是靠压缩空气从空气喷嘴1喷出，使混合室2内产生负压，将储丸斗5内的铁丸经吸管4吸入，在喷射气流作用下，经工作喷嘴3喷出，使铁丸打在工件10上。为了在混合室内获得较高的真空度，工作喷嘴3的截面积应当比空气喷嘴1的截面积大两倍，但从喷嘴3流出的铁丸和空气混合流速度却显著降低，因此大大减小了喷射力。

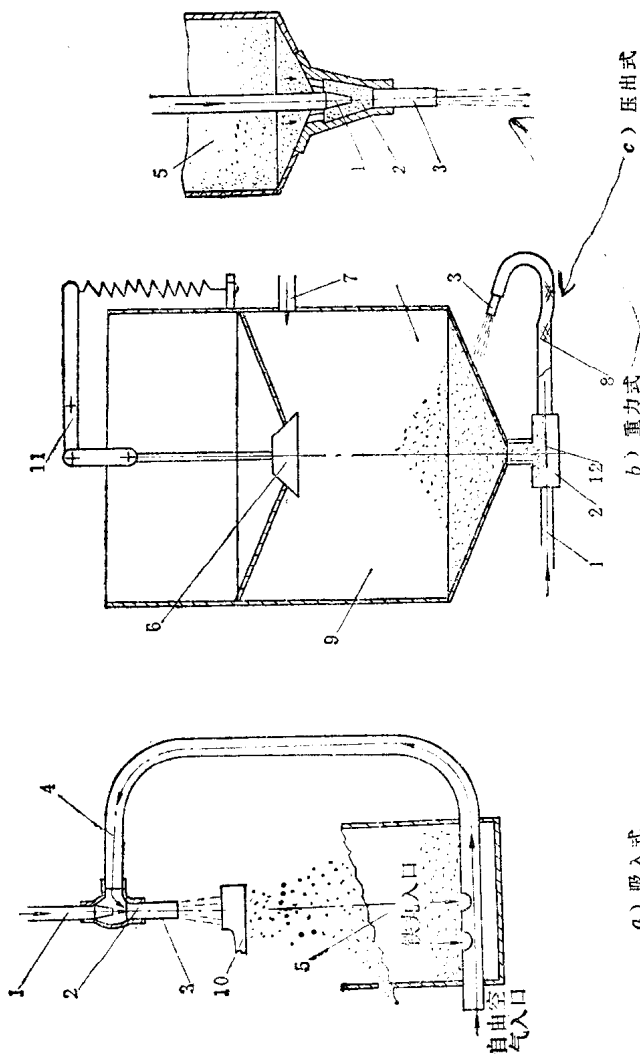


图1-1 各种喷丸器的作用原理

1—压缩空气喷嘴；2—混合室；3—工作喷嘴；4—工作喷嘴；5—储丸斗；6—伞形阀门；7—压缩空气管；8—橡胶软管；9—压力室；10—工作；11—伞形阀门；12—套管的中间隔板

重力式与吸入式不同之点是储丸斗 5 位于混合室 2 的上面，铁丸可以借助于本身重力进入混合室，因而降低了对混合室负压的要求，但由于压缩空气在混合室 2 内膨胀，工作喷嘴 3 的截面积仍需大于空气喷嘴的截面积，所以铁丸与空气的混合流速度仍然降低较多。

压出式与以上两种型式不同。喷射时，压力室 9 内的压力与压缩空气管路内的压力是相近的，压力室内的铁丸可以依靠重力不断地流到混合室 2 中的套管中间隔板 12 上，由于来自压缩空气管 1 的横向气流不断地向橡胶软管 8 和喷嘴 3（有时称它喷枪）方向流动，把隔板上的铁丸吹走，并且在混合室、软管和喷嘴内与空气充分混合，使铁丸获得一定的输送速度，至喷嘴出口，空气迅速膨胀，铁丸又一次地加速，从而使铁丸喷射力增强。

从上述喷射原理可知，压出式的最大优点是在整个系统中间不引射自由空气，压缩空气在混合室内没有剧烈的膨胀损失，因而压缩空气能量得到较充分的利用，喷射力也最强，而且喷嘴可以移动，所以压出式喷丸器在喷丸清砂和喷丸清理中应用最普遍。

重力式喷丸器的结构比较简单，喷射力较吸入式强，在喷嘴处于工件上面而且不需移动的地方，可以采用。吸入式喷丸器的铁丸是封闭循环的，不需要特殊的输送装置，所以结构比较简单，但喷射力最弱，所以很少采用。

二、喷丸清砂的特点

虽然喷丸清理和喷丸清砂的基本原理是相同的，但一般的喷丸清理机并不能用来清砂。因为一般的喷丸清理机，只能清除铸件表面的氧化皮和极少量的残留砂，如果铸件上残

留砂较多,就会带来一系列的问题,甚至使喷丸机无法工作,从实践中,使我们认识到喷丸清砂的特性,从而也对喷丸清砂机提出了特殊的要求:

1) 能有效地分离铁丸和砂子。一方面要求分选后的铁丸中砂子极少,否则会增加排尘设备的负担,并且喷嘴等易损件过早磨损;另一方面,要求排掉的砂子中铁丸极少,否则铁丸就损失掉。要想让喷丸清砂机能容纳瞬间落下几十公斤甚至几百公斤的砂子,又能及时地将这些废砂从铁丸中分离出来并且排掉,就必须采取强而有效的分离和排送方法。

2) 能有效地分选出各类杂物。清砂过程中会落下铁棍、铁丝、铁钉、铸件飞边、木片、煤渣和大砂块等等,这些杂物如果与铁丸不能迅速分离,就会使喷嘴和设备各部分发生堵塞。

3) 能及时有效地排除机棚内大量的粉尘;采用高效率的除尘器使空气净化;要保证机棚内呈负压状态,不使粉尘外逸,甚至在打开机门时,室内粉尘也能有效地控制,从而使操作者在机棚外也不致受害,并且保证在喷射过程中有足够的能见度。

4) 采用合理的溜槽斜度。铁丸中砂子和灰尘的比例增加,会急剧地降低其流动性。溜槽和漏斗的斜度小了,会发生滞流故障,影响设备的正常工作;斜度太大,又会加快溜槽的磨损和增加各部分的高度。

5) 清理铸件孔洞或穴槽处的砂子比清理铸件表面的氧化铁皮困难的多;因此希望喷嘴能直射或深入到腔穴内进行喷射,这就要求喷枪机动灵活,能伸缩,能升降,能左右摆动,减少喷射死角,以提高喷射的效率和质量。

6) 清砂往往要求比清理氧化皮具有更高的喷射力。特

别是铸钢生产，当采用水玻璃砂时，砂子很硬，这一点更不能忽视。

从以上几点看出，对喷丸清砂的要求要比一般喷丸清理为高。一台喷丸机如果能满足清砂的要求，也就能满足一般清理的要求，因此喷丸清砂机既可以用来清砂，又可以用来作一般清理。

三、喷丸清砂在铸钢生产中的应用

我厂铸钢件清理，一般是按图 1-2 所示的工艺路线进行的。

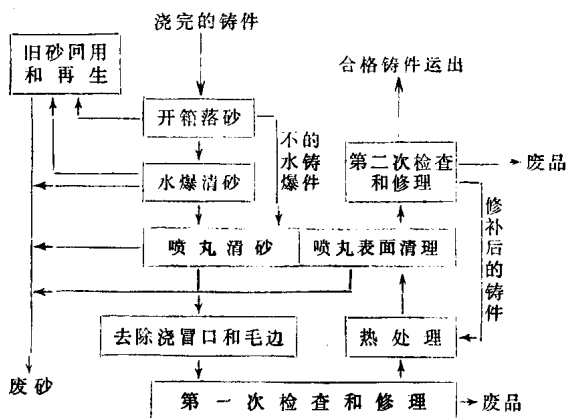


图1-2 铸钢件清理工艺路线

从工艺路线看，喷丸清砂前要进行水爆清砂。目前95%左右的铸钢件要进行水爆清砂，水爆清砂是我国工人阶级创造的一种效率高、成本低，简便易行的无尘少尘湿式清砂法，只需很短的时间，即能完成。目前从清砂工作量这一点看，水爆清砂为喷丸清砂创造了最好的条件。但水爆清砂的铸件会

有或多或少的砂子不易清除掉，特别是在铸件内转角处存砂更为严重，另外水爆不容易清除化学粘砂和其他严重粘砂层，因此水爆清砂后，大部分铸件还要进行喷丸清砂。在我厂铸钢件生产中，两种方法相结合，已成为“水爆-喷丸清砂”这一新的工艺方法。

对于少数不宜水爆或水爆效果不好的铸件以及因种种原因未进行水爆的铸件，如高锰钢铸件和易裂铸件等，其残留砂较多，所以往往先用风铲将大砂块打掉许多，再进行喷丸清砂，以提高清砂效率。

对于严重影响喷丸清砂的一些飞边和浇口，有时先用人工除去局部的砂子后，再除去飞边和浇口，以便进行喷丸清砂。

对于一些采用组芯串铸的小铸件，落砂后可以整串地送

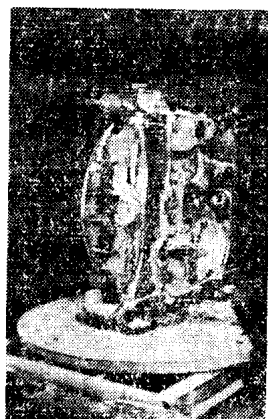


图1-3 水爆后待喷丸清砂的铸件
(挖掘机的底座)

入喷丸室进行清砂，此时清砂效率比较高。

有两种铸件不能进行喷丸清砂：一种是过于潮湿的铸件，因为湿砂带进清理室，容易造成各部溜槽滞流故障，降低分离效果（分离后的铁丸中混入砂子较多），而且铁丸遇水和混入的湿砂容易使铁丸锈结或冻结（在冬季）在喷丸器内，影响工作；另一种是易裂铸件，温度过高时，如果遇到强烈的冷风，容易破裂造成废品。

图 1-3 为待喷丸清砂的铸件。从照片可以看到，水爆后铸件上仍残留了一定的砂子和粘砂层，有待喷丸清砂。

第二章 喷丸清砂的工艺因素

在这一章里，着重分析影响喷射效果的各主要因素，以及这些因素和被喷射物之间的关系。

一、喷射材料

喷射材料，又叫做喷射剂。当喷射的主要目的是使工件磨光时，往往又把喷射材料称之为磨料。铸造最常用的是铁质丸状喷射材料，所以经常把喷射材料称之为铁丸。

（一）喷射材料的种类

固体喷射材料分为非金属与金属两大类。

非金属喷射材料中，最常用的是石英砂，此外还有金刚砂、刚玉、玻璃球等。由于石英砂易造成硅尘危害，破碎率高，效率又低，所以逐步为金属喷射材料所代替。

金属喷射材料中，最常用的是铁质的。铁质喷射材料一般有冷硬铸铁、可锻铸铁、铸钢和钢的四种。钢喷射材料一般都是用圆钢丝切制而成，所以又叫钢丝丸。铁质喷射材料除以上四种外，还有一些其他品种。例如脱碳可锻铁丸，就是将铁丸加热通入氧气，然后淬火制成，其含碳量在1%以下。又如渗碳钢丝丸，是用含碳量约0.2%的钢丝丸，渗碳使其含碳量达到0.45~1.0%，再进行淬火回火制成。也有用含锰14%的高锰钢制成铸钢丸。

有色金属喷射材料中，主要有铝质的和铜质的，一般都是由金属丝制成，用于清理要求较高的有色金属件。

（二）喷射材料的颗粒形状

喷射材料的颗粒形状，可分为丸状、块状和柱状三种基本形状。

喷丸清砂和清理所用的喷射材料最好是丸状的。

块状一般是将铸出的大铁丸，经过破碎、筛分而成，它具有锐利的棱角，作为磨料是很适合的。铁丸在使用过程中，被打碎后，丸状喷射材料实际上已变成小块状的喷射材料。

新的柱状喷射材料也具有锐利的棱角。钢丝丸如果作为磨料，一般都进行淬火处理以保持棱角；如用于清砂也可不进行淬火处理，经过反复使用后，也会逐渐变为丸状的，而且硬度也愈来愈高。

（三）喷射材料的粒度

喷射材料的粒度，是按直径大小来分的。钢丝丸的直径和长度是相等的。

铁丸直径的选择不宜太小，也不宜过大。铁丸直径太小，则冲击力也小，清砂效率低，而且铁丸愈小，散失率和铁丸单价均提高；铁丸过大，单位时间内喷打在工件表面的颗粒数就少，也会降低效率，而且工件表面的粗糙度（弹痕）增大。因此正确选择喷射材料的粒度是很重要的。

还必须指出，从制造喷射材料的角度出发，希望尽量减少粒度的级数，从使用情况看，用铸造方法生产的喷射材料，对于较大号的铁丸每一级尺寸范围要求过严（如每级相差0.2毫米）是没有实际意义的，因此选择时，铁丸直径范围可选宽一些。

表 2-1 列出不同号数的铁丸的一般用途，供参考。对于易碎的铁丸，直径应选上限。

我厂喷打铸钢件上的水玻璃砂块，是采用 2~3 毫米的冷

表2 1 铁丸号数与一般用途

铁 丸 号 数	铁丸直径 (毫米)	一 般 用 途
20, 25, 30	2.0~3.0	大型铸钢件的清砂与表面清理
15, 20, 25	1.5~2.5	大型铸铁件和中型铸钢件的清砂与表面清理
8, 10, 12, 15	0.8~1.5	中小铸铁件和小型铸钢件的清砂与表面清理
5, 8, 10	0.5~1.0	小铸件的表面清理
3, 5	0.3~0.5	有色金属铸件的清砂和表面清理

硬铸铁丸，对于少数表面要求特高的铸件，如小内圆角处也要清理干净的精铸件，用直径 0.8~1.0 毫米的铁丸，清理后表面质量很好。

(四) 喷射材料的硬度、致密度

铁质喷射材料的质量除上面所说的粒度要求外，通常还用硬度、致密度等几项指标来衡量。

1. 硬度

铁丸的硬度与清理效率成正比，而与铁丸的寿命和设备易损件的寿命成反比，所以铁丸的硬度要适宜。一般冷硬铸铁丸的硬度最高可达到 HRC62~64，这样的铁丸脆性高，经过适当回火，硬度一般控制在 HRC50~57，此时铁丸寿命可大大延长。可锻铸铁丸在焖火后，硬度降到 HV340~600（相当于 HRC36~53），这样的硬度不影响清理效率。铸钢丸硬度一般控制在 HRC45~50。

随着重复打击，铁丸的硬度逐渐提高。含碳量 0.7% 的钢丝丸，冷作硬化效应更为明显，制成时，硬度在 HRC36~37，工作 40 小时后，硬度提高到 HRC42~44，工作 300 小时后，硬度进一步提高到 HRC48~50。

图 2-1 表示铁丸硬度与铁丸寿命和喷射效果的关系。当铁丸硬度过高，一打到铸件表面即碎裂（图 2-1 a），铁丸复用性太差。当铁丸硬度太低时，铁丸一打就变形（图 2-1 b），吸收了冲击能量，喷射效果也不理想，只有硬度适当（图 2-1 c），不仅能延长铁丸寿命，而且还能达到较好的喷射效果。

图 2-2 表示铁丸硬度与反弹效果的关系，反弹效果越好，清理效果越好。

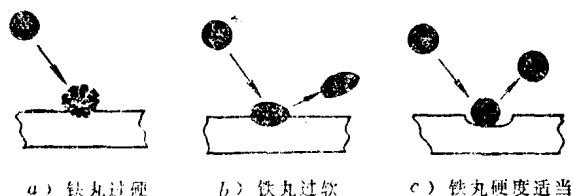


图 2-1 铁丸硬度与铁丸寿命和喷射效果的关系

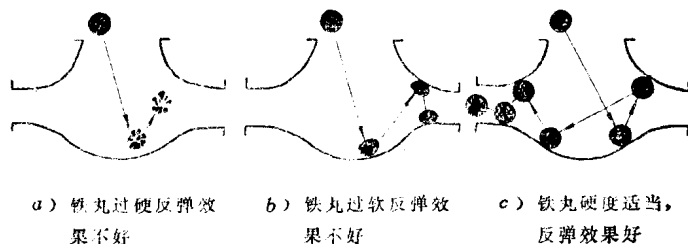


图 2-2 铁丸硬度与反弹效果的关系

2. 致密度

铁丸的致密度用密度大小来衡量。铁丸最易产生的缺陷是气孔，其次是裂纹、缩松等，而在不同程度上降低了铁丸的密度。一般冷硬铸铁丸密度要求在 6.8 克/厘米^3 以上，铸钢丸密度在 7.4 克/厘米^3 以上。

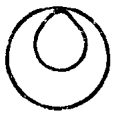
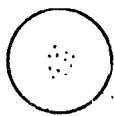
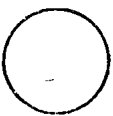
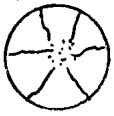
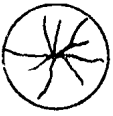
缺陷类别	气 孔	裂 纹	缩 松	健 全
使 用 前				
破 碎 前				
寿 命	最 低	很 低	较 低	高

图2-3 铁丸缺陷对铁丸寿命的影响示意

图 2-3 表示不同缺陷的铁丸对使用寿命的影响。相同材质的铁丸，有气孔缺陷的寿命最短。

(五) 判断铁丸质量的其他方法：判断铁丸质量的方法还有多种，例如有的在强度试验机上进行静压力试验，某种直径的铁丸能承受不小于多少公斤压力而不碎为合格；有的进行铁丸压碎或锤击试验，碎裂时成 2~3 瓣为合格，碎成多瓣说明铁丸过脆；有的则进行外观检查，要求在一百粒中发现气孔、葫芦状和粘连的铁丸数不超过七粒为合格。

(六) 正确选用喷射材料

正确选用喷射材料是一件很重要的工作。因为喷射材料选用合理，不但清理效果好，效率高，铁丸寿命长，而且设备的易损件寿命大大延长，从而显著地降低清理费用。

铁质喷射材料中，以冷硬铸铁的寿命为最短，铸钢丸和钢丝丸的寿命为最长。表 2-2 概略的列出不同铁质喷射材料在相同抛射条件下的寿命比较。

在相同抛射条件下，钢丝丸对抛丸器叶片的磨损仅为冷

表2-2 各种铁质喷射材料的寿命比较

普通冷硬 铸铁丸	含磷硫低的 冷硬铸铁丸	可锻铸铁丸	脱碳 可锻铸铁丸	铸钢丸	钢丝丸
1	2~3	4~5	20~30	40~60	40~60

硬铸铁丸对抛丸器叶片磨损的 $\frac{1}{15} \sim \frac{1}{20}$ 。对叶片磨损程度相差如此之大，是因为前者喷射材料呈滚动摩擦，而后者很快被打碎，呈强烈的滑动摩擦之故。

铸钢丸和钢丝丸的价格一般比冷硬铸铁丸高 4~5 倍，但由于其明显的优点，采用它们仍然是经济的。钢丝丸可以利用厂矿用过的废旧粗钢丝绳进行改制而成（改制过程主要有退火、拆股、拉直、切割等工序），设备简单，成本较低。

冷硬铸铁丸由于制造简单，来源充足，价格低廉，寿命虽不及其他品种，但在喷射力要求不很大或作为磨料使用的情况下，仍是最常用的喷射材料。

二、喷射力

铸件因不同情况要求不同的喷射力。例如喷射铸钢件要求的喷射力比喷射铸铁件为高，喷射水玻璃砂要比喷射氧化皮为高，喷射冷却的砂块比喷射较热的砂块为高，打粘砂层或包砂层要求有更高的喷射力。

下面着重分析压缩空气压力和喷嘴内径对喷射力的影响。

（一）压缩空气的压力

进行正常喷射所需的压缩空气压力，主要根据铸件表面的硬度、喷射材料的比重和粒度大小来决定。工件表面硬度越高，喷射材料的比重和粒度越大，则工作压力要求越高。