

十种球化处理法的比较

东风汽车公司铸造二厂 黄继和

[摘要] 介绍了国内外目前在球墨铸铁生产中最常用的球化处理方法,并从铁水包的结构和处理方法及优缺点上进行了比较。

主题词: 球化处理 铁水包 合金 吸收率

1 前言

球墨铸铁是一种较年轻的金属材料,发展历史仅有 40 多年。球墨铸铁的发明,使铸铁材料的性能发生了质的飞跃,因此,在国内外对此都非常重视。70 年代又出现了奥—贝氏体球铁,这使球铁的综合机械性能再次创铸造金属的世界纪录。从而成为可以代替碳钢,甚至代替某些合金钢的优质工程材料。

这些年来,国内外已经成功地究出许多种球化处理方法生产球铁,同时各个工厂根据自己的实际情况,选择比较适合的球化处理方法在生产中推广应用。目前,仍有一些新的球化处理方法在研究之中。现在我们就将生产中常用常见的几种球化处理方法简要介绍如下。

2 十种球化处理法的比较

2.1 冲入法

冲入法是目前在国内外应用最为广泛的球化处理方法。其原因是处理方式和设备简单,容易操作,在生产中有较大的灵活性,所需的技术含量也较低,具体概括可分三种类型,如图 1 所示。

2.1.1 平底式铁水包冲入法

首先将中间合金放在包底的一边堆放(其加入量约为铁水总量的 1.6%~2.0%)。上面复盖上铁屑、硅铁合金或稻草灰等复盖剂并捣实,球化处理时要将铁水流对着未放合金的一边冲(千万不要直接冲在合金上)。待铁水位位于铁水包的 2/3 高度时,要迅速减少铁水流量(但是最好不断流),使合金激烈反应,合金的反应时间约 40~60s,最后将剩余铁水补加到所需要的量。

这种方法对铁水包没有特殊要求,方法最为简单,普通铁水包就可使用,但对一般合金使用烧损量大,只能采用镍镁、铜镁等比重高的合金。镁的回收率为 25%~30%。

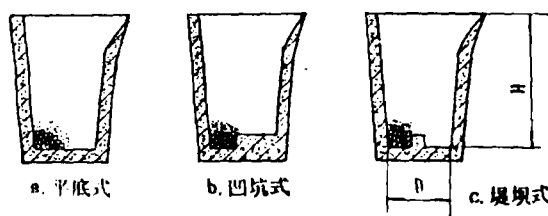


图 1 冲入法几种铁水包的形式

2.1.2 凹坑式铁水包冲入法

凹坑式球化处理铁水包是将合金放置在凹坑内,上面复盖上铁屑、铁板或稻草灰等复盖剂,球化处理时,铁水流对着未放合金的一面冲,待铁水达到包的 2/3 高度时减少铁水流量(但不能断流),让铁水进行反应,由于凹坑深度大、表面积小,反应开始前的潜伏时间长,反应时间应控制在 90~120s。所以,包内铁水反应比较平稳。采用这种方法镁的吸收率可达 40%以上。

2.1.3 堤坝式铁水包冲入法

堤坝式铁水包是将包底用堤坝分为大小两半,小的部份占整个包底的 1/3,是用来堆放合金的。这种方法克服了凹坑式铁水包的某些缺点,操作时首先将合金加入到大凹坑内,上面捣实后用复盖剂盖好,球化处理时铁水流对着大的凹坑冲入,这样铁水通过包底的堤坝平稳地将合金复盖住,防止合金上浮过早,待铁水位于包的 2/5 时,减少铁水流量,让铁水自然上下翻腾,反应时间控制在 60~90s,合金反应完再补加剩余的铁水。这种球化处理方法的回收率可达 50%以上。

尽管几种冲入法所需的设备简单,操作容易,球化处理的质量也比较稳定,但是在整个球化处理过程中的火光、烟尘非常浓烈,劳动环境污染严重;合金的使用需硅含量较高(每次球化处理后,铁水增硅量可达 0.8%以上),在某种程度上限制了更多地使用球铁回炉料,球化处理包的凹坑处不易清除粘附物,镁的吸收率也偏低,因此,仍有必要作进一步的改进工作。另外还有一种双层坩包冲入法。

铁水包直径与高之比要达到: $\frac{H}{D}=1.5\sim 2.0$ 最好。

2.2 盖包冲入法

介于冲入法的优缺点,某些铸造厂在冲入法铁水包上设计了一种新结构,这种包的结构就叫盖包冲入法(也称漏斗包盖法),球化处理包的结构是在堤坝式铁水包的上面附加了一个类似大浇口杯(漏斗)的包盖(用耐火材料砌成的)。结构如图 2 所示。

球化处理时合金的加入与复盖和堤坝法相同,将包盖安放好并使其周边密封好,出铁水时以较大的流量将包盖注满,在包盖下面设一注孔(D)(注意:注孔不得直接对准合金堆放处,如图 2 所示),注孔的直径是保证铁水量以一定的速度注入铁水包内。注孔直径起两个作用:一是向包内注入铁水以保证球化;二是保证在整个球化过程中包盖内铁水始终是满的,使外界的气体与铁水包内完全隔离,减少污染,待完全球化处理结束,包盖中的铁水也全部流尽。

采用盖包球化处理方法可以减少镁的氧化、燃烧,消除烟雾,大大改善劳动环境,镁的回收率也比较稳定,一般在 60%~65%以上。

采用这种球化处理方法时有两点值得注意:

(1)包盖上注孔直径的确定可按以下经验公式计算:

$$D^2 = 4.9(W/t\sqrt{h})$$

式中 D —注孔直径

W —处理铁水重量(kg)

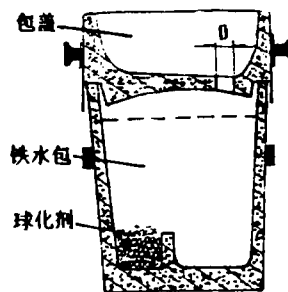


图 2 盖包球化处理结构示意图

t —铁水通过注孔的时间(s)

h —一般取 5~7cm

t 根据球化剂种类、镁的含量、铁水温度、球化剂粒度及复盖剂而定,合金的粒度大、处理温度又较低时, t 可取最大值,最好是通过多次试验,找出适合实际情况的参数来确定。

(2) 包盖与铁水包粘连问题

球化处理时要充分利用铁水包的有效容积,还要不使镁光、烟雾跑出包外,又能在球化处理完后包盖与铁水包容易脱离,要注意包盖上的耐火材料用料及涂料问题,还要保证铁水的有效高度,在使用时一定引起注意,这也是使用成功的根本所在。

2.3 型内球化处理法

型内球化处理方法是 60 年代后期,国际上开发出来的一种很有生命力的球铁生产技术。球化剂不再放入铁水包内,而是放进铸型内与浇注系统相连接的“反应室”内。结构如图 3 所示。

按每型铁水量所需合金量在合箱前加入反应室内,浇注时,原铁水经反应室内不断流经球化剂表面时,球化剂就被不断溶解、吸收,直到铁水浇注完毕,球化剂也恰好反应完。球化剂中也同时含有起孕育作用的硅、钙、硼等成份,型内球化处理和孕育处理可同时进行,经过多年来国内外同行的研究和生产实践有如下优点:

(1) 节约合金,球化率高,合金用量仅有 0.75%~1.0%,镁的回收率高达 80% 以上,比冲入法节约合金 30%~40% 以上。

(2) 球化处理过程中热量损失小,与冲入法相比,铁水温度少降低 60~90℃,这样,可以适当地降低铁水出炉温度,节约能耗。

(3) 消除球化不合格及衰退现象,实现铸态生产和提高综合机械性能。

(4) 消除高硅现象,原铁水是在灰口不会因温度低或其它原因使铁水回炉造成高硅问题。

(5) 大大改善劳动环境,在型内球化处理过程中,生产现场不再见到镁光和白色烟雾,同时也无需在处理后进行扒渣作业。

(6) 由于原铁水是灰口,可以实现多品种、自动化流水线大批量生产。

任何一种先进工艺都有自己的优缺点和局限性,尽管型内球化处理的优点非常明显,但是采用这种工艺时,由于增加了反应室和浇道长度,型板利用率减少,工艺出品率降低,同时对铁水温度、金粒度、反应室设计的要求更严格,炉后球化率的检测等问题有待解决。

型内球化处理反应室的设计至关重要,浇注系统之间的比例关系为直浇口面积:反应室入口面积:反应室出口面积:横浇道面积:内浇口面积=1.3:1.3:1.12:1.1:1

注意:在反应室出口处要设置挡渣或过滤系统。

2.4 过流球化处理法

在研究型内球化处理法的初期,有人设想是否可把型内处理的反应室移到型外,使铁水直接进入一个类似反应室的装置中,经此装置处理的铁水流入浇包(或流进浇口),再进行浇注,这样可以更有效地利用型板面积,减少反应室浪费的铁水。经过研究,开发出过流处理

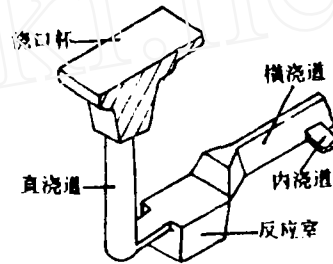


图3 型内球化反应室及浇注系统示意图

法。结构如图4所示。

过流处理法在整个球化处理过程中,浇口杯内的铁水始终是充满的,以防止合金反应时镁蒸气回喷现象和氧化烟雾冒出,所以整个反应室的密封要引起注意。

为了使合金能充分熔于铁水中,所有通道应该构成阻流系统,图4中的铁水出口、反应铁水出口、浇口杯的进出口面积之比可选为:1:1.25:1.5,铁水流速不易过低,否则镁蒸气压力可能超过铁水的静压力,造成浇口杯铁水回喷现象,铁水流量不得小于6kg/s,反应室内的合金只能与全部铁水的四分之三进行反应,剩余四分之一铁水起清刷反应室作用,这样反应室就可反复多次使用。

铁水流出处理装置的速度应与生产节拍(造型能力)相配合,铁水出口的截面积计算如下:

$$\text{出口面积}(\text{cm}^2) = \frac{K \times \text{处理铁水的重量}(\text{kg})}{\text{反应时间}(\text{s}) \times \sqrt{\text{铁水静压头高度}(\text{cm})}}$$

式中 K —阻力系数,一般取0.88

实践证明,这种球化处理方法的合金加入量在0.8%~1.0%左右,镁的回收率75%以上,与型内处理相比较,可节省铁水,提高型板利用率等优点。

2.5 转包法(G.F法)

此法是瑞士 George fischer 专利,简称G.F法,这是一种近年来受到广泛注意的球化处理方法。这种方法使用纯镁球化剂,适于处理含硫高($\leq 0.15\%$)的铁水,能使镁的硫化物、硅酸镁等杂质与铁水较好地分离,镁与铁水反应并不十分剧烈,处理时铁水温度降低较少,使用安全可靠,镁的回收率可达60%~80%,应用日益广泛。

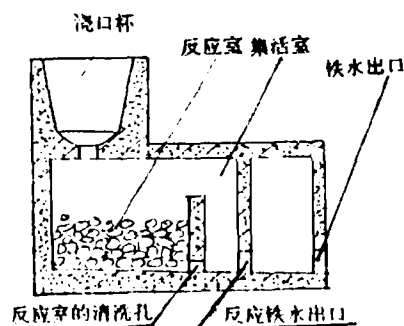


图4 过流处理装置示意图



图5 转包球化处理过程示意图

操作时先将球化剂通过反应室上部的小孔加入,然后关闭并锁紧小孔上的密闭装置,将铁水包放平接满铁水(铁水不得与反应室接触)如图5a所示,将铁水包立放如图5b所示进行球化处理,这时铁水通过反应室上的许多个耐火材料制成的小孔进入反应室,其流速与小孔的面积和铁水包内的静压力有关。镁受热汽化,当其镁蒸气压力超过包内铁水静压力时,铁暂停进入,镁的汽化潜热使反应室内温度下降,镁蒸气压力也随之下降,铁水再次进入反应室,这种自动调节作用,能使镁比较平稳地与铁水进行反应。

反应室的小孔是控制镁反应时间的重要因素,小孔尺寸大,反应提前进行;反应时间短,反应比较剧烈,镁的回收率低。反之,则能延长反应时间,提高镁的回收率。一般反应时间控制在60~90s。

转包处理法与冲入法相似,球化处理过程产生 MgO 烟雾和火光。反应室的小孔易被铁

水或熔渣堵塞,清理和保持小孔的尺寸比较麻烦,使其难于连续处理铁水。

2.6 钟罩处理法

用钟罩(形如钟状侧面有许多孔的石墨碗或钢碗)将纯镁或镁合金压入开式铁水包中,使之在铁水下部反应,这种方法称为钟罩处理法,这也是一种早期生产球墨铸铁常用的方法。其结构如图6所示。

采用这种方法直接将纯镁合金压入铁水中,反应非常剧烈,回收率低且不稳定,因此,推广冲入法和压力加镁球化处理法以来,钟罩法只在处理量较大的场合中应用了。60年代后期,国外有人开发出了一种把表面敷有一定厚度的耐火材料的纯镁合金,直接用钟罩压入铁水的球化处理法,称MAP法,10年间,一些工厂陆续采用这种专利技术,取得良好的经济效益。

镁块厚度一般为50mm,铁水包直径与高度之比值至少应为2,处理时铁水只装一半高度,以防溅出。钟罩口离包底不得小于5cm,待反应完后再补加剩余一半铁水,以保证浇注温度,镁的回收率40%~50%左右。

2.7 压力加镁球化处理法

早期压力加镁的方法是:首先在具有铰接式活动密封盖的处理室中,放入盛满铁水的铁水包,再用螺栓式楔铁压紧密封盖(处理室内至少要承受12个大气压),然后通入压缩空气,使处理室内的压力达到预定压力,这时将装在密封盖上部的缸缸带动着加镁的钟罩向下运动,迅速下沉到铁水的底部,镁开始在压力下与铁水反应,反应时间约1.5~2min,然后提起钟罩,以适当的速度降低处理室内的压力,最后打开密封盖吊出铁水。结构如图7所示。

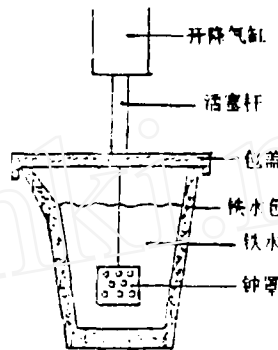


图6 钟罩压入法示意图

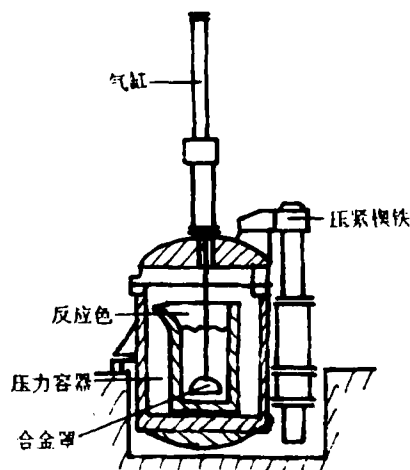


图7 压力加镁球化处理示意图

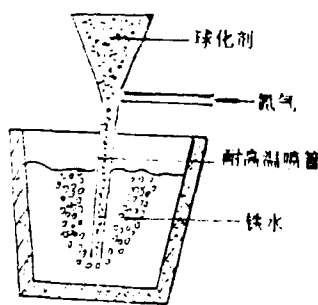


图8 喷吹球化处理示意图

目前最常用的是利用镁蒸气在压力包中自建压力的方法,纯镁加入密封的盛有铁水的处理包中后,立即汽化,镁蒸气迅速在包内空间建立起与铁水温度相应的饱和蒸汽压,这个

压力一般可达到 $0.6 \sim 0.8 \text{ MPa}$ 。当空间为铁水体积的 10% 时, 20~30s 内压力即可稳定。

压力加镁法的优点是可以使用纯镁, 镁的吸收率可达 40% 以上。处理过程中的劳动环境较好, 缺点是处理时用的时间长, 铁水降温较多, 一般为了提高浇注温度采用补加铁水的方法。

2.8 喷吹处理方法

利用氮气或其它惰性气体为载体, 在稍高于大气压的压力下, 将粉状或更细的粒状球化剂喷入铁水深部, 使之在强烈搅动条件下与铁水反应, 从而完成球化处理的方法。

通常用于冲入法的各类球化剂, 一般均可用于喷吹球化处理。据有关资料介绍, 使用不含镁的稀土硅铁合金(铈 30%、硅 35%、钙 4.3%), 喷吹处理 $CE = 5\%$ 左右的高硫铁水 ($0.05\% S$), 当稀土合金加入量为 0.75% 时可以获得球化良好的球铁, 其效果比冲入法要好得多。

喷吹处理法所用球化剂的粒度很重要, 粒度的大小对于球化元素的回收率有很大影响, 粒度小回收率低, 球化剂和孕育剂可以同时喷入铁水中, 喷吹球化处理完毕后, 应及时扒渣和浇注。结构如图 8 所示。

粒状合金在气体带动下以较高的速度在铁水中运动, 大大改善反应时的扩散条件, 提高了反应速率, 使硫、氧能充分地清除, 因而球化效果较好。

喷吹球化处理过程所需设备比冲入法复杂, 由于一部分镁蒸气附着氮气泡逸出铁水, 回收率也不高, 但是, 由于它能使用无镁的稀土合金单独作为球化剂而引起重视, 相信这个发展中的新型球化技术, 在今后不久将会有较大的发展。

多孔塞球化处理法与其有很大的相同之处, 这里就不另介绍。

2.9 镁丝球化处理法

把特制的镁丝通过喂料机构以一定的速度注入铁水之中, 使其铁水进行球化处理, 是一种已获得工业应用并在继续发展完善的铁水球化处理技术, 结构如图 9 所示。

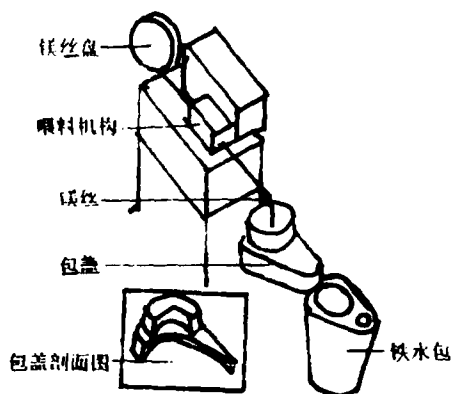


图9 镁丝球化处理结构示意图

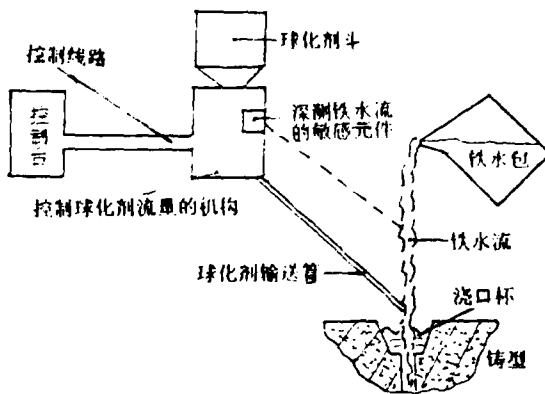


图10 随流球化处理的工作原理图

镁丝球化处理所用镁丝制作是用 0.2 mm 左右厚的钢皮包裹纯镁或含少量铈的镁合金。也有人试用过 $\varnothing 3.2 \text{ mm}$ 的纯镁丝。采用这种方法的特点是可以改变镁丝喂入速度, 以控制铁水与球化剂的反应时间, 使全过程处在平稳之中。镁丝的加入量按铁水重的 1.12%, 注入时间 30s, 可使铁水的含硫量从 0.04% 降至 0.007% 左右。

2.10 随流球化处理法

这种方法与随流孕育非常相似,是将球化剂加入到铁水浇注的过程中,在浇注过程中使铁水球化处理的一种方法。结构如图 10 所示。

整个球化处理法可分三部:

(1)球化剂的成份和粒度为特定的,球化剂含镁量过高在遇热后易氧化产生渣,堵塞浇注系统,特别注意镁的含量,粒度太小容易氧化产生渣,太大容易堵塞输送管,要严格控制。

(2)铸型的浇注系统设计:因为在直浇道处发生镁的反应,要在横浇道处阻截大量的熔渣及其反应物,必须采用过滤系统将熔渣及其反应物与铁水分离开,使处理干净的铁水进入铸型。

(3)球化剂的给料控制系统,它应由控制、探测器和给料系统三部份构成,工作程序是事先根据铸型的铸件大小,浇注时间(球化剂加入的反应时间),原始铁水的含硫量及铁水的浇注温度等数据输入计算机,计算机在工作过程中就可根据以上的参数进行监控,使球化剂通过料斗给料器自动流出与铁水一起进入铸型,即铁水浇注状态,球化剂加入量(加入量为铁水总量 0.7%~0.8%之间)、压缩空气压力、状况等均由计算机自动控制。

随流球化处理由于可以与孕育处理同时进行,只要处理在正常中进行,也不存在球化衰退的问题,所以这个方法有以下优点:

- (1)由于铸型中铁水冷却很快,铸件中对镁的残留量要求很低,合金的加入量可少些。
- (2)原铁水是灰口,可以减少因回炉而造成的高硅问题。
- (3)整个生产过程容易实现机械化。
- (4)由于球化孕育同时进行,可实现铸态生产。
- (5)减少铁水包的维修量。

存在的问题:

在整个过程中合金因机械故障不能保证加入量或未加球化剂,炉后检验的手段(控制球化率的手段)待解决的问题。

由于随流球化处理具有许多优点,如今世界各地都在做这方面的工作,相信在科学发展的今天,它一定有很强的生命力。

十种不同球化处理法的效果对比

类别	冲入法	重包法	型内法	过滤法	转包法	钟罩法	压力法	喷吹法	镁丝法	随流法
球化剂类型	低镁	低镁	低镁	低镁	纯镁	纯镁	纯镁	无镁	纯镁	低镁
Mg 回收率%	20~40	55	80	75	80	15~20	50~80	50	50	80
铁水中硫限制	≤0.03%	≤0.03%	0.03%	0.02%	0.06%	0.02%	0.03%	0.03%	0.04%	0.03%
合金加入量%	1.5~2.2	≤1.5	0.8~1.0	0.8~1.0	0.14~0.2	0.25	0.1~0.15	0.75	1.12	0.8~1.0
孕育情况	无	无	有	无	无	无	无	无	无	有
反应形式	激烈	平稳	平稳	平稳	平稳	激烈	平稳	平稳	平稳	平稳
环境污染	有	无	无	无	无	有	无	无	有	无
生产成本	中	低	低	低	高	高	高	高	高	低
自动化程度	低	低	高	低	低	低	低	低	高	高

(下转第 30 页)

(2)油石的径向进给是通过珩磨头上的油石径向扩张来实现的。有定压进给和定量进给。总泵泵体珩磨采用定压进给,即油石始终以恒定的压力压向零件的孔壁。最后阶段作短时间的微量进给进行修光,如图 11、12 所示。

(3)珩磨条(油石)的修整使其油石表面与工件孔壁之间产生运动副。为了使接触面的径向性良好,油石修整时的外径尺寸应保证按工件的基本尺寸或略大于工件基本尺寸修磨,这样接触面大且均匀,参加磨削的磨粒数就多,每一粒上的磨削力相应减小,从而可进一步改善孔表面珩磨质量,如图 13 所示。



图 13 油石与孔壁形成运动高、低副

5 结束语

运用珩磨的原理,分析并解决了 EQ140-2 离合器泵体珩磨中出现的几种缺陷,使其珩磨的圆柱度、粗糙度以及精度得到突破性的改善。同时,通过改进油石的修整方式及合理确定珩磨的工艺切削参数,提高和稳定了珩磨的质量及效率,经济效益和社会效益十分可观。但是,还存在着一些问题,有待今后完善与改进。

收稿日期:1993-07-5

(上接第 22 页)

3 结束语

我厂球铁生产已有近 20 年的历史,但是一直沿用着堤坝冲入法的方式生产,这种方法缺点较多:灰尘烟雾大,镁光强烈,环境恶劣,球化剂耗大,镁的吸收率低,人操作时的影响因素大等,本文将各类型的球化处理汇总一起加以比较,希望能对改进我们目前的生产方式提供些参考依据。

参 考 文 献

- [1] 张伯明.“盖包的结构”.《球铁》.1985 年第 1 期 P35.
- [2] 刘传剑.“加盖球化处理工艺”.《球铁》.1985 年第 1 期 P33.
- [3] 徐立明.“球化处理过流槽”.《球铁》.1977 年第 4 期 P90.
- [4] H·N 科洛涅夫(苏).“铸铁的型内球化处理”《球铁》.1977 年第 4 期 P97.
- [5] 谷禾编译.“TIP 处理法—镁球化处理的一种新方法”《球铁》.1985 年第 3 期 P58.
- [6] “型上球化处理”.上海交大.《球铁》.1979 年第 2 期 P17.
- [7] 中国铸造协会.“台湾铸造文集”.
- [8] 陆文华主编.“铸铁及熔炼”.高等学校试用教材.
- [9] 郝石坚编著.“现代球墨铸铁”.
- [10] 东汽公司铸造协学会.“高质量球铁的生产方法和保证”.
- [11] 球墨铸铁译文集.沈阳铸研所.1973 年 4 月.

收稿日期:1993-12-3