

# 試制鑄鋼鑽粒初步總結

刘 亞 夫

从研究改善鑽粒質量来提高鑽進速度，是近年來鑽探技術上的一個重要問題。目前所使用的鑽粒，一般可分為生鐵鑽粒，鋼絲繩鑽粒，廢管材切制的鋼塊鑽粒，以及鑄鋼鑽粒等四種。由於鋼粒本身具有較高的物理性能和機械強度，所以不論從理論上或從實踐中都證明了鋼質鑽粒的鑽進速度較生鐵鑽粒高很多（約達15~47%），而單位進尺的鋼粒消耗量却比生鐵鑽粒大為降低（約達17%），因而大力發展鋼粒製造工作，對提高鑽進效率有很大的意義。為此，我們在某探礦機械廠，進行了兩次嘗試性的澆鑄鋼粒的試驗工作，但由於當時受設備和技術條件的限制，還不能將全部有關的試驗數據都提供出來，這裡僅就試驗時的情況與對影響澆鑄的幾個基本因素作一初步介紹和討論，作為研究和製造鑄鋼鑽粒的工作參考。

## 一、澆鑄試驗工作及其結果

### (一) 准备工作

一般來講，澆鑄鋼粒與澆鑄鐵粒在澆鑄技術上是沒有多大區別的。所以，對這次澆鑄工作的準備，完全是按照澆鑄生鐵鑽粒的方式來進行的。

1. 煉鋼爐：容量為0.5噸的貝氏煉鋼爐。
2. 澆鑄池：為直徑2公尺，深900公厘的磚砌池子，沒有循環冷卻液的裝置。

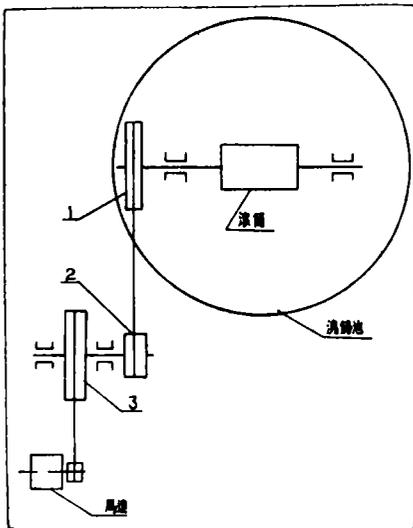


圖 1

3. 澆鑄方式：在澆鑄池的中央，支承着一個鋼粒澆鑄滾筒，滾筒是用一個馬達經過中間變速裝置（圖一）來帶動。滾筒的一半沉沒在水內。池上架設有木枕澆鑄台，澆鑄用的鐵包容量為50公斤（第二次試驗又改為60公斤容量的鐵包），由兩人抬架進行澆鑄。

兩次試驗中所採用的滾筒直徑和轉數，都不相同，詳見下表：

試驗次序	滾筒直徑(公厘)	傳動皮帶輪直徑(公厘)			馬達輪徑(公厘) (5HP, 1450轉/分)	滾筒轉數(轉/分)
		1	2	3		
1	250	500	200	500	50	62
2	470	500	250	500	100	116

### (二) 第一次試驗

1. 鋼水溫度（出爐溫度）：1400~1450°C；
2. 鋼水柱的下落高度（即包咀至滾筒表面垂直距離）：600公厘；
3. 滾筒直徑與轉數： $\phi$  200公厘，62轉/分；
4. 鋼爐總熔化量：500公斤；
5. 實際澆鑄量：200公斤。

試驗時唯恐鋼水在爐內存留時間過久，發生膠結事故，所以將煉好的鋼水先存放在一個大鐵包內，在鋼水表面上撒上一層厚厚的木炭和草灰保溫，而後，再分別注入小包（50公斤容量）內進行澆鑄。從澆鑄中證明，鋼水的溫度確實下降很快，在澆鑄進行至第四包時，鋼水便沿包壁發生膠結，在每次澆完後膠結在包壁上的鋼水均相當多。另外，當澆鑄開始不久時，也會發生過鋼水爬結滾筒的現象。這是因為：滾筒直徑小，冷卻不夠，致使局部溫度增高；滾筒轉數過低，表面線速度小，鋼水本身所承受的離心力小，所以鋼水不易拋濺出去而造成的。所以滾筒直徑和轉數的選取，必須二者互相關顧才行，孤立地決定一個，都將導致失敗。

在整個澆鑄過程中，鋼水奔濺飛炸的特別利害，辟擊響聲也很大，不象澆鑄生鐵鑽粒那樣緩和，因此，掌握澆鑄的工人很難平靜地控制鋼水柱的粗細，而使鋼水柱形成了一種忽急忽慢很不均勻，甚至發生

中断的现象。所以使得钢水奔溅飞炸和辟击响声更加严重，这对影响浇铸时间的延长，和钢水温度的过甚下降，也是一个很重要的原因。

浇铸出的钢粒形状，基本上可以说与生铁渣粒是相同的，如图二所示(1)成形钢粒；(2)粘结钢粒；(3)扁豆状钢粒；(4)孪生钢粒；(5)长尾形(蝌蚪形)钢粒。所不同的是钢粒的直径变化范围较大，细碎者最多，中间尺寸(规格以内的)较少，畸形与较大尺寸者亦少。这充分说明：钢水在适合于浇铸温度时的停留时间是很短促的。因为温度太高时，钢水流动性好，细碎的钢粒便会加多，温度过低时，它的流动性差，容易形成畸形的(或大粒的)，所以，适当地控制钢水温度，是钢粒浇铸中的一个很重要的问题。

在浇铸总量中，成形钢粒(包括小于 $\varnothing 2.5$ 公厘规格以外的圆形钢粒在内)占45公斤，其中 $\varnothing 2.5$ — $\varnothing 4.5$ 公厘规格以内的约估60%，即成品率为约14%，至于畸形、带尾、孪生和中空(有孔)的废钢粒约为30公斤，占浇铸总量15%，剩余的71%全为铁包挂结、飞溅等损失。

### (三) 第二次试验

1. 钢水温度：1450—1500°C (用比色高温计测量)；
2. 钢水柱下落高度：900公厘；
3. 滚筒直径与转数： $\varnothing 250$ 公厘，116转/分；
4. 钢炉总熔化量：600公斤，(炉大修后增大了容量)；
5. 钢水实际浇铸量：300公斤。

为克服钢水温度下降过快的问题，在第二次试验我们一方面改用了60公斤容量的大铁包浇铸(以缩短辅助时间)；另一方面以尽量缩短浇铸时间来使钢水在炉内保温。试验证明只要配合的好，采取这样的办法是十分有效的。这次，由于增大了滚筒直径，提高了转数，所以消除了上次钢水爬结滚筒的现象，

在这次浇铸过程中，钢水奔溅和辟击的响声较之上次更加利害，这是由于钢水温度过高，浇铸距离较大的缘故。另外在池墩和顶板上并堆积有厚厚的一层碎渣(实际是细碎的钢水珠堆积的形成物)。

试验结果：成形钢粒约为80公斤，其中成品约估18.5%，废品约50公斤(即16%多)剩余全为铁包挂结和飞溅等损失。

在这次浇铸中，细碎的钢粒所估的比例特别大，

细小的程度也为第一次所罕见。

## 二、铸钢颗粒的热处理和技术性能

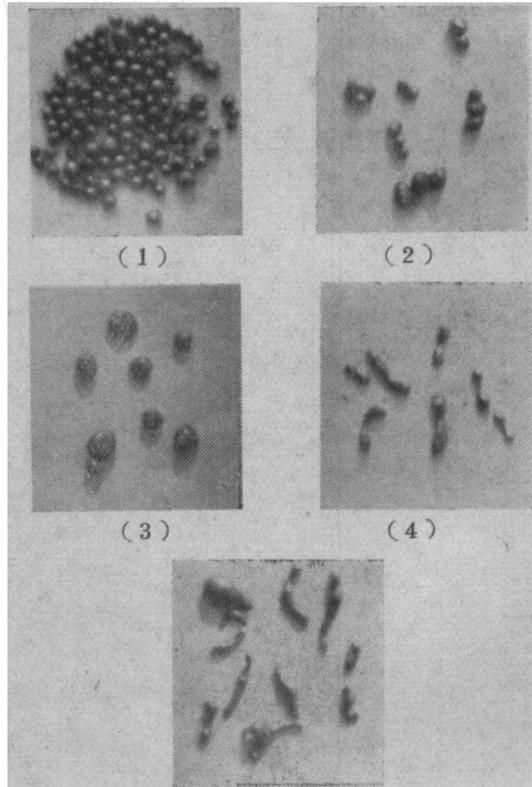
浇铸好的钢粒需经过热处理之后方可使用。因为这样可以改变它的内部组织，使晶粒产生重结晶(组织细化)并消除其内应力，以提高钢粒的韧性(极限抗碎强度)和耐磨性。

根据苏联试验资料中介绍：含碳在0.55—0.95%的钢粒，经160°C低温回火(时间60分钟)后，抗碎强度可以提高70%。同时证明若钢粒在920°C于油中淬火而后再经160°C低温回火处理，其抗碎强度可提高2.8倍(达932公斤)，但其硬度降低却并不多。

这两次试验的钢粒的成份(硫、磷、矽、木来及化验)的百分比如下：

第一次：C 0.63, Mn 0.38

第二次：C 1.01, Mn 0.43



(5)

图 2

钢粒的热处理是分别在油中和水中淬火，再经200°C回火(时间30分钟)。图3、4、5是钢粒热处理之后的金相照片。由图中可以看出，经过这样热处理后所得到的组织是马氏体十屈氏体(图3)，较



图 3 0.63 C 鋼粒(×750)850° C 油中淬火  
200° C 回火(30分鐘)

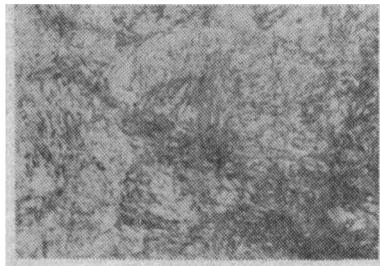


图 4 1.01 C 鋼粒(×750)750° C 油中淬火  
200° C 回火(30分鐘)

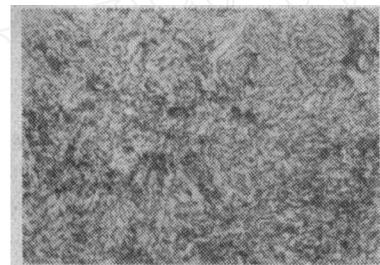


图 5 1.01 C 鋼粒(×750)750° C 水中淬火  
200° C 回火(30分鐘)

粗的馬丁体(图 4)和細的馬丁体(图 5), 硬度都在  $Rc60$  之上。由于技术条件的关系, 未能进行抗碎强度的鑑定和工作試驗, 因此, 关于这方面的数据尚待以后补充。

鋼粒在工作中的技术要求是, 既要保持有一定的硬度, 而又需具有較高的抗碎强度和耐磨性, 所以鋼粒热处理后的組織不應該完全是馬丁体。因为虽然馬丁体有較高的硬度, 但它的韌性很低(抗碎强度低), 所以应该是馬丁体十屈氏体。要想得到这种組織, 可采用等温淬火或适当地提高回火温度等办法。

通过金相鑑定, 我們还发现了: 在鋼粒内部存在有严重的明显裂紋(用肉眼可以清楚的看出——图 6)和隱显裂紋(用金相显微鏡可以观察到——图 7), 这种裂紋破坏了鋼粒的强度, 降低了它的鑽进性能。裂紋多是由于鋼水成份不均匀(或硫量較高, 杂质較

多), 以及澆鑄后的內应力的影响而产生的, 裂紋一般有可能在澆鑄时产生, 但也可能在热处理时由于回火不善, 沒有完全消除其內部应力而造成的, 在大多数情况下, 后者較前者的可能性大。所以, 在整个澆鑄工作中, 对严格控制鋼水成份, 与适当提高冷却液的温度(降低鋼粒的冷却速度), 以及热处理时, 在淬火之前先进行正火, 回火时按照鋼粒成份来准确的控制其回火温度和回火时间等, 都对改善或消除这种疵病有直接的关系。同时, 在試片中, 我們也发现了在有的鋼粒内部存有气孔洞、夾渣等疵病。所以在煉煉鋼水过程中, 对脫氧和去渣处理, 都須特別加以注意和研究。

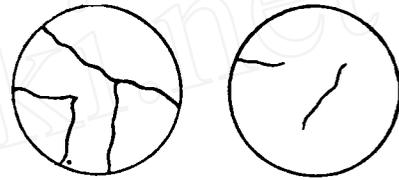


图 6

图 7

### 三、影响澆鑄的几个因素

通过試驗, 我們認為有下列几个問題在澆鑄时应该加以考虑和研究:

1. 鋼水温度: A. B. 奥尔洛夫, III. P. 多布魯斯基納在“鑽探用鑄造鋼砂的制造方法”一文中(地質譯叢 1956 年第 9 期)曾这样介紹: “所澆鑄的金屬的温度与最适宜于这种鋼的成份的温度如果稍有变化, 無論是降低或是升高, 将会使鋼砂質量变坏”, 这说明按鋼水不同成份准确地掌握澆鑄温度是十分重要的。因为这直接影响着鋼粒的成品率和質量, 如温度过高, 細碎的鋼粒便会增多, 也容易产生中空和帶孔的; 温度过低, 发生畸形的可能性便会增大, 所以澆鑄温度不可过高或过低。要解决这样一个問題, 唯一的有效办法便是进行鋼水保温, 使鋼水停留在最适宜于澆鑄温度的时间尽量延長, 即使它的温度降低速度減慢。若生产方式是采用上述的方法(鋼爐用貝氏煉鋼爐, 人工澆鑄), 則保温的方法最好还是在爐內, 而后再分次注入鉄包, 进行澆鑄。

由于我們尚未系統地进行多次試驗, 所以对不同成份鋼水的最适宜澆鑄温度的观察比較作得很少, 不过若按照鋼水的含碳量由鉄碳平衡图来确定其一定成份鋼水的温度, 是可以得到正确的数值的。

2. 滾筒直徑与轉數: 滾筒直徑与轉數選擇得是

否合适,对浇铸成败也是一个很重要的因素。但是,滚筒直径的大小和转速的快慢又与钢水柱直径的粗细以及滚筒本身的冷却条件有关。为了便于说明这一问题,必要了解钢水柱由开始与滚筒接触直到抛散至空阔因为球状落入水内为止的整个过程。很清楚,钢水由开始与滚筒接触直到向空阔抛散出去为止,本身是受有两种力的作用:一种是钢水本身下落重力的冲击作用,一种是滚筒廻轉所给的离心力。由实际中观察亦是如此,钢水的奔溅、抛散是同时发生的,前者是随浇铸高度的改变而有不同,高度不变时它是一常数(当然钢水柱直径亦须保持不变);而后者却是与滚筒廻轉速度的平方成正比例关系。从下面公式中我们可以看出:

$$C = \frac{mD^2}{R} \quad \text{即} \quad C = KDn^2$$

式中: C—离心力(公斤);

D—滚筒直径(公厘);

n—滚筒轉数(轉/分);

K— $2\pi^2 \cdot m$ (常数)。

从上式可知,离心力C是与滚筒直径D和滚筒轉数的平方 $n^2$ 成正比例关系,若改变其中的任何一个值都会使C值改变,所以在确定D与n值时,还必须考虑要使滚筒直径D的大小能满足于正常浇铸情况下,所必须具有的散热性能,因此,不能孤立地以增大n或D来达到提高离心力的目的。

3. 钢水柱直径:一般希望钢水柱尽可能的细,因为这样可以提高成品率。根据我们的经验和有关资料中的介绍,最好能使钢水柱直径控制在 $\varnothing 10$ — $\varnothing 12$ 公厘范围内。

4. 浇铸高度:所谓浇铸高度就是指铁包港口至滚筒表面间的垂直距离。距离的大小是需要随着钢水温度的改变而作适当调整。钢水温度高时,可相应地缩小它的高度,这样就可避免钢水过多的飞溅损失和造成过多的细碎钢砂。温度降低时,可适当地增大浇铸高度,以使钢水下落的冲击力加大,易于奔溅。当然要解决这样的问题,必须有适当的设备装置。所以在浇铸条件尚不完备的情况下,我们只好设法改善保温条件(这样可以避免调整浇铸高度)来加以弥补。

5. 钢水柱下落在滚筒上的位置:一般认为,钢水柱下落在滚筒上的位置应该是在滚筒的中心线上(图8—2)。但事实上要恰好维持这样状态是不可能的,不是稍向前(图8—3),便是稍向后(图8—1),经常不稳定地摆动。根据图8所示几种不同的位置,我们可以进行以下分析研究:若钢水柱是落在滚筒中

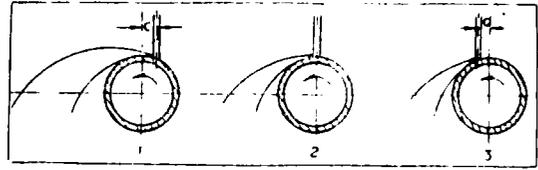


图 8

心线的前方(图8—3),则钢水在受滚筒离心力的作用下,便被抛离滚筒并紧接着进入水里,钢水珠在空阔所停留的时间很短,有一部份根本来不及团聚成球形便进入水里,所以,这样便容易形成长尾(蝌蚪形)、椭圆、扁豆状等畸异的形状,大大地降低了成品率。若钢水柱是落在中心线的后方位置(图8—1),则由图中可以看出,钢水珠抛散在空阔的范围较之前者大大地增大了,也就是钢水珠由离开滚筒到落入水里,在空阔所经过的路程长了,这样便有充分的团聚时间。所以,在这种位置浇铸时成品率一定很高。因此,浇铸时,务必控制钢水柱下落在滚筒中心线稍靠后的位置上,切勿落在中心线的前方。

以上所谈的五个因素是互相影响,互相关联着的。因此,不能孤立地来考虑决定其中任何一个因素,否则将给浇铸工作带来困难甚至于失败。

#### 四、几点意见

通过两次钢粒浇铸工作的体会,提出以下几点意见作为以后研究试验时的参考:

1. 钢爐:熔煉鋼水的爐子,最好是用高頻率電爐。因为用貝氏爐煉出的鋼水內部有留有过多的气体,对鋼粒的浇铸質量不利。

2. 浇铸池:試驗用的浇铸池最好增大到 $\varnothing 3.5$ —4公尺,以防鋼水过多的飞濺損失。

3. 浇铸包:最好采用有底孔(浇孔位于包底)的浇包,这种浇包的容量大,保温也較容易而方便,同时它可以稳定鋼水柱避免发生忽快忽慢,忽粗忽细的现象。使用这种浇包需設置有吊架和可以作上下調整的机构裝置。

4. 浇铸滚筒:滚筒的设计应考虑能在廻轉中作左右串动。以防止浇铸时,滚筒局部过热发生鋼水爬結的现象。

5. 冷却液的循环裝置:池內的冷却液应維持在一定的温度,一般要求在 $60^{\circ}\text{C}$ ,因此,必须有循环冷却液的設備。

6. 安全防护:事先要作好浇铸安全防护工作。