

球墨鑄鐵曲軸 試驗初步總結

江西省重工業廳 編
南昌柴油機廠



江西人民出版社

內 容 介 紹

这本书的内容是，用球墨鑄铁代替鍛鋼試制柴油机主要零件——曲軸的經驗总结，着重叙述在試制过程中所遇到的問題及解决的經過，并比較了三个試制方案的优缺点，最后得出了初步結論。

采用球墨鑄铁代替鍛鋼有很大的政治意义和經濟意义，因此这一經驗很值得各地参考。

球墨鑄鉄曲軸試驗初步总结

江西省重工业厅 編
南昌柴油机厂

*

江西人民出版社出版
(南昌市三緯路11号)

(江西省书刊出版業營業許可証出字第一号)
江西新华印刷厂印刷 江西省新华书店发行

*

书号：01454

开本：787×1092 $\frac{1}{32}$ ·印張：1 $\frac{1}{16}$ ·插頁2 字数：14,300

1958年11月第一版

1958年11月第一版第一次印刷

印数：1—2,082

統一书号：T 15110·58

定价：(7)一角五分

球墨鑄鐵曲軸試驗初步總結

江西省重工業廳
南昌柴油機廠編

江西人民出版社

目 录

- 一 球墨鑄鐵曲軸的構形及技术要求..... (3)
- 二 試制經過..... (4)
- 三 球鐵曲軸的長期運轉試驗..... (22)
- 四 球鐵曲軸代替鍛鋼曲軸的經濟效果..... (24)
- 五 几点体会..... (25)

一 球墨鑄鐵曲軸的構形及技術要求

我廠2105型兩缸20匹馬力柴油機曲軸原用CT·45鋼鍛制而成，主軸頸為 $\Phi 75$ 公厘，連杆軸頸也為 $\Phi 75$ 公厘。兩彎頭在同一水平面上，沖程為130公厘，轉數每分鐘1500轉，淨重25公斤，而毛重則有73公斤。平衡鐵是用螺釘緊固在扇板上，每塊扇板都需加工，浪費很大。改用球墨鑄鐵曲軸時，其構形尺寸均未改變，僅將兩塊平衡鐵改作與連接兩彎頭之曲柄（取消加工符號）一併鑄造。曲軸的暫定技術要求如下：

（一）鑄造時的金相組織為珠光體與鐵素體各半，不允許存有碳化鐵存在；石墨應球化，不得有片狀或條狀石墨存在。

（二）鑄態的機械性能：

抗拉強度大於55公斤/公厘² 延伸率大於3.5%

硬度HB200——250

（三）正火後的金相組織為珠光體基體，鐵素體在10%以下，不允許有碳化鐵存在。石墨狀態與鑄態同。

（四）曲軸要求正火處理。正火後的機械性能要求達到：

抗拉強度大於70公斤/公厘² 延伸率大於1%

硬度250~300HB 沖壓值大於2公斤—公厘/公分²

（查氏無缺口）

（五）主軸頸、曲臂銷、曲柄與曲柄銷相連接處不允許

有鑄造上的縮松、砂眼及其他夾雜物存在。

(六) 加工后不允許有裂紋存在(用磁力探傷檢查)，但非裂紋性的磁粉痕迹可以允許存在。

(七) 不加工的表面須清除焦砂及毛刺。

二 試制經過

我廠球墨鑄鐵曲軸試制工作是分樣品試制和小批試制兩階段進行的。樣品試制主要是從鑄造上解決縮松及夾雜缺陷，達到技術條件所要求的機械性能和金相組織；小批試制主要是穩定工藝。現將試制情況分述于下：

(一) 樣品試制

我廠球鐵曲軸樣品試制工作是在1957年三月份開始至六月份截止的。前後共鑄了十六根曲軸，是分三批澆鑄的。根據試制結果已基本上消除了縮松、夾渣、氣孔等鑄造缺陷，機械性能達到技術要求。

1. 鑄造方案的確定，在試制前我們召集有關人員進行了對本廠曲軸澆鑄方案的研究，大家一致提出三種澆鑄方案來試澆，並確定先將第一、二方案投入試驗(圖10、11)。但經過一、二次試驗後，發現第二方案由於冒口在兩端對主軸頸靠軸臂的一端難於補縮，同時為了探求提高金屬利用率的方法，所以把第三方案在第二次試鑄時投入試驗(圖12)。我廠將這三種方案投入試驗的結果，到六月底為止，表明第一、三兩方案均能保證消滅鑄造缺陷，得到符合技術要求的鑄造曲軸。

2.澆鑄系統的確定：我們吸收了兄弟廠的經驗，澆鑄系統的計算是根據杜比茨基方法在“阿暫”公式的計算數據上加大15%。澆冒口設計布置詳見鑄造工藝圖。

3.砂型製造：全部曲軸是在一個水平面上分型，模型上下兩半分開，在一個平板上造型。型砂分為：面砂、芯砂、背砂（採用松散後的舊砂）。

（1）面砂配方及物理性能：

配方：3號石英砂（12/30）20% 粗河砂（20/40）35%
紅砂（100/140）5% 舊砂10% 陶土4%
糖漿2.5% 水份8—10% 含泥量12—16%

性能：濕壓強度0.25—0.3公斤/公分² 濕透氣性
90—145 干壓強度大於6.5公斤/公分² 干透氣性175—235

（2）芯砂配方及物理性能：

配分：3號石英砂（12/30）70% 5號石英砂（20/50）30%
白砂（20/50）9—10%（外加）陶土7%
糖漿4—5% 水份8.2%

性能：濕壓強度0.22—0.25公斤/公分² 干透氣性大於90
干壓強度大於6.5公斤/公分²

（3）塗料之成分：

石墨粉100% 白坭8% 糖漿1.5% 余者為水份，其比重以1.4左右為宜。

（4）造型操作簡述：

砂箱是專用的。木模及澆冒口在型板上布置好後，先搗上一層面砂，其厚度約40公厘，插釘子，放砂箱，搗上背

砂，桩紧。修型时在各个易冲砂部位插上釘子，并上涂料。烘干前砂型表面硬度为75—80个硬度单位。砂型在1号烘炉內烘烤8小时，温度为 350°C 。坭芯是在抽屈式的烘房內烘干，温度为 $250\text{—}300^{\circ}\text{C}$ 。下芯时是在澆鑄前2小时配好。砂型出炉无其他缺陷，扣箱，放上澆冒圈，即行澆鑄。

4. 鉄水的熔化及球化处理：

鉄水的熔化，是在生产率为2.5吨/小时的、具有热风装置的三排风口的、有前炉的冲天炉里进行熔化的。化鉄炉直径(内径)为 $\Phi 550$ 公厘；鼓风机为罗茨式的，风压为615公厘水柱高，风量为 $150\text{公尺}^3/\text{米}^2\text{小时}$ ；底焦高度910公厘，每层金属炉料为170公斤，鉄焦比为8：1。

球化处理是在500公斤的鉄水包內进行的。首先出鉄水总量的 $3/5$ (約300公斤)鉄水，出炉温度为 $1430\text{—}1440^{\circ}\text{C}$ 光学高温計讀数。在包內放置0.5% (2.5公斤) 碳酸鈉 (Na_2CO_3) 去硫，用槓杆机构将钟罩压入純鎂3.5公斤(为鉄水总量的0.7%)。球化时间为104秒鐘。加鎂处理后以稻草灰复盖扒渣，再补加其余的 $2/5$ (約200公斤)鉄水到已处理过的鉄水內。第二次出鉄后，在水包面上压入0.5% 矽鉄孕育处理(矽鉄含矽量75%)攪拌后用干淨石英砂复盖，取样澆鑄三角試片。然后用吊車提取鉄水包傾倒扒渣至淨，再复盖石英砂以保温集渣。每包澆鑄三箱。第一包由出鉄到第三根澆鑄完毕全部时间为8分半鐘。

第二包处理与第一包相同。但是由于看到第一包处理过的钟罩內存有残余鎂块，所以把第二包处理時間延长至160秒鐘。三角試片断面較第一包为佳。第二包全部处理时间为

13分鐘（因鉄水不够，补加了二次鉄水，故延长了時間）。由于处理設備及包子已經用过了一次，本身具有一定的溫度，故处理后的鉄水溫度也有所提高，在澆鑄106号曲軸时达到1410°C。

处理及澆鑄情况記錄

（表1）

包次	第一次出鉄		第二次出鉄		加鎂处理時間	加鎂%	加砂鉄%	澆鑄情况				澆造方案
	重量	溫度	重量	溫度				曲軸編号	澆鑄°C	澆速秒	拔塞	
1	300公斤	1440°C	200公斤	1430°C	8分半	0.7	0.5	101	1380	10	未停	第一方案
1	300	1440	200	1430	8分半	0.7	0.5	102	1370	85	停8秒	第一方案
1	300	1440	200	1430	8分半	0.7	0.5	105	1350	15	未停	第二方案
2	300	1440	200	1430	13分	0.7	0.5	106	1410	12	停24秒	第二方案
2	300	1440	200	1430	"	0.7	0.5	104	1400	13	停12秒	第一方案
2	300	1440	200	1430	"	0.7	0.5	103	1390	14.5	停16秒	第一方案

鑄件的外澆試样：胚料尺寸为 $\Phi 50$ 的3号梅花試棒，鉄水取自第二包，澆鑄溫度为1370°C。

鉄水化验成份

（表2）

0%	SI%	Mn%	P%	S%	MG%
2.65※	2.886	0.635	0.082	0.015	0.0634

注：球鉄鉄水經過球化处理，确有礫量下降的現象，但降

※低到2.65%是值得怀疑的（原鉄水为3.25—3.4%）。

我們考虑可能是由于鉗屑取样时石墨脫落，因而影响到数值的正确性。

5. 開箱後的粗視檢驗:

鑄件在澆鑄後一小時，鬆開扣箱螺栓，隔夜（12小時）開箱清理，粗視檢查表面質量尚好，輪廓清晰，在鑄件的上表面（主軸頸上面，扇板上緣）有起皺現象，而在分型面以下無此種缺陷。

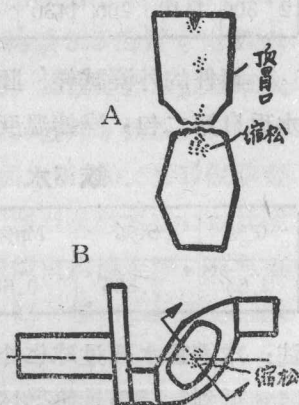
104號和105號的頂冒口是用大錘擊斷的，發現在冒口補縮頸與中間彎頭上部有小點狀的縮松現象（見圖1，A、B），其他缺陷未發現。

6. 曲軸鑄件的剖開檢驗:

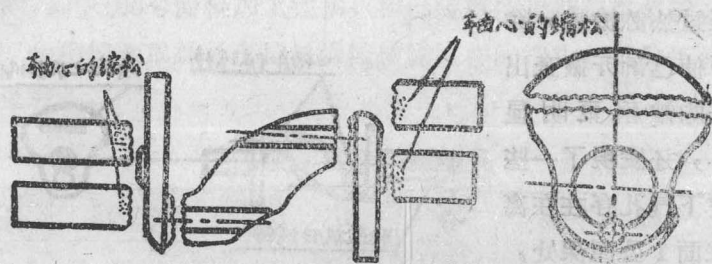
（1）剖開後的粗視檢查:

104號曲軸剖開情況：鋸開後除中間彎頭部分縮松現象更明顯外，其他剖面全部完美，並無此種現象。但經過精鉋後，在兩主轉頸近扇板處發現有縮松，其分布在主軸頸中心分型面稍偏上些，縮松區域分別為 6×10 和 15×18 公厘（主軸頸長的一端屬後者），其最大縮孔點為 0.7×1.5 公厘（見圖2）。為了檢查兩個邊暗冒口所起的作用，將兩個邊暗冒口鋸開，粗視無縮孔及較大的縮松，同時大氣壓也沒有把 120° 的錐尖壓穿。在扇板上緣有一小氣孔。其尺寸為 $\phi 20$ 公厘。

101號曲軸鋸開方案與104號曲軸相同，發現中間齒臂與頂冒



（圖1）中間彎頭存在的縮松。



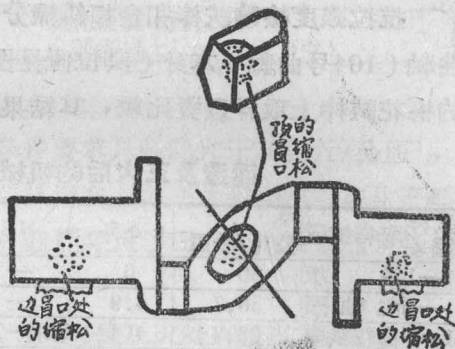
(图2) 曲轴104号的剖开方案及縮松分布情况。

口頸相邻处有縮松，在两主軸頸的边暗冒口补縮道附近有縮松，区域面积为 20×15 公厘。但两边暗冒口鋸开后也沒有发现縮松及較大的縮松，与104号曲軸边暗冒口相似，其他缺陷未发现。101号曲軸縮松情况见图3。

(2) 硫印檢驗

驗：

我們对 104 号曲軸进行了硫印檢驗，結果証明硫化物分布較均匀，只是鑄件上表面較多，在分型面下面无硫化物集中分布；鑄件上层的側壁



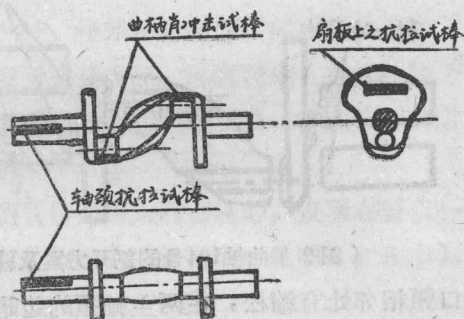
(图3) 101号曲軸鋸开后縮松分布情况。

周圍有硫化物的偏析，而中心硫化物最少。这种情况，据分析認為是由于鑄件的冷却，流动情况影响了硫化物上昇而集結于此。

(3) 热蝕檢驗：

热蝕采用稀盐酸 ($4\% \text{HCl}$) 在 70°C 溫度下保溫煮蝕。

經過熱蝕檢驗，除了使已剖開檢查出來的缺陷更明显外，还发现了一些皮下气孔存在在离表面1公厘深处，分布不甚规律，大小在1公厘左右，以鑄件扇板兩側及上面較多。



(图4) 抗拉强度檢驗試棒取样位置。

(4) 机械性能及金相組織檢驗：

抗拉强度檢驗試棒和金相組織分析試样，均取自同一根曲軸（104号曲軸）本身（其位置見图4）及从一包鉄水澆鑄的梅花試棒上取样以資比較，其結果見表3。

鑄造及正火后的机械性能

(表3)

試样编号	取样位置	σ_b 公斤/公厘 ²	δ %	HB	断面情况或处理情况
1—1	扇板	60	6	—	組織均匀晶粒較粗鑄态
1—3	主軸頸	56.7	4.9	—	同上
1—3	梅花試棒	68.2	4.4	228—235	同上
1—6	梅花試棒	54.4	2	212—223	断面有夹杂鑄态
1—5	主軸頸	68.8	*	279—289	正火930°C 保温1小时
1—6	"	73.4	*	279—298	正火930°C 保温1.5小时
1—7	"	73—80.4	1.6—1.8	321	正火930°C 保温2小时

注：*号是表示試棒断在肩台处无法計算其延伸率。

試样编号1—7是同曲軸103号和106号曲軸一同正火处

理的,其中106号曲軸加工完毕,現已装車作长期跑車試驗。

金相組織取样是自抗拉强度檢驗試样的端头,其分析結果見表4。

基体金相組織分析結果 (表4)

試样 編号	取样位置	金相 編号	基 体 組 織
1—1	扇 板 上 面	1	球化程度95%以上 (30—40% Π +60+70% Φ)
1—1	扇 板 下 面	2	球化程度96%以上 (50% Π +50% Φ)
1—2	主軸頸近冒口	3	球化程度95%以上 (50% Π +50% Φ)
1—2	主軸頸近扇板	4	球化程度95%以上 (30—40% Π +60—70% Φ)
1—2	主軸頸中央	5	球化程度95%以上 (50% Π +50% Φ)
1—7	主 軸 頸	6	球化程度95%以上 (95%以上 Π +5%以下 Φ)

7.正火处理:

因为我厂曲軸技术条件是强度大于70公斤/公厘²,及90%以上珠光体,这要从鑄态方面来达到要求,在生产控制上是較困难的。因此,我們采取了正火的办法来滿足强度及組織的要求。

编号102号、103号、106号的正火处理情况是:106号曲軸正火处理,是加热到930°C,保温1小时,然后取出空冷。由于保温時間不足,其强度未达技术要求(試样编号1—5),因而再将103号及106号曲軸重新正火处理。处理經過是加热到930°C,保温2小时,其結果强度超过技术条件中的规范(試样编号1—7)。

8.粗加工后的检查:

粗車后发现有如下的缺陷：

(1) 在102号曲軸的主軸頸(170公厘长的一端)中段于分型面上緣发现夹渣集中，区域有 30×80 公厘以內的范围。因为在精車后已除去，所以沒有去研究它。

(2) 在每支曲軸的扇板上均发现有小的皮下气孔，离表层約1公厘深处，在分型面上緣、出气冒口下端附近較為集中，最大气孔直徑为 $\Phi 3$ 公厘。

9. 精磨后的檢驗及磁力探伤檢查

102号、105号曲軸精磨后檢查沒有发现任何缺陷(精磨加工前已具有的缺陷除外)。但对两曲軸的主軸頸及連杆軸頸进行了磁粉探伤檢查后，結果在102号曲軸的連杆軸頸上发现两条长度分別为5与6公厘的髮裂，其他缺陷并无发现。而105号曲軸无任何可疑的缺陷。

(1) 在主軸頸及連杆軸頸上放4.5公厘的单边加工余量；在連杆軸頸中央油孔处放3公厘的加工余量，即足够保証鑄件表面的缺陷在加工时全部除去。

(2) 主軸頸的縮松是由于两个边暗冒口补縮压力不够所致。由剖开冒口証明，冒口剖面沒有收縮現象， 120° 的錐頂并未被大气压力压破，这說明它們沒有很好的起到补縮作用。因此必須加大冒口尺寸及修改冒口結構，采用帶有通气坭芯的大气压边暗冒口。

(3) 两个方案所鑄造出来的曲軸中間弯头与頂冒口接触处均有縮松的現象，分析后認為其产生之原因是冒口頸的圓角太小，且突变利害，頸部型砂受热严重，冷却較慢，而冒口本身却較快，所以造成縮松。因此，在下次試制时，对頂

冒口的补縮頸的形状需要研究改进。

(4) 硫印檢查发现有較大的硫化物偏析，以后球化处理时应注意扒渣，同时一定要等到鉄水在澆口杯內停留25秒鐘后方可拔塞澆鑄。

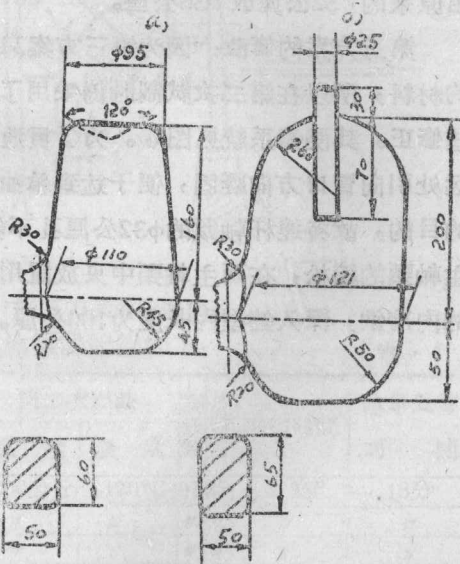
(5) 鑄件上表层有起皺現象，研究后认为这是硫化物夾渣及氧化皮。因此，在今后試制时应尽量提高澆鑄溫度和澆鑄速度。

(二) 第二次球墨鑄鉄曲軸試制

1. 工艺方案的修改：第二次試制方案是在前次試制的三个方案基础上进行如下修改：

我們对第一、二方案做了討論研究，认为澆口及冒口的断面面积应加以修改。现将修改后的情况分述如下：

(1) 将 120° 的边暗冒口改为带有通气坭芯的大气压边暗冒口，尺寸由原 $\Phi 110$ 改为 $\Phi 121$ ，高度由原来的



(图5) 边暗冒口的修改：A—修改前，B—修改后。

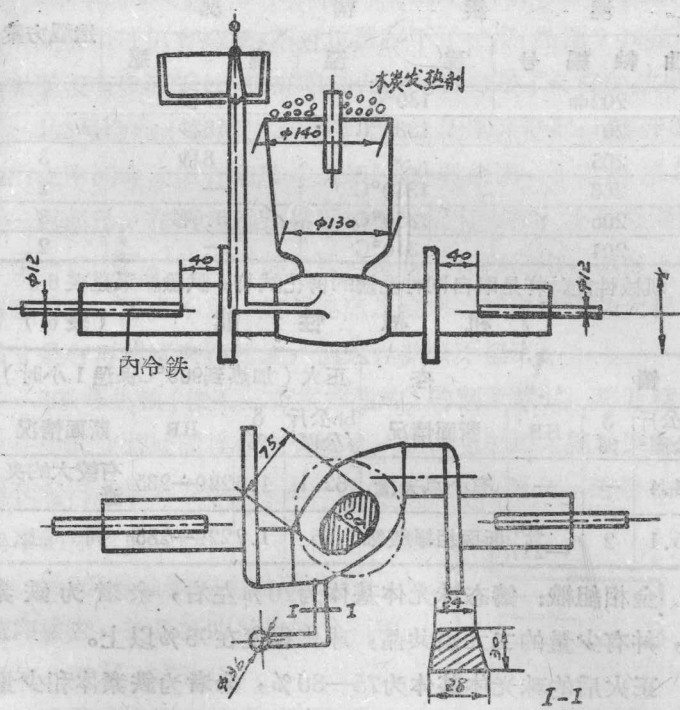
100公厘改为200公厘，补縮面积由 50×60 改为 50×65 。

注：边暗冒口尺寸原决定为 $\Phi 135$ 公厘的。但由于設計砂箱橫擋时未考虑到冒口尺寸加大，若采用 $\Phi 135$ 公厘时，則冒口被砂箱橫擋擋死，故采用 $\Phi 121$ 公厘。

(2) 頂冒口的补縮頸由突变的改为喇叭式的；为了增加中間弯头的补縮压力，在頂冒口內也插入 $\phi 25$ 公厘的通气坭芯，插入深度为70公厘。

(3) 为了探求解决鑄件表面起皺問題和提高表面质量，将澆鑄速度加大 $1/3$ ，即将內澆口的断面尺寸由 $16 \times 18 \times 18$ 公厘改为 $16 \times 18 \times 24$ 公厘，閘門澆口尺寸照旧，直澆口由原来的 $\Phi 32$ 公厘改 $\Phi 36$ 公厘。

第三方案的修改：因为第三方案只用一个冒口，可以节约材料，所以在第二次試制时仍采用了第三方案，但作了一些修正。其澆鑄系統見图6。为了貫通整个鑄件，使鉄水由远处引向冒口方向凝固，便于达到单独用一个頂冒口来补縮的目的，故将連杆軸頸的 $\phi 32$ 公厘孔不鑄出；同时为了避免主軸頸的縮松，在两主軸頸中央放置用球鉄車成的 $\Phi 12$ 公厘的內冷鉄，深入鑄型內长度为100公厘。



(图6) 第三方案浇鑄系統圖

2. 熔化澆鑄及理化檢驗記錄如下:

(表5)

包次	第一次出鉄		第二次出鉄		加 鎂 %	加 砂 %	球化時間	全部處理 時間
	重 量	溫 度	重 量	溫 度				
1	800公斤	1440°C	200公斤	1420°C	07	05	3'85"	13分
1	300	"	"	"	"	"	"	"
1	"	"	"	"	"	"	"	"
2	"	1430°C	"	1410°C	"	"	3'25"	11分
2	"	"	"	"	"	"	"	"
2	"	"	"	"	"	"	"	"