多元低合金耐磨铸铁生产实践

湖北省潜江市道松铸造实业有限公司 (433114) 罗宜生

2001年我厂为某外资厂试生产了一种原需从国外进口的耐磨圈配件，由于产品质量稳定，用户很满意，并要与我们长期合作此项目。

一、化学成分的选择

原产品取样光谱分析与资料提供的化学成分对比见表1。

表1 化学成分（质量分数） (%)

牌号名称	C	Si	Mn	P	S
产品取样	3.2	0.16	0.4	0.03	0.076
MTCrMoCu30—50	3.1~3.2	1.7~2.2	0.7~1.0	≤0.15	≤0.12
Ni-Cr-Mo环	2.9~3.3	2.0~2.4	0.9~1.3	0.35~0.6	<0.1
普通白口铸铁(犁铧)	4.0~4.4	≤0.16	>0.6	≤0.35	≤0.15

牌号名称	Cr	Mo	Ni	备注
产品取样	0.08	0.029	0.048	用户提供
MTCrMoCu30—50	0.15~0.20	0.30~0.40	Cu0.8~1.1	铸铁手册
Ni-Cr-Mo环	0.20~0.40	0.30~0.60	0.80~0.12	铸铁手册
普通白口铸铁(犁铧)	—	—	—	机械工程师手册

表1中例举的我国几种具有耐磨性能铸铁的化学成分与之对照分析：从碳当量看该产品低于我国的耐磨铸铁件，碳含量与我国的合金耐磨铸铁的范围基本一致，只是取在上限；但硅的含量悬殊大，含量太低；其他合金锰、铬、钼、镍的含量也低于我国同类牌号中的合金含量，而且对有害元素磷、硫的含量也控制得特别低，我们可以称该产品为多元低合金耐磨铸铁。如果按照该产品成分配料，只能获得纯白口组织的铸件，也可推测该合金牌号的铸造性能很差，我们用冲天炉熔化也有一定的困难，产品质量难以保证。同用户商讨，在我厂现有的熔化设备条件下，一要保证铸件能够机加工成形；二要有比较好的耐磨性能（可以稍低于原产品的使用寿命），为此我们将产品的化学成分做了如下的调整（见表2）。

表2 调整后的化学成分（质量分数） (%)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni
3.0~3.25	0.7~1.2	0.35~0.5	<0.1	<0.1	0.075~0.095	0.025~0.045	0.045~0.065

1. 碳硅的确定

要保证产品有良好的耐磨性能，就要使铸件获得细小的珠光体基体，石墨以A型为主的组织。而要得到这种基体组织，首先要使原铁液的成分浇注后应为白口或麻口组织，经孕育处理后转变为细珠光体基体。因此主要应选择好成分中的碳、硅含量，一般取 $w_C = 2.7\% \sim 3.3\%$，为此把原产品中的碳含量减少一点，取 $w_C = 3.0\% \sim 3.25\%$。硅是强石墨化的元素，硅含量增加能有效防止铸件产生白口和麻口组织，并改善了铸造性能，特别是孕育处理的硅，用量少且效果好，又能有效地降低成分中的硅含量。孕育铸铁一般 $w_{Si} = 1.0\% \sim 1.6\%$，考虑原产品硅的含量低及铁液的铸造性能，我们控制 $w_{Si} = 0.7\% \sim 1.2\%$。

2. 其他合金元素的确定

锰可略增大铸件形成白口的倾向，又能促进珠光体的形成，并有抵消部分有害元素硫的作用。虽然把促进石墨化的硅元素增加了很多，如果增加锰量对铸件形成珠光体组织是有利的，但是硅增加的范围仍在我国同性能牌号硅含量的最低值，另外用强化孕育处理，尽量把硅控制在较低含量。同时用Q10生铁配料来控制硫的含量，故此不须用锰的优势来增加锰含量，应尽可能地维持原产品的成分含量，所以只把原锰值做为调整成分的下限值的控制范围。同理，其他铬、钼、镍元素，也是将原合金含量值做为调整成分的下限值的控制范围。

磷在铸铁中是以共晶组织分布在晶粒的边界上，有利于提高硬度，改善耐磨性。但磷含量高时，连续网状共晶体就会割断晶粒间的联系，从而使强度降低，脆性增加，所以磷、硫同为铸铁中的有害元素。如果控制 $w_P \leq 0.10\%$，$w_S \leq 0.10\%$，它们在铸铁中的危害性就小多了，我们用球墨铸铁生铁配料完全可以控制磷、硫的含量。

二、铸造工艺

铸件结构如图1所示，产品全部加工，铸件放在下箱内，采用干模。试制时采用的铸造工艺如图

2所示，两个 ϕ100mm 的边冒口放在铸件的对称位置上，铁液从一个冒口进入，当铁液刚进入冒口时，用型砂填死直浇道，铁液再从冒口浇入，以提高冒口的补缩能力，浇完后用保温剂覆盖。首批生产6件，合格4件，其中2件在对称位置上有明显的分散缩孔和针孔缺陷。

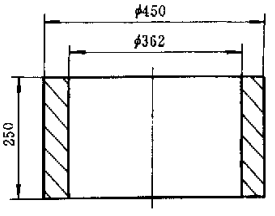

图 1

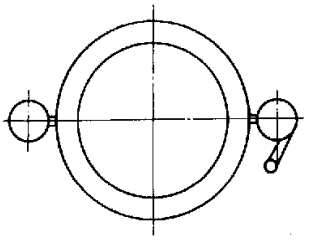

图 2

从产品的缺陷分析，是补缩效果不好及铁液温度低所致。在工艺方面我们做了如图3所示的改进，用一个 150mm × 90mm 的压边冒口，铁液先流入冒口，充分对冒口体预热，铁液浇平冒口底部时，将直浇道堵死，直接从冒口浇足铁液，撒上保温剂，以加强铁液的补缩能力。在冒口的对称位置上放置两块 260mm × 140mm × 40mm 的外冷铁，这样整个铸型就形成了一个有效的顺序凝固方式，很好地消除了铸件的针孔缺陷。

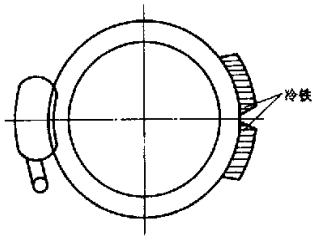

图 3

三、配料、烘炉及炉前操作方法

我厂的熔炼炉为熔化率 0.5t 的卡腰式三节炉，铁液温度可达到1400℃，为保证产品质量，我们采取了如下措施。

1. 配料和烘炉

该牌号的合金种类多且含量太低，铸件的重量与炉料的批重又不匹配，如果合金从后炉加入，铸件的化学成分难以保证。为此我们采用冲入法，把合金加在包内，保证了产品的化学成分。具体做法是将铬、钼铁合金锤成黄豆粒大小，镍用铸308镍基铸铁焊条，按每包铁液量配制好并放在500～600℃的电烘炉中预热备用。为了控制铸件的低硅含量，又要消除铸件白口或麻口而获得细珠光体、A型石墨的组织，铁液必须做好孕育处理，后炉的硅量按0.6%配制，孕育硅用量为0.3%，按包配制并同合金一起预热备用。用Q10原生铁配料，控制 $w_P=0.05\%$ 左右。硫的含量不太稳定，它的来源主要是焦炭，开始试制时我们在焦炭上撒上石灰水，一般 $w_S=0.07\%\sim0.12\%$，后来在孕育处理中我们增加了0.9%的球化剂，可控制 $w_S\leqslant0.07\%$。

要确保熔化出高温铁液，除了炉型结构要修的合理外，底焦和烘炉也是关键。一是烘炉时间比熔化普通灰铸铁时要延长0.5h以上；二是首先加入的50%底焦的块度要控制好，不宜过大，形状最好近似球状，底焦总量要比平时熔化多增加25%，这样可控制正式送风20min后在前炉观察孔才能见到铁花。

2. 前炉操作

正确掌握好烘炉后，一般在第三、第四包铁液的温度就可达到1380～1400℃，这时要让前炉储存能连续浇注2～3包的铁液量。待浇完第一包普通铁液后，马上将球化剂放在包底凹坑底部，盖上孕育剂，加上铬、钼、镍合金，上面撒一层珍珠岩进行覆盖，当铁液反应平稳后，经搅拌去除渣子，撒上保温剂覆盖。浇注时用经预热的细硅铁粉再进行随流孕育。

四、结语

在稳定造型、熔炼、浇注工艺后，产品的质量稳定，加工无废品。

经用户使用后，产品使用寿命为进口的75%～80%，成本仅为进口的45%～50%，达到了预期效果。

(20030829)