计算机配料程序在生产中的典型应用

江苏省机电研究所 （徐州 221006） 程红晓 王惠芹 沈卫东 宋润泽 王 超

通用计算机配料程序是在长期生产过程中根据铸造企业的实际需要编写的，采用穷举法进行计算，增加了两个其他文献中极少述及的约束条件，从而大幅减少计算量，提高计算速度。计算完成后，可列出所有满足目标成分要求的配料结果，供生产部门根据铸件的使用工况及价格、性能等因素合理选用。程序还具有结构简单，校核元素种类多，不受材质种类（铸铁、铸钢、有色合金）与熔炼方法（冲天炉、电炉）限制等特点，在生产中主要应用于以下几个方面。

1. 快速计算炉料配比

这是计算机辅助配料软件的最基本功能，操作步骤为先在“金属材料化学成分要求”表内填写各元素目标含量的上下限以及在熔炼过程中的增减率，然后根据材质所含元素在“炉料化学成分”表内填写或从数据库内选择所需炉料，并根据实际情况填写所加回炉料的质量百分数及化学成分，之后即可进行计算。计算速度和精度远非人工计算可比，一般来说常用材质的配料仅需 1s 左右，视计算机的速度及所选择的计算精度而有所不同。

2. 炉前化学成分调整

因熔炼过程中元素的增减率均为经验数据且高温环境下的影响因素较多，因此，熔炼时需不断调整成分以使元素含量均在要求范围内。配料时可将炉内金属液当作回炉料来对待，在回炉料表内根据化验结果分别填写其化学成分及含量百分数，然后进行计算。为尽可能少地加入新炉料，回炉料的含量百分数应尽量从高至低小幅减少直至配料成功。举例说明如下：目标成分要求如图 1 所示，现炉内金属液中 Mn 和 Cr 元素的含量不合格（Mn 高、Cr 低），见图中“回炉料化学成分”表，按上述方法进行计算可知，至少需加入 17% 的新炉料（回炉料最多加入 83%）方可将炉内金属液化学成分调整至要求范围内，各炉料的加入量百分比见图 1 中“计算结果列表”。

3. 校核 S、P 等元素含量

生产中采用常规方法进行配料计算时，S、P

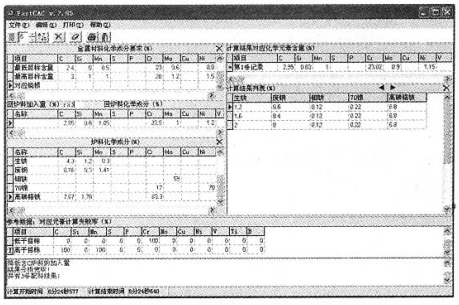

图 1

等一般不作为约束元素，而是在不考虑其含量的前提下进行配料计算，配料成功后再校核其含量并保证在成分要求范围内。使用计算机计算时，可将 S、P 等元素目标含量的上下限大幅提高，使之肯定不在配料计算中形成约束，待计算成功后选择那些能够保证其含量符合要求的结果，如图 2 所示，S、P 元素的目标含量（质量分数）上限均定为 1%，在第 7 条计算结果中 $w_{S,P}$的实际含量为 0.04%。

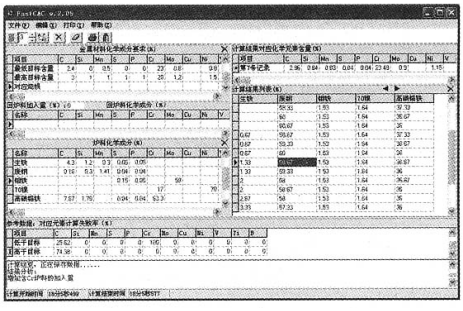

图 2

4. 降低生产成本

配料时因一种元素通常并非由一种炉料单独提供，而提供该元素的炉料价格往往相差悬殊，如中碳锰铁的售价约为高碳锰铁售价的 1.6 倍。因此配料时应尽量少加入价格高的炉料以降低成本。以计算 ZGMn18Cr2Mo 为例，中碳锰铁的最低加入量和最高加入量分别为 17.33% 和 24.67%，见图 3，以目前市场售价计算，最低与最高成本配料相差 400 余元/t。

LCC 钢的生产及其缺陷预防

上海宏羿铸造公司 （200021） 王景德

摘要：详细介绍了 LCC 钢的理化性能要求与热处理工艺，同时对 LCC 钢生产中常见热处理缺陷的产生原因进行了分析并提出了预防措施。

LCC 钢是一种具有良好综合力学性能与焊接性能的低碳低温钢。目前，欧盟与美国等国已广泛用于寒冷地区使用的阀门铸钢件上。为扩大出口，我公司从 1996 年开始研制生产 LCC 钢，迄今已生产 LCC 钢阀门铸件数百吨出口英国、美国等国家。铸件内在与外观质量完全符合美国相关标准，受到外商的一致好评。

1. LCC 钢的化学成分与力学性能

（1）化学成分（美国 ASTM A352～83a）见表 1。

表 1 LCC 钢的化学成分（质量分数） （%）

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	V	∑Ni+Cr+Mo+Cu+V
≤ 0.25	≤ 0.60	≤ 1.20	≤ 0.04	≤ 0.045	≤ 0.50	≤ 0.50	≤ 0.20	≤ 0.30	≤ 0.03	≤ 1.00

（2）LCC 钢的力学性能（见表 2）。

表 2 LCC 钢的力学性能

抗拉强度 σ_b/MPa	屈服强度 σ_s/MPa	伸长率 δ（%）	断面收缩率 ψ（%）	低温冲击值①（-46℃）/J
485～654	≥275	≥22	≥35	≥20（三件平均值）

①夏普 V 形缺口试块，其中一试块的 A_K 最低值≥16J。

2. 化学成分的设计

（1）碳 在低 C 钢中，$w_C \leqslant 0.18\%$ 时，低温 A_K 值随 C 含量提高而增加。$w_C \geqslant 0.18\%$ 后，随 C 含量提高 A_K 不断下降。但 C 含量过低的钢（$w_c < 0.18\%$），因其中珠光体量减少，使抗拉强度与屈服强度很低。因此为保证 LCC 钢有较好的综合力学性能，我们选取 $w_C = 0.18\% \sim 0.22\%$。

（2）硅 Si 是作为脱氧剂加入钢中的，它能还原 FeO，从而消除 FeO 夹杂对钢的不良影响。低 C 钢中的 Si 大部分溶于铁素体中，有助于提高钢的强度。因此在 LCC 钢生产中，我们一般控制 $w_{Si} = 0.45\% \sim 0.55\%$。

（3）磷与硫 P 与 S 对 LCC 钢低温 A_K 值影响极大。随着钢中 P、S 含量的提高，低温 A_K 值急剧下降。P 在组织中析出化合物 Fe_3P，使钢的脆性大大提高，S 在钢中与 Fe 生成化合物 FeS，FeS 与 Fe 又能形成低熔点共晶体，使钢的脆性增大。前苏联要求低温钢中 w_P、w_S 均≤0.02%。在生产中将 P、S 含量控制得越低越好。如注意选料，强化冶炼，将成品钢中的 P、S 含量（质量分数）控制在 0.03%～0.04%是完全可以做到的。

（4）锰 Mn 与 S 生成 MnS，呈点状分布在晶

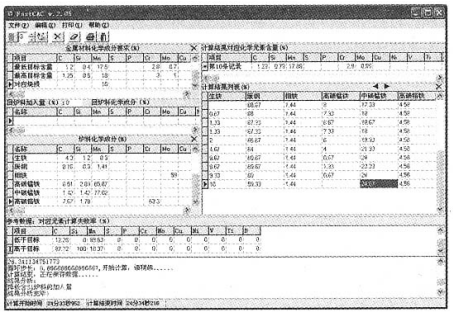

图 3

5. 结语

快速准确配料是保证铸件化学成分，降低生产成本的基础，而根据炉前化验结果快速调整化学成分则是减少合金元素熔炼损耗，降低电耗，延长熔炼设备使用寿命的关键因素，因此使用计算机配料取代传统的人工估算方法，是铸造企业在目前市场条件下挖掘自身潜力，实现节能降耗的有效途径之一。

（20040806）