

серы и кислорода (см. рис. 1). Результаты экспериментальных исследований воздействия кальция на активность кислорода подтверждают вышеприведенную расчетную последовательность взаимодействия кальция с примесными элементами. Отмечено сильное тормозящее влияние серы на раскисление чугуна кальцием.

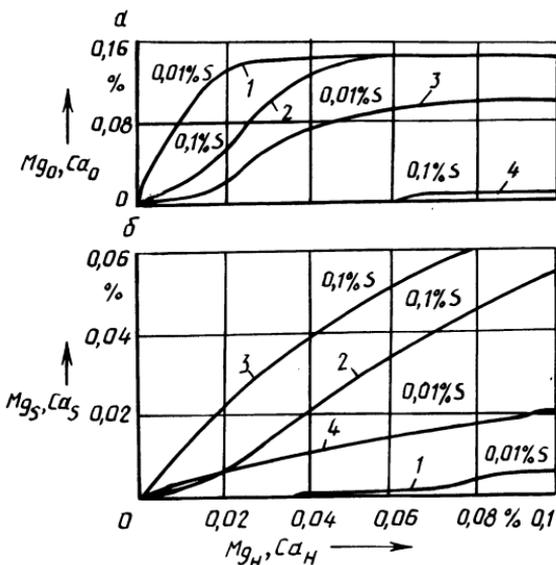


Рис. 1. Зависимость расхода магния (1,2) и кальция (3,4) на раскисление (а) и десульфурацию (б), расплава от концентрации вводимых добавок ( $Mg_H$  и  $Ca_H$ ) при различном содержании серы

Таким образом, моделирование взаимодействия комплексных присадок с жидким чугуном позволяет проанализировать сложные процессы, происходящие в расплаве чугуна, в зависимости от содержания в нем примесей, состава и количества вводимых компонентов, наметить пути оптимизации режимов получения ВЧШГ.

УДК 621.74.047

А.Н. КРУТИЛИН, канд. техн. наук,  
В.А. ГРИНБЕРГ, Е.Б. ДЕМЧЕНКО,  
И.К. ФИЛАНОВИЧ (БПИ)

### К ВОПРОСУ О ПРОЧНОСТИ ЧУГУНА ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ ЛИТЬЕ

Для обоснованного выбора оптимальной скорости движения заготовки в процессе непрерывного литья чугуна необходимо детальное изучение напряженно-деформированного состояния затвердевшей оболочки. На выходе из кристаллизатора оболочка испытывает напряжения, возникающие под дейст-

вием статического напора жидкого металла, сил трения о стенки кристаллизатора, а также термические напряжения. При оценке ее напряженного состояния большое значение имеет достоверность данных по физико-механическим свойствам чугуна при температурах 900...1100 °С. Для расчета возникающих напряжений необходимо знать предел прочности металла, модуль упругости и коэффициент его линейного расширения в определенном диапазоне температур.

Измерение коэффициента линейного расширения производили на dilatометре фирмы "Netzsch Gerätebau GmbH" (ФРГ). В качестве стандартного образца использовали "Vacromium". Образцы для испытания диаметром 6 мм и длиной 25 мм вырезали из чугунных заготовок, отлитых непрерывным способом, с химическим составом (в процентах по массе): С — 3,1...3,7, Si — 1,5...2, Mn — 0,12...0,6, Cr — 0,1...0,7, Ni — 0,15...0,6, Cu — 0,12...0,54, Ti — 0,02...0,1, P — 0,08...0,3, S — 0,05...0,06. Проведенные измерения показали, что коэффициент линейного расширения в диапазоне температур 900...1000 °С для различных химических составов находится в пределах 21,5...29,5 °С<sup>-1</sup>. По мере увеличения температуры от 1000 до 1075...1085 °С происходит расширение образцов, дальнейшее ее возрастание до 1100 °С приводит к уменьшению размеров образцов, что, очевидно, связано с процессом растворения углерода в аустените.

Испытания по определению прочности чугуна проводили на универсальной машине 1253 V 2-2 в диапазоне температур 850...1050 °С. Образец нагревали в печи сопротивления. В непосредственной близости к образцу находился идентичный образец с зачеканенной в нем хромель-алюмелевой термопарой с диаметром электродов 0,2 мм. В качестве прибора, регистрирующего температуру, использовали комбинированный прибор Щ-4313. Время выдержки образца при температуре испытания — 10 мин.

На первом этапе исследований использовали образцы с химическим составом (в процентах по массе): С — 3,7, Si — 1,92, Mn — 0,24, Cr — 0,35, Ni — 0,37, Cu — 0,36, Ti — 0,04, P — 0,079, S — 0,054. Их вырезали из поверхностного слоя трех заготовок диаметром 120 мм, полученных на установке полунепрерывного литья. Испытаниям при каждом уровне температуры (850, 950 и 1050 °С) и скоростях нагружения 10, 51 и 107 мм/мин подвергали по 5 образцов. Предел прочности чугуна во всем исследованном диапазоне температур увеличивается с ростом скорости нагружения и составляет при 950 °С для скоростей нагружения 10 и 107 мм/мин соответственно 31,4 и 54 МПа. Изменение температуры заливки металла от 1270 до 1320 °С не оказывает заметного влияния на прочностные характеристики чугуна. Характер изменения его предела прочности в исследуемом диапазоне температур и скоростей нагружения остается неизменным.

На втором этапе исследовались образцы с разным химическим составом при температуре 950 °С и скорости нагружения 51 мм/мин. Предел прочности при этом составляет 30...50 МПа. Небольшие добавки легирующих элементов Cr, Ni, Cu, Ti в соответствии с ГОСТ 1585—85 не оказывают заметного влияния на прочность чугуна. Резко (в 5...6 раз) снижается прочность образцов, содержащих 0,3 % фосфора. Вероятной причиной является ослабление границ зерен в результате оплавления легкоплавкой фосфидной эвтектики. С повышением температуры от 850 до 1050 °С средний предел прочности чугуна умень-

шается в 3...4 раза и составляет при 1050 °С 5...15 МПа в зависимости от скорости нагружения. Модуль упругости находится в пределах 300...750 МПа, ниже значение соответствует чугунам с содержанием фосфора 0,3 %.

Полученные данные использовали для расчета термонапряженного состояния оболочки слитка.

УДК 629.114.2.02.001

В.М. РУДЕНКОВ, канд.экон.наук,  
Л.Л. СЧИСЛЕНКО, д.н. ХУДОКОРМОВ, д-р техн.наук,  
М.М. ЛОБОДА (БПИ)

## ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАМЕНЫ ТРАДИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ВЫСОКОПРОЧНЫМ ЧУГУНОМ

Разработанные и внедряемые на предприятиях технологические схемы производства высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) связаны с дополнительными капитальными вложениями — коренной реконструкцией литейных цехов и частичной или полной заменой существующего оборудования. Между тем каждый вариант новой технологической схемы характеризуется различными технико-экономическими показателями в области затрат на производство заготовок и последующих расходов при эксплуатации изделий.

Задача состоит в том, чтобы применительно к конкретным изделиям установить сферы рационального применения ВЧШГ, принципы и факторы, побуждающие предприятия отрасли широкомасштабно переходить к освоению этого прогрессивного конструкционного материала.

Применение сложившейся методологии определения экономической эффективности общественного производства с учетом особенностей получения деталей из традиционных материалов позволяет использовать в качестве критерия оценки эффективности технологических схем получения деталей из ВЧШГ следующее выражение:

$$\frac{Z_1 - Z_2}{(Z_1 - Z_2 B) + (Z_1^a - Z_2^a)} \rightarrow \min ,$$

где  $Z_1$  и  $Z_2$  — приведенные затраты на 1 т деталей, изготовленных соответственно по действующей технологии из традиционных материалов и по новой технологической схеме из ВЧШГ;  $B$  — коэффициент, отражающий изменение срока службы деталей и их штучной массы;  $Z_1^a$  и  $Z_2^a$  — размер приведенных годовых эксплуатационных расходов, зависящий от надежности и срока службы детали.

Возможность сопоставимости затрат предполагает соразмерность объемов производства, единство цен, учет фактора времени и идентичность организационных и других факторов производства.

Предварительный анализ предлагаемого критерия оценки показывает, что он изменяется при всех положительных вариантах внедрения технологи-