

УДК 669.162.267.642:669.162.221.2:669.721

**Н.Н. Днепренко, Б.В. Двоскин, А.В. Остапенко, А.В. Зотов**

### **ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ ПОГРУЖНЫХ ФУРМ ПРИ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКЕ ЧУГУНА**

Проведены исследования и промышленные испытания путей повышения стойкости погружных фурм для внепечной обработки чугуна, изготовленных как из набивных углеродсодержащих, так и бетонных огнеупорных смесей. Установлено существенное влияние влажности бетонной смеси и степени её уплотнения на прочность и соответственно стойкость футеровки погружных фурм.

Увеличивающиеся требования к качеству металла требуют максимального снижения в нем вредных примесей. В связи с этим в металлургии все большее распространение получает способ удаления такой особо вредной примеси как сера путем внепечной десульфурации чугуна в чугуновозных и заливочных ковшах доменных и сталеплавильных цехов.

В качестве обессеривающего реагента при внепечной десульфурации чугуна получил наибольшее распространение порошок или гранулированный магний, а как способ его ввода в жидкий металл – вдувание в струе газа–носителя через погружную фурму [1]. Такой ввод реагента обеспечивает его надежную и равномерную подачу на четко фиксируемой максимальной глубине, определяемой глубиной погружения фурмы. При этом немаловажное значение имеет стойкость погружных фурм, обеспечивающая их работу в условиях резких тепловых ударов, интенсивного барботажа металла и значительных механических нагрузок при вибрации фурмы.

Проведенные в течение длительного времени на ряде металлургических предприятий Украины исследования стойкости фурм и опыт их эксплуатации на установках десульфурации чугуна показали возможность использования различных путей повышения стойкости фурм. Так при снижении содержания серы в чугуне с 0,035–0,040% до 0,015%, когда для ввода необходимого количества магния достаточно нахождения фурмы в чугуне в течение 3–5 мин, весьма эффективным оказалось использование для футеровки фурм набивных углеродсодержащих огнеупорных смесей [2].

Применение этих смесей в сочетании с жестким и хорошо армированным металлическим каркасом, качественным уплотнением футеровки фурм, соблюдением режима сушки, а также тщательным профилактическим ремонтом, осуществляемым даже при незначительных трещинах и других разрушениях футеровки фурм в процессе их эксплуатации, позволило довести количество продувок чугуна, выдерживаемых одной фурмой, до 800 продувок и более.

Однако при использовании углеродсодержащих смесей резко снижается стойкость фурм при длительности продувок более 5 мин.

Поэтому при необходимости снижения серы до 0,005% и менее, когда длительность продувок должна составлять 8–10 мин и более, при использовании углеродсодержащих фурм применяют обработку одного ковша за 2–3 погружения фурмы с ремонтом футеровки после каждого погружения, что удлиняет цикл обработки партии ковшей, увеличивает потери температуры чугуна, и приводит к задержке выдачи ковшей с установки десульфурации в конвертерный цех.

С целью устранения указанного недостатка в отделении десульфурации чугуна комбината «Азовсталь» изготовлены и испытаны фурмы из огнеупорного бетона.

В настоящее время для огнеупорных футеровок достаточно широко рекомендуются среднецементные (9–15% цемента) или низкоцементные (3–5% цемента) огнеупорные бетоны [4–6]. Имеются данные о применении низкоцементных бетонов и для изготовления погружных фурм на установке десульфурации чугуна магнием на Магнитогорском металлургическом комбинате, где обеспечивалась общая длительность работы фурм в течение 150–156 мин [7]. На комбинате «Азовсталь» для изготовления погружных фурм при десульфурации чугуна магнием, исходя из имеющегося ранее опыта испытания бетонных фурм, использовали бетон с содержанием высокоогнеупорного цемента около 20%. Такие фурмы, несмотря на изготовление в малоприспособленных условиях, не обеспечивающих возможность вертикальной заливки фурм и достаточно качественного уплотнения бетона, позволили проводить продувки длительностью 8–10 мин при общей длительности нахождения фурмы в чугуне в среднем 487 мин.

На стойкость бетонных фурм, также как и фурм из углеродсодержащих смесей, весьма существенное влияние оказывают жесткость и достаточное армирование каркаса фурм, а также тщательный ремонт появляющихся дефектов футеровки. Существенное влияние на стойкость фурм оказывает и качественная их сушка, не допускающая наличия в бетонной футеровке каких-либо остатков влаги, выделяющихся в виде паров из футеровки фурмы при её быстром погружении в жидкий чугун и приводящих к отслоению (сколам) поверхностного слоя футеровки. Разработан режим сушки бетонных фурм, обеспечивающий полное и надежное выполнение требований их эксплуатации. В процессе испытания бетонных фурм установлено также существенное влияние на плотность и прочность бетонной футеровки и соответственно на её стойкость содержания влаги в бетонной смеси, использованной при изготовлении фурмы. Для определения оптимальной влажности бетонной смеси проведено исследование её прочности при различной влажности на образцах диаметром 50 и высотой 50 мм. Уплотнение образцов производили на усовершенствованном лабораторном копре модели ОЗОМ. Полученные образцы подвергались выдержке под влажной тканью в течение 7 суток с последующей сушкой 16 ч при температуре 120<sup>0</sup>С. Содержание высокоогнеупорного цемента в используемом бетоне составляло 20%, зерновой состав 0–4 мм.

На одной партии образцов уплотнение бетонной смеси производили при одном и том же количестве ударов лабораторного копра (3–х ударах).

Влажность бетонной смеси изменяли от 7 до 10,5%. Уплотнение второй партии образцов бетонной смеси при различной её влажности производили, увеличивая количество ударов падающего груза копра до появления на торцах уплотняемого образца сплошной пленки влаги, выдавливаемой из смеси при ее уплотнении, и прекращения при этом снижения высоты образца.

Появление на торцах образца сплошного слоя жидкости, выдавленной из пор образца при его уплотнении, свидетельствовало о достижении максимального уплотнения образца, когда все его поры заполнены жидкостью и дальнейшее уплотнение уже невозможно. Испытание образцов второй партии начинали с приготовления бетонной смеси с влажностью 10,5% и затем уменьшали количество воды в смеси, доведя его до 6,5%.

Результаты испытаний прочности при сжатии образцов обеих партий в зависимости от влажности бетонной смеси представлены в виде графиков, построенных по средним значениям прочности 3-х образцов (рис.1, кривые 1 и 2). Как видно из графиков на рис.1, при содержании влаги 10,5% прочность бетонной смеси имеет очень низкие значения как для образцов первой партии, так и второй, и составляет лишь около 20 МПа. При такой влажности бетонная смесь, являясь тестообразной массой, практически не уплотняется, так как её межзерновое пространство полностью заполнено жидкостью, ограничивающей дальнейшее уплотнение смеси.

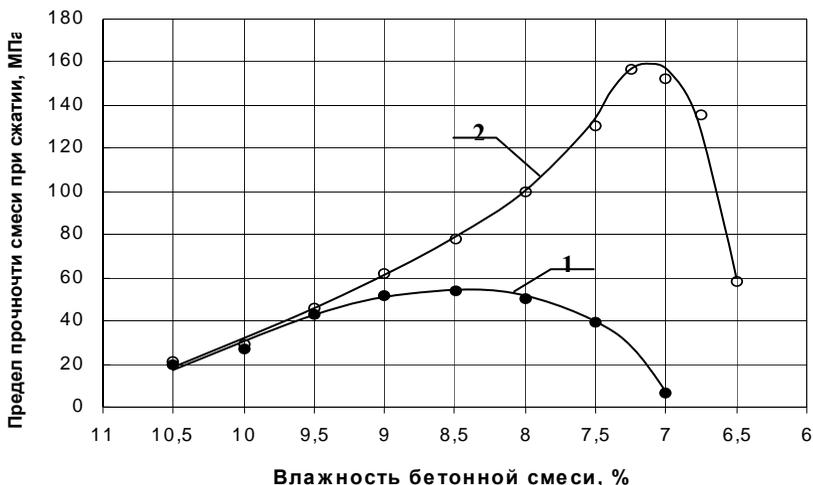


Рис.1. Зависимость прочности при сжатии бетонной смеси от её влажности.

1 – уплотнение смеси при 3-х ударах лабораторного копра; 2 – уплотнение до появления на торцах образца выдавливаемой из смеси влаги.

При содержании влаги менее 10,5% прочность обеих партий образцов повышается, увеличиваясь примерно одинаково до влажности около 9,5%. При таких значениях влажности обе партии образцов уплотнялись при 3-

х ударах копра, достаточных для появления жидкости на торцах образцов. При дальнейшем снижении содержания влаги в смеси жидкость на торцах первой партии образцов, уплотняемых и далее при 3-х ударах копра, уже не появилась, что являлось признаком недостаточного и не полного их уплотнения.

В образцах второй партии прочность при сжатии бетонной смеси по мере снижения её влажности и увеличения количества ударов копра повысилась, особенно существенно после снижения содержания влаги менее 8%. Максимальная прочность образцов второй партии достигнута при влажности смеси 7,25% и составила около 160 МПа. Это почти в три раза выше максимальной прочности образцов первой партии, уплотненных при трех ударах копра и влажности бетонной смеси 8,5%, рис.1, кривые 1 и 2.

Полученные результаты свидетельствуют о значительных резервах повышения прочности и стойкости огнеупорных бетонных футеровок за счет обеспечения оптимальной их влажности в пределах 7–8% для данного состава бетонной смеси и повышения степени уплотнения. В особенности это относится к футеровке погружных фурм, испытывающих значительные механические нагрузки в процессе внепечной обработки чугуна.

1. *Эффективность десульфурации чугуна и усвоения магния в процессах ковшевой обработки* / А.Ф. Шевченко, Б.В. Двоскин, Л.П. Курилова и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 2002. – № 5. – С.12–14.
2. *Повышение стойкости фурм на установках внедоменной десульфурации чугуна гранулированным магнезиом* / Н.Н. Днепренко, А.В. Остапенко, И.Я. Емельянов. // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 1978. – № 3. – С.76–77.
3. *Повышение стойкости продувочных фурм при внепечной десульфурации чугуна* / А.Ф. Шевченко, Н.Н. Днепренко, Г.М. Дроздов, А.В. Зотов. // *Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии.* – Киев. – Наукова думка. – 2001. – Вып.5. – С.109–112.
4. *Низкоцементные огнеупорные бетоны корундового и алюмосиликатного составов* / Л.М. Аксельрод, И.В. Егоров, Н.А. Чуприна // *Огнеупоры и техническая керамика.* – 1998. – № 9. – С.40–42.
5. *Среднецементный жаростойкий бетон – перспективный материал для футеровок тепловых агрегатов* / С. Гоберис, И. Пунделе // *Огнеупоры и техническая керамика.* – 2002. – № 10. – С.30–34.
6. *Огнеупорные бетоны отечественного производства для футеровки элементов тепловых агрегатов внепечной обработки стали* / В.В. Примаченко, В.В. Мартыненко, Л.А. Бабкина и др. // *Новые огнеупоры.* – 2002. № 8. – С.14–16.
7. *Освоение технологии производства огнеупорных бетонных изделий для тепловых агрегатов* / Н.А. Босякова, Ф.Ф. Очеретнюк, З.Г. Тимофеева и др. // *Огнеупоры и техническая керамика.* – 2002. – № 1. – С.16–18.

*Статья рекомендована к печати д.т.н. Д.Н.Тогобицкой*