

УДК 666.945

И.С. Хрипачева, инж., канд. техн. наук, М.С. Гаркави, проф., д-р техн. наук,
А.В. Артамонова, инж., (nav1985@mail.ru), К.М. Воронин, доц., канд. техн. наук,
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
А.В. Артамонов, гл. технолог, канд. техн. наук, ЗАО «Урал-Омега», Россия

Цементы центробежно-ударного измельчения

РЕФЕРАТ. Установлено влияние способов измельчения на активность композиционных и шлакощелочных цементов на основе электросталеплавильных шлаков, изучены строительно-технические свойства вяжущих центробежно-ударного измельчения. Показано влияние вида стабилизации шлаков на физико-механические показатели композиционных и шлакощелочных цементов.

Ключевые слова: центробежно-ударное измельчение, композиционный цемент, шлакощелочной цемент, электросталеплавильный шлак.

Keywords: centrifugal-impact grinding, composite cement, slag-alkali binder, electric steel slag.

В настоящее время одним из основных направлений развития цементной промышленности является разработка эффективных путей экономии топливно-энергетических ресурсов. К этой проблеме относится также вопрос рационального использования сырьевых и вторичных материалов промышленности, применяемых при производстве вяжущих веществ.

На протяжении многих лет исследователи стремятся заменить часть дорогостоящего клинкера на наиболее дешевые и доступные минеральные компоненты, а зачастую и вовсе избежать его применения. Использование бесклинкерных, малоклинкерных и смешанных вяжущих является актуальной задачей в связи со значительным снижением материало- и энергоёмкости производства, а также возможностью получать материалы с рядом специфических свойств.

Наиболее изучены и предпочтительны в строительной индустрии такие минеральные компоненты неорганического состава, как зола-унос, измельченный гранулированный доменный шлак, природные пуццоланы и микрокремнезем [1–5]. В то же время в отвалах металлургических заводов страны накоплен значительный запас такого ценного вторичного минерального сырья для производства строительных материалов, как сталеплавильные шлаки, применение которых в цементной промышленности затруднено из-за недостаточной изученности их свойств и невысокой гидравлической активности таких шлаков вследствие того, что C_2S находится в них в виде кристаллических фаз [6].

Многолетними исследованиями установлено, что на гидравлическую активность металлургических шлаков влияют такие факторы, как минеральный состав, условия охлаждения и химическая активация. Кроме того, удельная поверхность и гранулометрический состав шлаков в значительной степени определяют свойства вяжущих на их основе. Однако повышение активности шлака связано не только с его высокой удельной поверхностью, но и с наибольшими плотностью дислокаций и концентрацией дефектов на поверхности мелких частиц. С ростом дефектности частиц шлак переходит в неравновесное состояние, что приводит к снижению его химической устойчивости и интенсификации целого ряда физико-химических процессов, в том числе и повышению гидратационной активности шлаковых минералов [7]. Поэтому измельчение материалов нельзя рассматривать только как изменение размера частиц. Это сложный физико-химический процесс, при котором увеличивается потенциальная энергия вещества и повышается его химическая активность вследствие увеличения поверхностной энергии и энергии внутреннего строения.

В результате измельчения материала поверхность зерен содержит множество дефектов в виде субмикро- и микротрещин. Разрушение зерен в начале гидратации происходит и развивается на дефектах, а также сопровождается движением дислокаций. Скорость этого движения определяется физической и химической природой поверхности минералов, границами их фаз, содержанием в кри-

сталлах примесных элементов. В свою очередь, рост трещины эквивалентен непрерывному распределению дислокаций в объеме твердой фазы. У шлака с дефектами энергия гидратации частиц выше, чем у более совершенных по структуре минералов [8]. Число и концентрация дефектов зависят от способа механического воздействия на материал, т. е. от способа измельчения.

В настоящее время существует множество вариантов помольного оборудования: шаровые, валковые, струйные, роторно-центробежные, центробежно-ударные, вибрационные мельницы, дезинтеграторы и т. д. Элементарные акты измельчения материала осуществляются созданием в частицах предельных напряжений сдвига путем сдавливания, удара или среза. Кинетическая энергия сообщается либо непосредственно мелющим телам (молотковые, щековые дробилки, центробежно-ударные, дезинтеграторные мельницы), либо корпусу мельницы, от которого она передается свободным шарам, стержням или кускам материала посредством трения, центробежного эффекта и с использованием сил тяжести (вращающиеся шаровые и стержневые мельницы самоизмельчения, отражательные дробилки) или инерционных сил (вибрационные и планетарные мельницы). Любой способ измельчения обладает теми или иными недостатками, поэтому его выбор должен осуществляться с учетом конкретных целей, свойств измельчаемого материала, требований к готовой продукции, производственной мощности и назначения предприятия.

Наиболее эффективным вариантом для помола материалов разной степени абразивности и твердости является центробежно-ударное измельчение с использованием центробежно-ударных мельниц [9, 10], в которых совмещены две высокоэффективные системы: центробежно-ударного измельчения и воздушной классификации. Так как из рабочего органа мельницы удаляется готовый продукт, удовлетворяющий заданному условию крупности, сразу после его измельчения не происходит переизмельчения материала, и энергоёмкость процесса снижается. Мельницы обладают высокой энергонапряженностью и большой скоростью распределения ударной волны в материале, которые уменьшают ре-