

3. Пушин В.Г., Прокошкин С.Д., Валиев Р.З. и др. Сплавы никелида титана с памятью формы. – ч.1. Структура, фазовые превращения и свойства. Под. ред. Пушина В.Г., 2006 г.
4. Корнилов И. И., Качур Е. В., Белоусов О. К. Дилатометрическое исследование превращения в соединении TiNi // Физ. мет. и металловед. 1971. Т. 32, № 2. С. 420-422.
5. Рубаник В.В., Клубович В.В., Рубаник В.В. мл. Тепловизионные исследования обратного мартенситного превращения под действием ультразвуковых колебаний в TiNi // Механизмы деформации и разрушения перспективных материалов. - сб. мат. 35 семинара «Актуальные проблемы прочности». - Псков, 1999. – С.561-564.
6. М.А.Хусаинов, О.Ю. Волнянская. Влияние режима предварительного термоциклирования на деформационно-силовые параметры сплава с памятью формы. // Науч. труды V междунар. семинара «Современные проблемы прочности» им. В.А.Лихачева. – В.Новгород, 2001, т. 2 – С.123-127.

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ОГНЕУПОРНЫХ СУХИХ СМЕСЕЙ

Самолётов В.Г

*Институт технической акустики НАН Беларуси, г. Витебск,  
[ita@vitebsk.by](mailto:ita@vitebsk.by)*

В настоящее время собственного производства огнеупоров в Беларуси нет. Необходимость отраслей народного хозяйства в данной продукции, основными потребителями которой являются металлургия и промышленность строительных материалов, удовлетворяется за счет импорта. Работа является продолжением исследований по разработке импортозамещающей технологии производства огнеупорных строительных смесей с использованием отечественной сырьевой базы [1–3]. Качество готовой продукции существенно зависит не только от состава смесей, но и от параметров таких процессов, как сухое перемешивание и прессование. Особенно это актуально при использовании таких микродобавок как карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ) и пластификаторы, которые должны быть равномерно распределены по объему смеси. Положительное влияние КМЦ состоит в том, что каждая молекула полимера может удерживать до 20 тыс. молекул воды. Фактически вода в растворе заменяется гомогенным желеобразным раствором метилцеллюлозы, в котором взвешены частички вяжущего компонента и заполнителя. Высокая водоудерживающая способность такой системы препятствует преждевременному обезвоживанию поверхности покрытия и способствует раствору набирать необходимую прочность даже при тонкослойном нанесении. Применение пластификаторов придает раствору хорошую подвижность и прессуемость, а также снижает количество используемой воды, что повышает прочность изделия на сжатие, а также уменьшает капиллярную пористость затвердевшего раствора. Необходимые для положительного эффекта концентрации КМЦ и пластификаторов составляют  $0,3 \pm 0,7\%$  [4-7].

Сегодня, в производстве сухих строительных смесей наиболее широкое распространение получили циклические смесители с горизонтальным валом. Именно этот тип смесительного оборудования наиболее часто используется на отечественных предприятиях.

Для классификации смесителей по реализуемому ими режиму смешивания обычно используется безразмерный критерий Фруда [4]:

$$Fr = R\omega^2/g, \quad (1)$$

где  $R$  – максимальный радиус рабочего органа (м);  $\omega$  – угловая скорость вращения (рад/с);  $g$  – ускорение свободного падения (м/с<sup>2</sup>).

В целом, безразмерный критерий Фруда представляет собой соотношение силы тяжести и центробежной силы, которые действуют на отдельные частицы материалов в процессе их перемешивания.

В экспериментах по смешиванию использовали смесители, обеспечивающие два режима перемешивания. Первый вариант – шаровая мельница LE – 101 производства Венгрии, обеспечивает режим перемешивания с  $F_r < 1$  (рис. 1).



Рис. 1. Шаровая мельница LE-101 в сборе

В качестве второго варианта смесителя использовали кухонный комбайн Scarlet рабочий инструмент которого имеет скорость вращения 1500 об/мин и обеспечивает условие  $F_r > 3$ , такой вариант реализуется в промышленных деагломераторах (рис. 2).



Рис. 2. Комбайн Scarlet

Исследования показали, что применение шаровой мельницы не обеспечивает равномерное распределение гидратообразующих компонентов и КМЦ по объему покрытия, поэтому такие покрытия имеют вздутия и шелушение даже при использовании КМЦ, в то время как комбайн Scarlet позволяют получать качественное покрытие без дефектов.

Исследовали также влияние режимов полусухого прессования исходной шихты с добавкой пластификатора С-3 (ТУ 6-36-0204229-625-90) и без него. Синтезированные образцы испытывали на прочность, термостойкость и исследовали фазовый состав. Исследования показали, что применение пластификатора снижает усилие прессования, повышает прочность изделия на сжатие, а также уменьшает капиллярную пористость затвердевшего раствора.

#### Список литературы

- 1 Клубович В.В. Разработка состава огнеупорного покрытия для защиты футеровки сушильных печей / В.В.Клубович, В.В.Рубаник, В.Г.Самолетов // Технология литья и металлургия (К 40-

- летию Института металлов НАН Беларуси) / Сборник научных трудов общ. ред. Е.И. Маруковича. – Минск: Беларус. навука, 2010. – С 11-26.
2. Клубович В.В. СВС-покрытие для защиты футеровки сушильных печей / В.В.Клубович, В.В.Рубаник, В.Г.Самолетов // 50-й Международный научный симпозиум «Актуальные проблемы прочности», 27 сентября – 1 октября 2010 года, Витебск, Беларусь / Сборник материалов. – Витебск: ВГТУ – 2010. – Ч. 2. – С. 189-191.
  3. Клубович В.В. Исследование процесса стабилизации доломита при синтезе СВС-огнеупоров с ультразвуковой механоактивацией исходной смеси / В.В. Клубович, В.В. Рубаник, В.Г. Самолётов // IV Международная научно-техническая конференция «Современные методы и технологии создания и обработки материалов» ФТИ НАН Беларуси, 14-16 сентября 2011 г. / Сборник научных трудов под общ. ред. С.А. Астапчика и др. – Минск: изд. ФТИ, 2011. – Ч. 2. – С. 325-329.
  4. Bekedorf A. Метилцеллюлоза для гипсовых штукатурок и шпатлевок / A. Bekedorf // <http://www.wolff-cellulosics.com>.
  5. Ланге В. Метилцеллюлоза Walocel M улучшает качество систем сухих строительных смесей / В. Ланге // Строительные материалы. 1999. №3. -С.38-39.
  6. Парикова Е.В. Шпатлевочные составы, модифицированные органоминеральными добавками /Е.В.Парикова // Современные материалы и технологии в строительстве. Юбилейный двадцать пятый Международный сборник научных трудов. Новосибирск: НГАСУ 2003. - С.98-99.
  7. Фаликман В.Р. Новое поколение суперпластификаторов / В.Р. Фаликман, А.Я. Вайнер, Н.Ф. Башлыков // Бетон и железобетон. 2000. №5. С. 5-7.

## ФАКТОРЫ НЕОДНОРОДНОСТИ ВЯЗКОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ

Кудря А. В., Соколовская Э. А., Скородумов С. В., Траченко В. А.

НИТУ «МИСиС», Москва, РФ  
[AVKudrva@misys.ru](mailto:AVKudrva@misys.ru)

Вязкость конструкционных сталей определяется широким диапазоном масштабов структур: от наносегрегаций примесей, провоцирующих зернограничную хрупкость в улучшаемой стали, до дальних последствий ликвации (мезомасштаб структур), приводящих к изменению условий зарождения вязкого излома [1], и совместного влияния разномасштабных структур на разрушение, например, одной из причин образования шиферообразного излома в стали 16Г2АФ [2].

Однако отсутствие необходимой глубины понимания природы разрушения разнообразных структур исходя из статистики их геометрии, затрудняет оценку факторов, лимитирующих уровень вязкости, в т.ч. из-за недостаточного распространения средств и методов массового и документированного измерения структур и изломов.

В этой связи является актуальным оценка факторов неоднородности вязкости конструкционных сталей с использованием компьютеризированных средств наблюдения и измерения структур и разрушения.

В работе предлагаемые подходы апробированы для широкого класса конструкционных сталей (15Х2НМФА, 40Х2Н2МА, 38ХН3МФА, 16Г2АФ, трубные стали различной категории прочности), охватывающих широкий спектр состояний поставки: от поковок с развитой литой структурой до листа, с развитой иерархической лестницей разномасштабных структур.

Это позволило, в частности, установить закономерности косвенного влияния дендритной ликвации на колебания пластичности и вязкости широкого спектра конструкционных сталей (от поковок до листа) через дальние её последствия, в частности, нитки сульфидов вытянутые вдоль прокатки и полосчатую микроструктуру (сталь 16Г2АФ); класте-