

дающееся повышение мутности объясняется увеличением количества нерастворимого полимер-коллоидного комплекса (ПКК), образующегося в результате электростатического связывания анионов ПАВ катионными центрами макромолекул, в результате чего наступает прогрессирующая коагуляция латекса. Точка максимума этих кривых ( $C_m$ ) отвечает насыщению всех катионных центров и максимальной гидрофобизации макромолекулярного клубка. При дальнейшем увеличении концентрации КПЭ (правая ветвь кривых  $\tau_1$ - $C_{\text{КПЭ}}$ ) происходит снижение мутности, что обусловлено увеличением растворимости ПКК вследствие гидрофобного взаимодействия ионов ПАВ с углеводородными фрагментами макромолекул с ориентацией полярных групп к водной фазе. За счет такой «адсорбции» ионов происходит гидрофилизация макромолекул, а также их перезарядка, что в совокупности приводит к разрушению агрегатов ПКК и рестабиллизации латекса.

Обращает на себя внимание резкое различие характера кривых зависимости  $\tau_1$  от  $C_{\text{Доб}}$  изучаемого КПЭ (в отличие от известных литературных данных), что проявляется в наличии 4-х – 5-ти максимумов. Это, впервые обнаруженное для полимерных коагулянтов явление, может иметь два объяснения. Во-первых, состав эмульгаторов латекса СКС – 30 АРК сложен, он включает в себя парафинаты, дрезинаты, лейкоанол. Кроме того, эти эмульгаторы не индивидуальны (например, лейкоанол состоит из 9 фракций, отличающихся молекулярной массой), поэтому может происходить поочередное оттитровывание анионных ПАВ при введении катионного флокулянта. Во-вторых, появление нескольких пиков можно связать с наличием в сополимере макромолекул с разным количеством катионных групп. Для проверки правильности одного из предположений были поставлены эксперименты с одной из фракций катионного полиэлектролита ВПК-402. Были получены кривые  $\tau_1$  от  $C_{\text{Доб}}$  с несколькими пиками, что подтверждает правильность первого предположения, связанного со сложным составом эмульгаторов латекса СКС-30 АРК. Обнаруженное явление может с успехом использоваться как тест на индивидуальный характер эмульгаторов, используемых в различных областях промышленного производства.

#### Список литературы

1. Баран А.А. Полимерсодержащие дисперсные системы. – Киев: Наукова думка, 1986. – 204 с.
2. Вережников В.Н., Никулин С.С., Пояркова Т.Н., Мисин В.М. // ЖПХ. – 2001. – Т. 74, Вып. 7. – С. 1191-1194.
3. Никулин С.С., Пояркова Т.Н., Мисин В.М. // ЖПХ. – 2004. – Т. 77, Вып. 6. – С. 996-998.

### КОМПЛЕКСНОЕ ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ НИЗКОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ ПУТЕМ ОБЪЕМНОГО НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЯ

Яковлева С.П., Махарова С.Н.,  
Мордовской П.Г., Борисова М.З.

*Институт физико-технических проблем Севера  
им. В.П. Ларионова СО РАН, Якутск,  
e-mail: s.p.yakovleva@iptpn.ysn.ru*

Создание материалов, обладающих оптимальным сочетанием свойств в тех или иных условиях эксплуатации, – одна из актуальных задач современного материаловедения. Среди наиболее эффективных методов повышения эксплуатационных свойств металлических материалов – уменьшение среднего размера зерна. Используя методы интенсивной пластической деформации равноканальным угловым (РКУ) прессованием, можно добиться целенаправленного формирования нано- и субмикроструктур.

Ранее нами была исследована возможность применения комбинированной обработки холодным (при 20 °С) РКУ прессованием с последующим отжигом для получения объемных беспористых ультрамелкозернистых сплавов с нанокристаллическими элементами структуры. По результатам этих исследований были сделаны выводы о формировании при использованных режимах в ферритно-перлитной стали 09Г2С субмикроструктурных и наноразмерных (первые десятки нанометров) элементов структуры. Получение субмикроструктурной структуры, упрочненной наночастицами карбидов, обусловило достижение высокопрочного состояния стали 09Г2С: при режиме «холодное РКУП + отжиг при 350 °С» предел текучести и предел прочности увеличились втрое и составили соответственно 985 и 1400 МПа; относительное удлинение при этом снизилось до 3% [1].

**Цель данной работы** – экспериментальное обоснование перспективности применения метода холодного РКУ прессования с последующим низкотемпературным отжигом для повышения комплекса эксплуатационных свойств (прочности, ударной вязкости, износостойкости) стали 09Г2С, в том числе при умеренно низких температурах.

#### Материал и методика эксперимента

Эксперименты проведены на широко используемой в условиях холодного климата стали 09Г2С. Для холодного РКУ прессования при 20 °С использовали цилиндрические образцы Ø20×80 мм; угол пересечения каналов 90°, чис-

ло проходов 2. Образцы после РКУП отжигали в течение 1 часа при 350 и 450 °С.

Для определения ударной вязкости материала *KCV* использованы образцы Шарпи с размерами 5×10×55 по ГОСТ 9454-78; температуры испытаний 20° и –40 °С.

Испытания на износ в условиях трения скольжения проводились по схеме «диск-палец», граничная смазка – машинное масло. Контртело – диск Ø50 мм с газотермическим покрытием из порошка ПР-Н70Х17С4Р4. Нагрузка при испытаниях 170 Н, частота вращения вала 5 об/с. Массовый износ образцов измеряли поэтапно через определенное число циклов трения (всего 36000 циклов).

#### Основные результаты

При положительной температуре испытаний для всех ультрадисперсных состояний стали 09Г2С получено многократное увеличение ударной вязкости: значение *KCV* при 20 °С повысилось до 0,45–0,63 МДж·м<sup>-2</sup> против 0,22 МДж·м<sup>-2</sup> в исходном крупнозернистом состоянии; при –40 °С ударная вязкость сохранилась неизменной (в среднем, как и для исходного состояния, *KCV* = 0,13 МДж·м<sup>-2</sup>).

Исследование трибологических свойств в условиях трения скольжения стали 09Г2С в зависимости от уровня дисперсности ее структуры показало, что появление наноразмерных карбидных частиц в субмикроструктурной структуре значительно улучшило износостойкость: массовый износ и интенсивность изнашивания уменьшились более чем в 2 раза, причем на стадии приработки для материала, обработанного по режиму «холодное РКУП + отжиг при 350 °С», снижение массового износа составило 2,7 раза, интенсивности изнашивания – 3,4 раза. Повышение общей износостойкости при росте ее значения на стадии приработки считается более благоприятным с позиций трибологии.

**Выводы.** Нано-, субмикроструктурные структуры, образующиеся в стали 09Г2С при холодном РКУ прессовании в сочетании с низкотемпературным отжигом, обеспечили технически значимое улучшение комплекса эксплуатационных свойств: прочности (до 3 раз), сопротивления хрупкому разрушению (при комнатной температуре ударная вязкость *KCV* повысилась в ~3 раза, при –40 °С сохранилась неизменной) и износу (массовый износ и интенсивность изнашивания снизились более чем в 2 раза).

Исследования выполнены при финансовой поддержке Программы фундаментальных исследований президиума РАН (проект 7.3).

#### Список литературы

1. Яковлева С.П., Махарова С.Н. Механические свойства стали 09Г2С при низкотемпературном отжиге после холодного равноканального углового прессования // Изв. Самарского научного центра РАН. – 2010. – Т. 12, № 1. – С. 589-591.

### ВЛИЯНИЕ СОСТАВА МАТРИЦЫ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ АЛМАЗОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ВЗРЫВНЫМ ПРЕССОВАНИЕМ

Яковлева С.П., Махарова С.Н., Васильева М.И.  
*Институт физико-технических проблем Севера им.  
В.П. Ларионова СО РАН, Якутск,  
e-mail: s.p.yakovleva@iptpn.yasn.ru*

Важной задачей при изготовлении алмазо-содержащих материалов для рабочих элементов алмазного инструмента является выбор связующего материала, который должен иметь определенные вязкоупругие и пластические свойства, обеспечивающие оптимальную его износостойкость и жесткость закрепления зерен алмаза в связке при ведении обработки. В данной работе представлены результаты исследования износостойкости алмазometаллических композитов (АМК), полученных взрывным прессованием (ВП) с последующей термообработкой (ТО), при изменении состава матрицы.

Возможности ВП для создания АМК связаны с экстремальностью процессов, протекающих при высоких давлениях, скоростях, температурах, когда в результате практически мгновенного высокоинтенсивного воздействия на порошки происходят их уплотнение, нагрев и деформирование, сопровождающиеся контактообразованием между частицами. В ИФТПС им. В.П. Ларионова СО РАН разработана технология получения износостойких АМК при ударно-волновом прессовании с последующей ТО смесей порошков природного алмаза и относительно дешевых порошков сплавов на основе железа [1-2]. Научные основы технологии базируются на следующих факторах: интенсивное упрочнение компонент металлической матрицы при ТО после ударно-волнового формования; возможность обеспечения лучшей сохранности алмазной компоненты, чем при традиционных способах спекания; высокое алмазоудержание. Было выявлено, что происходящая на стадии взрывного формования высокоскоростная деформация порошков железоуглеродистых сплавов дает возможность целенаправленно воздействовать на их структуру и свойства (вследствие определенной «активации» порошковых частиц) при ТО, в результате чего твердость порошков значительно повышается. Кроме того, высокая энергетическая активность контактных участков способствует ускорению диффузионных процессов при спекании. Это позволило разработать составы двухкомпонентных матриц, сочетающих легкодеформируемые и высокопрочные порошки железоуглеродистых сплавов. Благодаря присутствию легкодеформируемой компоненты обеспечиваются монолитность прессовок и лучшая сохранность алмазной компоненты при воздействии взрыва. При