

увеличению износостойкости стали пропорционально объему фазовых превращений, если матрица не содержит алмазных зерен. Режущие свойства алмазного инструмента на основе этих же матриц, наоборот, были лучше у инструмента с меньшим объемом фазовых превращений. В противном случае величина зоны фазовых превращений намного значительнее, образуются фазы с очень высокой микротвердостью, препятствующие нормальной работе алмазного зерна.

Эксплуатационные свойства определялись при работе инструментов в лабораторных и производственных условиях, результаты которых были адекватны. Производственные испытания алмазного инструмента с фуллеридами и оптимальным содержанием метастабильного аустенита при резке мраморов типа Коелгинского показали, что удельный расход алмазов даже без обработки холодом составляет порядка 0,05 карат/м<sup>2</sup>, что в 3 раза меньше нормы для синтетических алмазов. Выпущены опытные партии нового инструмента.

Другой предпосылкой достижения высоких эксплуатационных свойств является низкотемпературный синтез на стадии спекания металлофуллеритов. В результате гидрогенолиза в порах образуется насыщенная углеводородами среда, которая вследствие каталитического воздействия железа, высоких напряжений в локальных микрообъемах пор матрицы и при фазовых превращениях способна формировать фуллериты. Выбранные режимы позволяют совместить спекание и синтез металлофуллеритов (ГЦК-фазы) с параметром решетки немногим более 14 и 12 Å.

В зависимости от способа получения и скорости охлаждения фуллерены или их производные могут выполнять функции твердой смазки или упрочняющей фазы. Для выяснения роли металлофуллеритов в настоящем эксперименте и возможности сопоставления полученных результатов с данными испытаний карбидосталей были проведены испытания на износ по Огоши. Добавки фуллерена оказывают заметное положительное влияние на триботехнические характеристики при равном содержании алмазов в образцах. Судя по полученным результатам, металлофуллерит, синтезированный при низкой температуре (850 °С), может, как и фуллерен, оказывать влияние, аналогичное твердым смазкам.

Таким образом, реализация на контактной поверхности при трении по абразиву алмазного инструмента деформационного аустенито-мартенситного превращения способствовала закреплению твердых фаз и увеличению абразивостойкости за счет расхода части энергии контактного взаимодействия на образование мартенсита деформации. Удельный расход алмазов качественно коррелировал с объемом деформационного мартенситного превращения. Синтез на стадии спекания даже относительно небольшой концентрации металлофуллеритов (3-5 об. %) благоприятно влияет на триботехнические свойства алмазного инструмента.

*Орехова А.Ю., Никитина Е.А., Егорова Е.А., Солтовец Г.Н.,  
Учреждение образования «Витебский государственный  
технологический университет» г. Витебск, Республика Беларусь*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДИСПЕРГИРУЮЩИХ И ДЕСТРУКТИРУЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА РЕЦИКЛИНГ ОТХОДОВ ИСКУССТВЕННЫХ КОЖ

В настоящее время разработано достаточное количество технологических процессов, ставящих своей целью рециклинг полимерных отходов с последующим вторичным использованием. Большинству из них присущ существенный недостаток, заключающийся в ориентации указанных процессов на переработку большого количества отходов. Эти технологические процессы используются в основном на предприятиях-производителях, и ставят своей целью переработку бракованной продукции и возврат используемых материалов в основное производство. Экономическая эффективность подобных технологий рециклинга напрямую зависит от объемов перерабатываемого сырья. Поэтому попытки использования указанных техпроцессов в условиях предприятий-потребителей продукции, где объемы отходов невелики, не приносят желаемого эффекта.

Наиболее оптимальным вариантом в подобных случаях является применение метода термомеханического рециклинга, суть заключается в создании нового композиционного материала, состоящего из отходов производства, при условии, что хотя бы один компонент является термопластичным материалом. Подбор различных наполнителей, в роли которых выступают термопластичные отходы, позволяет варьировать физико-механические свойства получаемого композита. В результате появляется возможность расширения сферы применения выпускаемой продукции. Этот путь является наиболее экономически целесообразным ввиду широкой гаммы

материалов, применяемых на предприятиях легкой промышленности. Однако, для того, чтобы подобная технология была экономически эффективна, необходимо максимально снижать все возможные затраты на осуществление процесса переработки.

В Витебском государственном технологическом университете была разработана технология переработки отходов искусственных кож посредством метода термомеханического рециклинга [1]. Было установлено, что наиболее существенное диспергирующее воздействие на получаемый материал и соответственно его прочностные параметры оказывает процесс переработки на шнековом экструдере. Вторым негативным фактором может быть деструкция поливинилхлорида, которая протекает в процессе переработки, в результате температурного воздействия.

При проведении работ по оценке влияния деструктирующих параметров шнекового экструдера на эксплуатационные свойства получаемых материалов использовались ранее полученные фотографии разволокненных образцов материалов, которые позволили визуально установить изменение длины волокон от кратности переработки. Естественно, что подобное заключение неизбежно имеет некоторую степень субъективизма. Визуальный способ оценки длины волокна по полученным изображениям, хоть и позволяет сделать общую оценку влияния технологических факторов на степень диспергации, все же не дает возможности получить количественные показатели. Вместе с тем, имеющиеся в настоящее время возможности позволяют по каждому из изображений, произведя ряд соответствующих измерений, получить в одинаковых масштабных (относительных, либо абсолютных) единицах среднее значение длины армирующего волокна.

Оценка длин волокон осуществлялась по следующей схеме:

Во-первых, исходные изображения, представляющие собой растровую графику, подвергали обработке в графическом пакете, при этом на изображениях идентифицировались и оставлялись только изображения, относящиеся к волокнам. Вся остальная информация с изображений удалялась.

Во-вторых, растровая графика переводилась в векторный формат. Данный этап необходим для автоматизированного подсчета длин волокон на полученных изображениях.

В-третьих, осуществлялось определение количества объектов и их длин на полученных векторных изображениях.

Для поставленных в исследовании целей достаточно, после обычной статистической обработки, рассчитать среднюю длину волокна на каждом из изображений в условных единицах длины и сравнить данные друг с другом. Кроме того, в случае необходимости достаточно легко оценить также истинную длину участков волокон, пересчитав описанным выше способом длину отрезка, соединяющего соседние штрихи линейки на шкале окуляра микроскопа, которая достаточно четко видна на изображениях.

Статистическая обработка числовых значений главным образом сводилась к исключению «выскакивающих» значений и определению доверительных интервалов при определении среднего. По результатам было построено два графика в осях «количество переработок» – «средняя длина армирующего волокна». С целью сравнительного анализа графики по дробленным и резаным образцам совмещались. Анализ построенных графиков показал, что обе кривые в целом соответствуют наблюдающемуся изменению прочности в зависимости от тех же факторов.

Во-первых, средняя длина участков волокон резаных образцов больше, чем дробленных; что, как и предполагалось, объясняется различием в механической прочности дробленных и резаных образцов.

Во-вторых, с увеличением кратности переработки как для резаных, так и для дробленных образцов средняя длина волокна уменьшается. Таким образом, подтверждается предположение о диспергирующем воздействии шнека. Наблюдаемый рост прочности образцов вплоть до 3-4-кратной переработки можно объяснить хорошо известным гомогенизирующим свойством экструзии – смесь хорошо перемешивается, становится более однородной, свойства образцов улучшаются в сторону большей равномерности прочностных показателей. Очевидно, что указанный диапазон так называемого «улучшения» свойств свидетельствует скорее о недостатках шнекового экструдера, используемого для получения экспериментальных образцов. В дальнейшем, когда смесь уже достигает достаточной степени однородности, на прочность образцов большее воздействие начинает оказывать диспергирующее свойство шнека, которое однозначно свидетельствует о полной взаимосвязи длины волокна наполнителя на прочностные параметры композиционного материала.

Таким образом, полученные результаты являются хорошим подтверждением того, что именно диспергирующие способности шнекового экструдера являются самым «негативным» из имеющихся факторов, оказывающих влияние на окончательные свойства получаемых материалов. Именно данными обстоятельствами можно объяснить снижение прочностных показателей, в зависимости от кратности переработки. Полученные данные являются весьма важными, поскольку позволяют осуществить иной подход к начальным установочным параметрам, закладываемым не только в

технологический процесс переработки, но и в техническое задание на разработку специализированного оборудования, применяемого для осуществления процесса рециклинга.

#### **Литература:**

1. Никитина Е.А., Буланова С.Ю., Солтовец Г.Н., Матвеев К.С., Егорова Е.А. Разработка методики изучения структуры композиционных материалов / Тезисы докладов XXXVII научно-технической конференции преподавателей и студентов университета // УО «ВГТУ». – Витебск: УО «ВГТУ», 2004. – 120 с.

Осадчий Я.Г., Русинович Ю.И., Трошин В.П.,  
ЗАО НПП «МАШТЕСТ», г. Королев, М.О.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ МЕТАЛЛОКОМПОЗИТНЫХ БАЛЛОНОВ

Пожарные части, подразделения гражданской обороны, больницы, скорая помощь, газонефтеперерабатывающая отрасль, химические производства, горнодобывающая промышленность, транспорт, подводные работы, гостиницы, воздухоплавание и т.д. испытывают постоянную потребность в баллонах для хранения сжатого воздуха с рабочим давлением 29,4 МПа (300 кгс/см<sup>2</sup>).

Учитывая высокие требования к безопасности использования баллонов, находящихся под давлением сжатого воздуха, в процессе спасательных работ, к баллонам предъявляются особые требования, обеспечивающие надежную работоспособность:

- коэффициент запаса прочности больше 2,6;
- безосколочное разрушение при гидроиспытании;
- заданная циклическая долговечность;
- безосколочное разрушение баллона, заполненного воздухом с рабочим давлением, при простреле его пулей, после падения на острый предмет, после климатических воздействий и воздействия пламени.

Первоначально в дыхательных аппаратах использовались стальные баллоны из конструкционной стали типа 30 ХМА (34С<sub>2</sub>М<sub>0</sub>4). Однако при этом пустой баллон вместимостью 7 литров уже имеет массу 9,5-10 кг, что затрудняет работу боевых расчетов.

ЗАО НПП «Маштест» (Россия) поставило перед собой задачу максимально облегчить баллон. Работа проводилась в два этапа.

На первом этапе был создан металлокомпозитный баллон типа БК-7-300С со стальным лейнером, армированным композитом на основе стеклопластика, это позволило снизить массу баллона вместимостью 7 литров на 45% при сохранении всех потребительских качеств.

Второй этап – создание баллона типа БК-7-300АУ с лейнером из алюминиевого сплава, армированного композиционным материалом на основе углепластика, что позволило снизить массу баллона вместимостью 7 литров на 65% по сравнению с цельнометаллическим.

В настоящей статье приводятся методика отработки и прочностных расчетов конструкции обоих типов баллонов, а также результаты испытаний их при сертификации.

Отработка прочности комбинированных баллонов включает в себя проведение проектировочного и поверочного расчетов, а также натурные испытания. В отличие от металлического лейнера, характеристики композитной обмотки формируются в процессе проектирования, т.е. понятие проектирования расширяется, включая в себя проектирование ортотропного материала обмотки с учетом совместной работы с лейнером. В зависимости от характера укладки и чередования кольцевых и спиральных слоев возникает большое число вариантов, из которых необходимо выбрать такой, который удовлетворял бы всем поставленным условиям. Для такого проектировочного расчета баллонов используется специализированный программный комплекс МАШТЕСТ 1.4. Он позволяет рассмотреть различные виды намотки с учетом напряжений для возможных вариантов оправки, и рассчитать целиком весь корпус баллона, включая и днища. Для материала лейнера используется билинейная модель. Проводится определение усталостной прочности с учетом давления автофреттирования. Рассчитываются весовые и другие характеристики баллона.

С помощью программного комплекса МАШТЕСТ 1.4 удастся проследить совместное деформирование лейнера и композитной обмотки. Так, в баллоне БК-7-300С стальной лейнер берет на себя значительную часть нагрузки, в результате чего работа лейнера при рабочем давлении