

УДК 678.046:539.612

**В. В. Яценко**, кандидат химических наук, доцент (БГТУ);**О. М. Касперович**, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);**И. В. Прокопович**, старший научный сотрудник (ГУ «Научно-практический центр государственного комитета судебных экспертиз Республики Беларусь»);**И. Э. Брокарева**, студентка (БГТУ);**Е. В. Ефимова**, студентка (БГТУ)

### БРАК ПРИ ТЕРМОФОРМОВАНИИ СЛОИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Постоянный рост объемов производства пластмассовых изделий обуславливает необходимость утилизации отработанных изделий из них. Все больше производителей стремятся включать вторичное сырье и свои технологические отходы в полимерные композиции.

Смесевые полимерные материалы широко используются при получении термоформованных изделий из листов термопластов. Процесс термоформования является экономически эффективным, так как не требует значительных инвестиций в оснастку при изготовлении малых партий деталей.

В данной работе исследовались виды брака изделий практического использования, а именно ванн, изготовленных сочетанием методов термоформования и контактного формования из листов соэкструдированного АБС-пластика с полиметилметакрилатом.

Результаты исследования представленных образцов показали правдивость предположения о том, что в качестве сырья при изготовлении листов использовались вторичные материалы, что приводило к браку в готовых изделиях.

Steady growth of plastics industry necessitates the disposal of waste products from them. More and more manufacturers seek to include recycled materials and their technological waste in polymers compositions.

Blending polymeric materials commonly used in the preparation of thermoformed articles from sheets of thermoplastics. Thermoforming process is cost effective, as it requires a significant investment in tooling in the manufacture of small batches of parts.

In this study we investigated species discard practical use products, namely bath made by a combination of methods of thermoforming and contact molding coextruded sheets of ABS plastic with polymethylmethacrylate.

Results of the study showed the veracity of the submitted samples assumption that as a raw material in the manufacture of sheets used recycled materials, which led to marriage in the finished product.

**Введение.** В настоящее время пластмассы по объему производства занимают лидирующее положение среди сырьевых материалов, применение которых расширяется во всех областях экономики. В мире выпускается более 150 видов пластмасс. Намеченной перспективой определено увеличение производства пластмасс до 50 млн. т. Такой рост производства, переработки и применения пластмасс обуславливает необходимость утилизации отработанных изделий из них. Разработано значительное количество способов, методов, технологий вторичной переработки пластмасс с целью получения изделий. Все больше производителей стремятся использовать вторичное сырье и свои технологические отходы. При этом следует учитывать, что ассортимент получаемых из вторичного сырья изделий определяется в первую очередь свойствами сырья и качеством получаемых изделий.

Современные потребности общества определили нацеленность науки и промышленности на создание смесей пластмасс для получения материалов с требуемыми свойствами. Закономерности создания смесей и их свойства опре-

деляются влиянием ряда факторов в первую очередь материалами смеси.

В последнее время использование термоформованных изделий из многослойных материалов считается перспективным для изготовления изделий различного назначения: от деталей кабин автомобильной, тракторной, дорожно-строительной техники до бытовых ванн. Термоформование – это изменение формы плоских заготовок (листов или пленок) из термопластичного полимерного материала при повышенных температурах в объемные формованные изделия.

Процесс термоформования состоит из следующих этапов:

- нагревание формуемого материала до температуры высокоэластического состояния;
- формование на специальной оснастке для термоформования;
- охлаждение в форме до температуры, при которой конфигурация отформованного изделия приобретает стабильные размеры;
- извлечение из формы готового изделия.

Толщина формуемых листов может колебаться от 0,05 до 15,00 мм [1].

Процесс термоформования является экономически выгодным, так как не требует значительных инвестиций в оснастку при изготовлении малых партий деталей. Проблема заключается в особых требованиях к прочности, ударной нагрузке отформованного изделия. Условия эксплуатации, эстетические требования к изделию определяют использование соэкструдированного АБС-пластика с полиметилметакрилатом (ПММА). АБС-пластик обладает необходимой ударной прочностью, а слой ПММА предотвращает старение под действием ультрафиолетового излучения и придает поверхности «зеркальный» блеск [2].

**Основная часть.** В данной работе исследовались виды брака изделий практического использования, а именно акриловых ванн, изготовленных сочетанием методов термоформования и контактного формования из листов толщиной 3,4 мм.

Образцами для исследования прочности на растяжение, относительного удлинения были трехслойные листы, состоящие из слоев ПММА, АБС-пластика и наполненной стекловолокном полиэфирной смолы, от разных производителей. Однако существенным недостатком при переработке данного материала является неравномерность распределения поля температур во время нагревания листа пластмассы в связи с композитным составом перерабатываемого материала и последующая неравномерная вытяжка в разных частях готового изделия.

Образцы были вырезаны из отформованных деталей в трех различных местах, подвергающихся различной вытяжке, в результате были получены образцы 1.1, 1.2, 1.3 – из первого образца и 2.1, 2.2, 2.3 – из второго образца, и были исследованы на прочность при разрыве, относительное удлинение при растяжении и растворимость по стандартным методикам табл. 1, табл. 2.

Анализ физико-прочностных свойств исследуемых образцов показал существенное их различие для материалов, изготовленных разными производителями. Это может быть связано с использованием вторичного сырья в составе компонентов листового материала. Для подтверждения данного предположения исследовалась стойкость материалов к растворителям. Испытания материалов показали разную устойчивость к растворителям при комнатной температуре и при температуре кипения растворителей. Результаты исследований приведены в табл. 3.

Набухание и растворение АБС-пластика в растворителях подтверждает предположение, что в качестве сырья для изготовления листов от второго и третьего производителей использовалось сырье, содержащее в составе вторичный материал. Известно, что при изготовлении регранулята возможно попадание различных примесей, в частности, примесей других полимеров, устойчивость которых к растворителям определяет поведение материала в процессе набухания [3].

Таблица 1

Общая характеристика материала

Образец	Общая толщина	Слой АБС, мм	Слой ПММА, мм	Слой полиэфирной смолы, мм
№ 1 – лист от производителя 1	5	3	1	1
№ 2 – лист от производителя 2	4	1,1	0,15	2,75
№ 3 – лист от производителя 3	4,15	3,8	0,35	Нет

Таблица 2

Прочность при разрыве для разных образцов акриловых ванн

Образец	Относительное удлинение, %	Прочность при разрыве, МПа	Наблюдения
1.1	15	68,2	Разорвался
1.2	5,6	42,8	Разорвался
1.3	9,2	66,1	Разорвался
2.1	6,5	11,1	Расслоился
2.2	8,6	13,6	Расслоился
2.3	7,5	9,5	Расслоился

Таблица 3  
Растворимость образцов АБС-пластика

Номер образца	Ксилол	Ацетон	Толуол
1	Не растворился	Не растворился	Не растворился
2	Растворился	Набух	Набух
3	Не растворился	Растворился	Набух

Для определения наличия в АБС-пластике вторичного сырья и примесей полимеров сни-

мались ИК-спектры (ИКС) набухших и высушенных образцов.

Образцы отбирались с помощью микрокальпеля и препаровальной иглы в поле зрения микроскопа и помещались на окно алмазной кюветы. Спектры были измерены на ИК-Фурье спектрофотометре VERTEX 70 фирмы BRUKER с приставкой для алмазной кюветы фирмы Pike с разрешением  $4\text{ см}^{-1}$  после усреднения накопленной спектрограммы, содержащей 32 сканирования. Спектры были записаны в диапазоне  $4000\text{--}400\text{ см}^{-1}$  при использовании RT-DLaTGS-детектора рис. 1 и рис. 2.

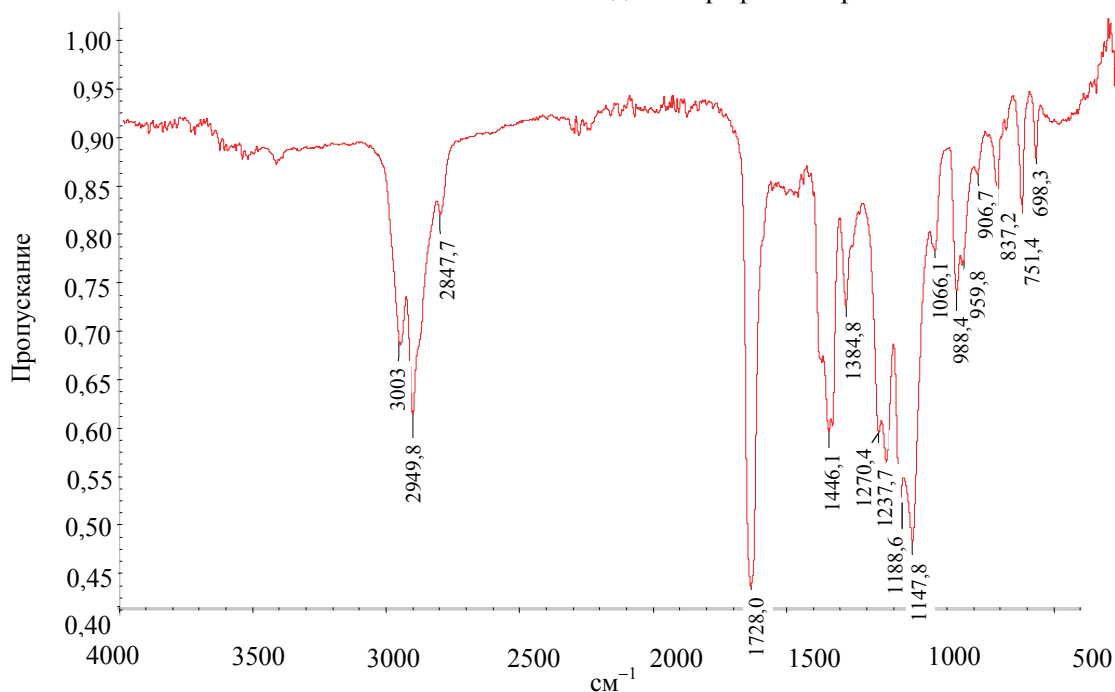


Рис. 1. ИКС набухшей в ацетоне части образца № 2 отформованного листа АБС-пластика

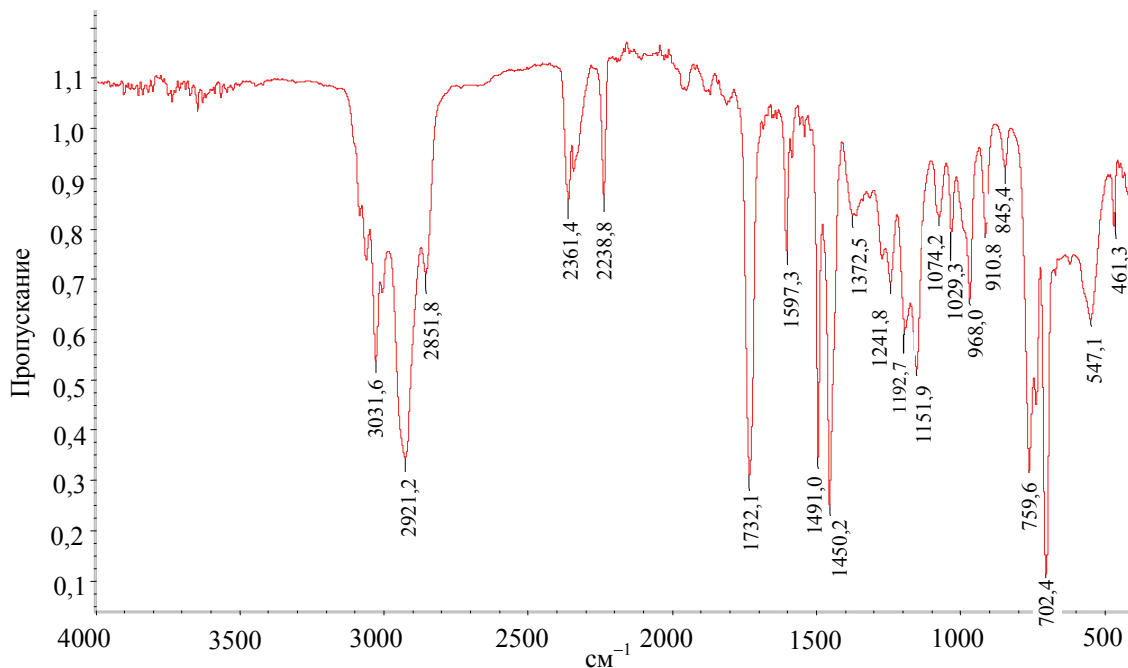


Рис. 2. ИКС набухшей в толуоле части образца № 2 отформованного листа АБС-пластика



Рис. 3. Вид дефекта в разрезе в слое полимера, из которого изготовлены поддоны, в поле зрения микроскопа МСП-2 (увеличение до 54х)

Появление полос поглощения в области 2238 и 2361  $\text{см}^{-1}$  свидетельствует о том, что АБС-пластик разных производителей содержит инородные включения, имеет разный состав, который оказывает большое влияние на его эксплуатационные свойства.

Введение вторичного материала подтверждается изображением на рис. 3, где отчетливо видно расслоение листа. Такой характер распределения материала в изделии свидетельствует о том, что формуемый материал представляет собой смесь несовместимых материалов с четкой границей раздела слоев [3]. Это возможно при плохом смешении и распределении материалов смеси в процессе экструзии, при разной полярности и природе полимеров.

**Заключение.** В результате проведенных исследований был установлен различный

характер разрушения и растворения в представленных образцах, что вызвано не только структурой исследуемого материала, но и направлением и степенью вытяжки образца. Очевидно, что использование в составе материалов вторичного сырья, приводит к браку получаемых изделий.

#### Литература

1. Шварцманн П. Термоформование: практич. руководство / под ред. А. Иллига. СПб.: Профессия, 2007. 288 с.
2. Макаров В. Г., Коптенармусов В. Б. Промышленные термопласты: справочник. М.: Химия, 2003. С. 120–133.
3. Мануленко А. Ф., Яценко В. В. Рециклинг пластмасс: учеб.-метод. пособие. Минск: БГТУ, 2013. 130 с.

*Поступила 22.04.2014*