

О. И. Шинский, А. А. Стрюченко, В. С. Дорошенко

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

## ПОЛУЧЕНИЕ СВЯЗУЮЩИХ ИЗ ОТХОДОВ ПЕНОПОЛИСТИРОЛА ДЛЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ И ИЗУЧЕНИЕ РЯДА ХАРАКТЕРИСТИК ЭТИХ ПРОЦЕССОВ

*Получены характеристики изменений объемов компонентов для проектирования технологии рециклинга отходов пенополистирола путем растворения их в живичном скипидаре и последующего использования, в частности, в литейном производстве, которые показывают весьма замечательные возможности его компактирования. В 1 единице ( $46 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ) объема 40 %-ного раствора помещается 19,14 объемных единиц ( $880,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ) отходов пенополистирола, а по отношению к исходным ( $30 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ) растворителя этот объем отходов больше в 29,35 раз.*

*Отримані характеристики змін об'ємів компонентів для проектування технології рециклінга відходів пінополістиролу шляхом розчинення їх в живичному скипидарі і подальшого використання, зокрема, в ливарному виробництві, які показують вельми чудові можливості його компактування. Так, у 1 одиниці ( $46 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ) об'єму 40 %-ного розчину міститься 19,14 об'ємних одиниць ( $880,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ) відходів пінополістиролу, а по відношенню до початкових ( $30 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ) розчинника цей об'єм відходів більше в 29,35 разів.*

*Descriptions of changes of volumes of components are got for planning of technology of recycling wastes of expanded polystyrene (EPS) by dissolution it in soft resin turpentine and the subsequent use, in particular, in a casting production, which show very remarkable possibilities of his compaction. In a 1 unit ( $46 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ) of volume 40 % solution 19,14 by volume units ( $880,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ) of wastes of expanded polystyrene (EPS) are placed, and in relation to initial ( $30 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ ) solvent this volume of wastes anymore in 29,35 times.*

**Ключевые слова:** пенополистирол, живичный скипидар, рециклинг, растворитель.

Поиск рациональных путей утилизации отходов полимеров приобретает во всем мире все более серьезное экологическое значение. По данной проблеме издаются журналы, в различных изданиях печатаются научные работы, проводятся международные конференции [1, 2].

Полимерный материал пенополистирол, который производится миллионами тонн, нашел широкое применение в мировой практике в качестве технической и бытовой тары, в том числе тары для пищевых продуктов, изделий для строительства и многих других целей, в частности, также применяется в литейном производстве при литье по газифицируемому моделям.

Пенополистирол после использования не подлежит утилизации, так как не взаимодействует с водой, а также не подвергается биологическому разложению. Его нельзя сжигать подобно углю, дровам и т. п., так как при этом в процессе термодеструкции полимера полистирола в больших объемах выделяются очень токсичные газы. Поэтому пенополистирол накапливается в большом количестве в окружающей среде, создавая одну из важнейших для человечества экологических проблем.

Одним из наиболее рациональных и перспективных путей рециклинга, то есть повторного использования отходов пенополистирола, является растворение этих отходов в органических углеводородных растворителях. Хорошо известно, что полистирол (пенополистирол) хорошо растворяется во многих растворителях. Однако многие из них, например бензол, толуол, ксилол, сольвент и многие другие, имеют низкий предел допустимой концентрации (ПДК, мг/м<sup>3</sup>) и высокую летучесть, что полностью исключает их применение в атмосфере рабочих помещений [3].

В настоящее время, согласно выданному патенту Украины № 9003 от 15.09.2005 г., найдено наиболее оптимальное решение о выборе живичного скипидара в качестве ра-

створителя для отходов пенополистирола. Живичный скипидар имеет ПДК 300 мг/м<sup>3</sup>, то есть находится на уровне широко известных и применяемых в быту растворителей – ацетона, бензина, керосина, а также применяется в фармацевтике и медицинских целях. Одновременно он хорошо растворяет отходы пенополистирола и, что особенно важно, имеет низкую летучесть.

В процессах приготовления и использования растворов отходов пенополистирола в живичном скипидаре важное значение приобретает знание ряда характеристик этих процессов с целью их промышленного освоения. В связи с изобретениями о составах растворов и способах их применения, полученных недавно авторами, технология приготовления этих растворов еще не внедрена в производство, предложенные же в этой статье характеристики будут способствовать такому внедрению.

В качестве исходных данных для получения и изучения этих характеристик взяли плотность отходов пенополистирола (0,02 г/см<sup>3</sup>), а также исходный объем и, соответственно, массу живичного скипидара для приготовления растворов. Для проведения исследований был использован герметично закрывающийся резиновой пробкой мерный цилиндр емкостью 50 мл 2 кл. (ТУ Украины 14307481.005-95) с ценой деления 1 мл. В этот цилиндр наливали живичный скипидар (ГОСТ 1581-82) до отметки по нижнему мениску в объеме 30 мл. Массу цилиндра и пластмассовой подставки (тары) предварительно взвесили, а затем взвесили цилиндр с залитым в него живичным скипидаром.

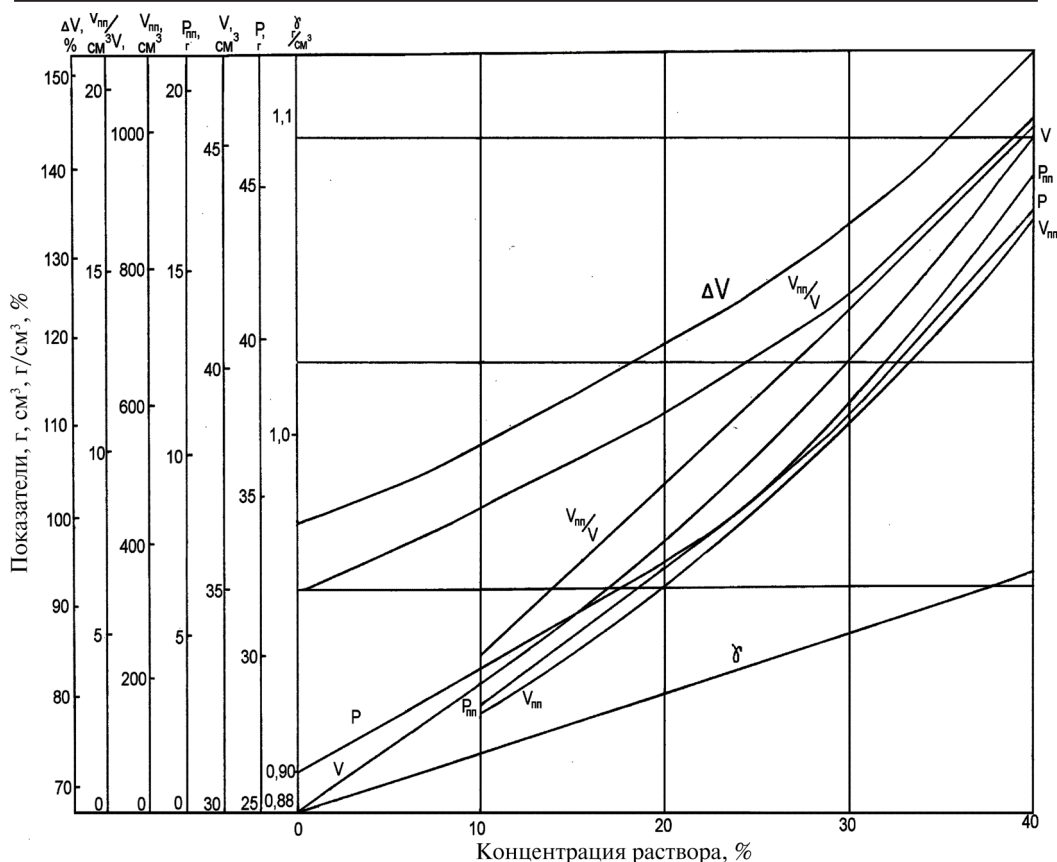
Исследовали получение растворов следующих концентраций, в %: 10-20-30-40. Для полимеров 30 и 40 %-ные концентрации являются очень высокими. Получать растворы более высокой концентрации не имело смысла, так как они имеют еще более высокую вязкость, что делает их нетехнологичными (нетекучими) с целью применения в качестве связующего материала в формовочных смесях.

Зная массу живичного скипидара, нетрудно рассчитать величину добавки отходов пенополистирола для получения раствора заданной концентрации. Каждый раз после ввода в раствор расчетной добавки отходов пенополистирола по мерному цилиндру фиксировали объем раствора заданной концентрации. Следует отметить, что все взвешивания проводились на электронных весах модели Э134 завода “Госметр” (г. С-Петербург) с дискретностью отсчета 5 мг.

В таблице представлен ряд характеристик процессов получения растворов отходов пенополистирола в живичном скипидаре в зависимости от их концентрации. Большинство из этих данных графически показано на рисунке.

### Ряд характеристик процессов получения растворов отходов пенополистирола в живичном скипидаре в зависимости от их концентрации

Наименование характеристик	Живичный скипидар	Концентрация, %			
		10	20	30	40
Масса растворов $P$ , г	26,415	29,350	33,018	37,736	44,025
Увеличение массы растворов $\Delta P$ , %	100	111,11	124,99	142,85	166,66
Объем растворов $V$ , см <sup>3</sup>	30	32,8	36,0	40,0	46,0
Увеличение объема растворов $\Delta V$ , %	100	109,33	120,00	133,33	153,33
Плотность растворов $\gamma$ , г/см <sup>3</sup>	0,88	0,894	0,917	0,943	0,957
Масса отходов пенополистирола, $P_{\text{пн}}$ , г	-	2,935	6,603	11,321	17,610
Объем отходов пенополистирола $V_{\text{пн}}$ , см <sup>3</sup>	-	146,75	330,15	566,05	880,5
Объем отходов пенополистирола для получения 1 см <sup>3</sup> раствора ( $V_{\text{пн}}/V$ ), см <sup>3</sup>	-	4,47	9,17	14,151	19,140



Характеристики растворов отходов пенополистирола в живичном скипидаре при концентрации до 40 %

Если концентрация растворов нами предварительно задавалась (10-40 %), то самые важные результаты (объемы растворов заданного состава и концентрации) были получены из проведенных опытов. В дальнейшем, пользуясь исходными данными, расчетным путем получены остальные характеристики процессов приготовления растворов заданной концентрации.

Важно подчеркнуть, что все эти данные получены наиболее рациональным путем, то есть в одном эксперименте (в одном мерном цилиндре). Последовательность работ и измерений проводилась с каждым из растворов со все возрастающей концентрацией 10-40 %.

Так, из таблицы видно, как с увеличением концентрации раствора, соответственно, увеличиваются его масса (P, г) и объем (V, см<sup>3</sup>). При этом соответствующие данные приведены в таблице не только в метрических единицах, но и в процентах.

Если принять исходный объем скипидара за 100 %, то по мере увеличения концентрации растворов этот объем увеличивается, при 40 %-ной концентрации он увеличивается более чем 1,5 раза. Полученные данные имеют важное практическое значение для создания промышленных процессов получения растворов отходов пенополистирола в живичном скипидаре. Они дают информацию, каким должен быть исходный объем живичного скипидара в зависимости от объема емкости для приготовления раствора требуемой концентрации, например, такую емкость целесообразно установить на автомобиле по одновременному сбору и растворению полистирольных отходов, который объезжает пункты накопления таких отходов.

Из представленных данных видно, как в одном эксперименте можно получить целый набор плотностей упомянутых растворов в зависимости от концентрации. С ростом кон-

центрации плотность растворов значительно увеличивается, находясь в интервале плотностей живичного скипидара и полимера полистирола, достигая для растворов 40 %-ной концентрации  $0,957 \text{ г/см}^3$  при плотности полистирола  $1,05 \text{ г/см}^3$ .

Объем отходов пенополистирола ( $V_{\text{отх}}, \text{ см}^3$ ) для получения растворов соответствующей концентрации получен делением навески этих отходов на плотность отходов пенополистирола ( $0,02 \text{ г/см}^3$ ). Объем отходов пенополистирола для получения  $1 \text{ см}^3$  раствора заданной концентрации ( $V_{\text{отх}}/V$ ) получен делением объема отходов пенополистирола на объем раствора  $V$ .

С точки зрения высокой степени компактирования отходов пенополистирола и использования их в литейном производстве наиболее интересен 40 %-ный раствор. Он обладает достаточной текучестью для дозирования и смешивания песчаных формовочных и стержневых смесей в традиционных действующих смесителях без изменения режима их эксплуатации.

Авторы настоящей работы предложили составы и способы приготовления таких смесей с весьма высокими прочностными показателями, которые сравниваются с гораздо (на порядок) более дорогими смоляными связующими [6]. Причем, на начальной стадии наиболее перспективно применение 40 %-ного раствора в качестве добавки в пенополистирольные смеси в количестве до 2 % по массе полистирола, в результате достигаются снижение потребления жидкого стекла в 2 раза, рост прочности смеси в подсушенном состоянии в 8-10 раз. Но при этом получаем положительный эффект: эти смеси становятся легковыбываемыми, при прогреве свыше  $300 \text{ }^\circ\text{C}$  они легко высыпаются из полостей отливки, выполненных песчаным стержнем. Таким образом, регулируя в пределах 1-2 % указанной добавки, технолог-литейщик получает гамму легковыбываемых смесей для различных условий литья (по массе отливки, стержня, виду сплава), конкурентных по прочности со смоляными.

А для проектирования технологии рециклинга пенополистирола путем растворения в живичном скипидаре полученные данные показывают весьма замечательные возможности его компактирования. По данным таблицы в 1 единице ( $46 \text{ см}^3$ ) объема 40 %-ного раствора помещается 19,14 объемных единиц ( $880,5 \text{ см}^3$ ) отходов пенополистирола, а по отношению к исходным  $30 \text{ см}^3$  растворителя этот объем отходов больше в 29,35 раз.

### Список литературы

1. *Shinskij O., Doroshenko V., Striuczenko A., Ladarieva J.* Recykling polistyrenu piankowego // Recykling. (Miesiecznik ogolnopolski. Poznan) - 2008 . - № 1. - P. 28-29
2. IV Международная конференция "Репласт-2007. Вторичная переработка пластмасс". - Москва, 2007. - 157 с.
3. *Бедрик Б. Г., Чулов П. В., Калашиников С. И.* Растворители и составы для очистки машин и механизмов: Справочник. - М.: Химия, 1989. - 176 с.
4. Пат. 9003 України, МКП В22С1/10. Застосування живичного скипидару як розчинника для відходів пінополістиролу / А. А. Шинський, Є. В. Терліковський, А. А. Стрюченко. - Опубл. 15.09.2005, Бюл. № 9.
5. Пат. 77338 України, МКП В22С9/10. Полістирольне зв'язуюче для виготовлення ливарних форм та стержнів / О. Й. Шинський, В. Л. Найдек, А. А. Стрюченко. - Опубл. 15.11.2006, Бюл. № 11.
6. *Шинский О. И., Дорошенко В. С., Стрюченко А. А.* Песчаные смеси на основе пенополистирола для литейных форм и стержней с повышенной сырой прочностью на сжатие. Литье -2008: Тез. докл. - Киев: Редакция журнала «Процессы литья», 2008. - С. 193-194.

Поступила 12.06.2008