

3. Girin, O. V. Phase and Structure Formation of Metallic Materials Electrodeposited via a Liquid State Stage: New Experimental Proof [Text] / O. V. Girin // Defect and Diffusion Forum. – 2010. – Vol. 303-304. – P. 99–105.
4. Шаповалов, В. И. Влияние водорода на структуру и свойства железоуглеродистых сплавов [Текст] : монография / В. И. Шаповалов. – М. : Металлургия, 1982. – 232 с.
5. Шаповалов, В. И. Закономерности формирования структуры газозармированных материалов – газаров [Текст] / В. И. Шаповалов // Теория и практика металлургии. – 1997. – № 2. – С. 13–18.
6. Поветкин, В. В. Структура электролитических покрытий [Текст] : монография / В. В. Поветкин, И. М. Ковенский. – М. : Металлургия, 1989. – 136 с.

### Abstract

*The aim of the work was the experimental proof of the validity of the phenomenon of phase formation of metallic materials being electrodeposited through a stage of liquid state. The idea of the work was as follows. As phase formation of a material being electrodeposited occurs in saturated hydrogen environment, in case of validity of the discussed phenomenon porous structure of an electrodeposited material must have typical features of porous structure of a cast material solidified from liquid state in saturated hydrogen environment.*

*To realize the idea an inductive arc unit, which allows obtaining of a cast material in saturated hydrogen environment, was constructed and produced. The unit provided solidification of a material at high adjustable rate of movement of plane crystallization front. As modeling materials the electrodeposited chromium and aluminum bronze melted and solidified in hydrogen environment were used.*

*As a result of the completed investigations it was found, that porous structure of an electrodeposited material possesses all typical features of porous structure of a cast material solidified from liquid state in saturated hydrogen environment. The identity of orientation and form of pores in an electrodeposited and in a cast material, the effects of pores coagulation and termination of pores growth and new pores initiation during the whole crystallization period at electrodeposition prove the validity of the phenomenon of phase formation of metallic materials being electrodeposited through a stage of liquid state*

**Keywords:** porous structure, electrodeposited material, casting material, hydrogen

**Викладені основні технологічні і методологічні основи получения гнучкої черепиці з використанням гумової крихти продукту механічної переробки зношених автошин. Встановлені оптимальні рецептурні і технологічні параметри виробництва черепиці**

**Ключові слова:** зношені автошини, продукти переробки, гумова крихта, гнучка черепиця, міцність

**Изложены основные технологические и методологические основы получения гибкой черепицы с использованием резиновой крошки-продукта механической переработки изношенных автошин. Установлены оптимальные рецептурные и технологические параметры производства черепицы**

**Ключевые слова:** изношенные автошины, продукты переработки, резиновая крошка, гибкая черепица, прочность

УДК 691.424:678

## ГИБКАЯ ЧЕРЕПИЦА НА ОСНОВЕ ПОРОШКОВОЙ РЕЗИНЫ

**В.С. Демьянова**

Доктор технических наук, профессор,  
заведующая кафедрой\*  
Контактный тел.: 8(8412) 67-00-74,  
8-927-377-56-35, 8(8412) 92-95-01  
E-mail: ie@pguas. Ru

**А.Д. Гусев**

Аспирант  
Контактный тел.: 8(8412) 92-95-01,  
8-964-865-99-69  
E-mail: eco.penza@mail.ru

\*Кафедра «Инженерная экология»  
Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства  
ул. Г. Титова, 28, г. Пенза, Россия, 440028

В настоящее время в промышленно-развитых странах реализуется концепция «промышленного метабо-

лизма», основанная на повторном вовлечении отходов в промышленное производство [1,2,3].

Одними из наиболее распространенных отходов являются отходы предприятий автотранспортного комплекса - изношенные автомобильные шины. В России ежегодно образуется свыше 1 млн. т. шин, а перерабатывается всего лишь 20%. Производство по переработке шин для последующего использования продуктов переработки в качестве экологически безопасного вторичного материального сырья в промышленном масштабе, отсутствует. Между тем, анализ существующих методов переработки свидетельствует о возможности получения и использования продуктов переработки изношенных шин в качестве вторичных ресурсов [4,5].

В настоящее время активно развивается производство напольных покрытий на основе резиновой крошки для детских и спортивных площадок. Данные покрытия обладают рядом преимуществ перед существующими аналогами, однако себестоимость их при наличии собственного оборудования по переработке изношенных автошин достигает 1000...1100 руб./м<sup>2</sup>, а при отсутствии перерабатывающего оборудования себестоимость покрытий увеличивается на 20...40%, что приводит к низкой рентабельности их производства. В целом расчеты и проведенный анализ свидетельствует, что существующие технологии производства покрытий являются низко рентабельными и экономически поддерживаются владельцами данных предприятий из других источников дохода.

В связи с этим, развитие инвестиционной идеи должно идти в сторону использования более дорогих продуктов переработки и возможности получения из них продукции, способной к дальнейшей переработке в новый продукт высокой стоимости. Разработка такой высокотехнологической продукции стратегически становится определяющим направлением, позволяющим создать рыночные стимулы к развитию рациональной системы сбора и утилизации отходов.

Оценка рынка сырья, комплексный анализ продуктов переработки изношенных шин, позволили выявить их качественные и количественные характеристики, сравнить с аналогичной продукцией и сформулировать заключение о возможности применения данных продуктов в качестве основного компонента при создании ресурсосберегающих кровельных строительных материалов. Анализ рынка кровельных материалов свидетельствует, что наиболее перспективными являются кровли, выполненные из резино - битумных материалов, что обусловлено рядом их исключительных свойств. Объем продаж гибкой черепицы с 2006 года увеличился в 2,5 раза, а использование, наиболее популярной ранее, металлочерепицы ежегодно снижается [6,7].

Основным компонентом предлагаемой резиновой черепицы является измельченная резиновая крошка, получаемая из изношенных шин механическим способом. Резиновая крошка как продукт переработки изношенных шин является высококачественным и высокоэффективным материалом, что обусловлено использованием для производства шин каучука высших сортов качества.

Для определения оптимального фракционного состава крошки были изготовлены опытные образцы резиновой гибкой черепицы (резинополимера) с использованием резиновой крошки диаметром 0...3,2мм,

полученной упруго-деформированным методом переработки на установке КППШ-1 научно-производственного предприятия «Экоресурс». Данная установка позволяет получать до 300 кг./ч резиновой крошки различной фракции, до 100 кг высококачественного металлокорда и текстильного корда (рис.1).

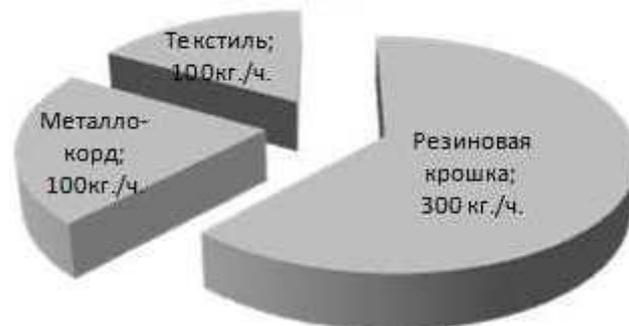


Рис. 1. Продукты переработки изношенных шин

Максимальный диаметр крошки 3,2 мм соизмерим с толщиной разрабатываемой гибкой черепицы (до 4 мм). Образцы изготавливались при постоянном давлении 16 МПа и температуре 120<sup>0</sup>С (табл.1).

Таблица 1

Составы черепицы

№ состава	Содержание резиновой крошки, %			
	2,2...3,2	1,2...2,2	0,5...1,2	0...0,5
1	100	-	-	-
2	-	100	-	-
3	-	-	100	-
4	-	-	-	100
5	50	-	-	50
6	-	50	50	-
7	10	35	40	15
8	-	-	50	50

Примечание: фракционный состав приведен в соответствии с набором сит, установленном на КППШ-1, составы 1...4 изготовлены при содержании связующего 8..10%.

На рис. 2 представлено изменение прочности при разрыве резинополимеров в зависимости от диаметра используемой резиновой крошки.

Как следует из рисунка 2, с увеличением диаметра резиновой крошки, прочность при разрыве образцов увеличивается. Максимальная прочность 3.1...3.27 МПа обеспечивается при использовании резиновой крошки фракции 2,2...3,2мм. Выход крошки указанной фракции достигает 70% от общего объема продуктов переработки. При малых диаметрах (0...1,2) крошка, полученная упруго-деформированным способом имеет сильно развитую поверхность, в связи с чем для улучшения реологических характеристик составы с использованием крошки малого диаметра требуют значительно большего количества связующего. При дефиците связующего наблюдается не равномерное «сшивание» резинополимера и уменьшение прочности при разрыве.

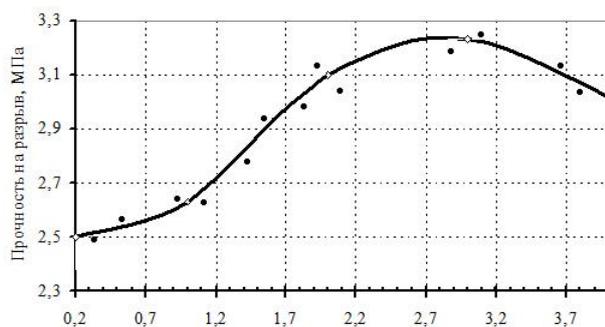


Рис. 2. Влияние диаметра крошки на прочность при разрыве резинополимера

С целью повышения технико-экономических показателей разрабатываемого кровельного материала в ходе исследований были изучены составы резинополимера 5...8, характеризующиеся наиболее оптимальной гранулометрией крошки при различном содержании сшивателя. Давление и температура прессования оставались неизменными. На рис. 3 представлена прочность при разрыве кровельного материала в зависимости от количества связующего с различным фракционным составом резиновой крошки.

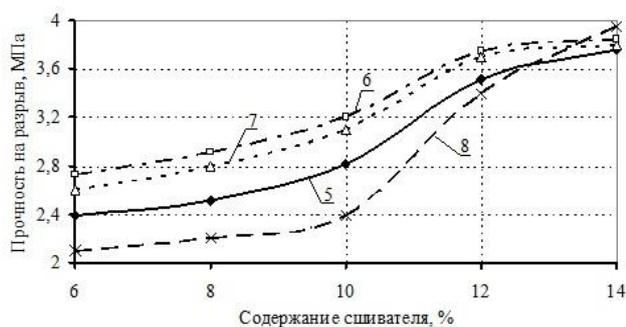


Рис. 3. Влияние гранулометрического состава на прочность резинополимеров при различной концентрации связующего: 5- состав №5; 6- состав №6; 7- состав №7; 8- состав №8. Внести изменение в рис.

При содержании связующего менее 8% исследуемые составы резинополимеров обладают незначительной прочностью 2,0...2,8 МПа. С увеличением содержания связующего свыше 10% набор прочности отмечен у всех образцов, отличие заключается лишь в ее интенсивности. Так, при изменении количества сшивателя с 8 до 10% прочность состава №6 увеличилась на 14,3%, а состава №8 на 29,5%, что свидетельствует о явном насыщении раствора №8 полиуретаном. В диапазоне содержания сшивателя от 12 до 14% наблюдается резкий рост прочности состава №8, что обусловлено присутствием в составе наиболее мелкой фракции крошки (0...1,2) и явным насыщением раствора связующим, что позволяет всем частичкам резиновой крошки сшиваться в единую монолитную конструкцию. Наиболее высокой прочностью обладают образцы составов №6 и №7, имеющие оптимальный фракционный состав резиновой крошки.

В соответствии с [9] прочность предъявляемая к кровельным материалам на основе резины, полимеров и т.д. должна составлять не менее 3 МПа. Таким образом, все исследуемые составы, при различном содержании связующего удовлетворяют данному критерию. Однако, для составов №5 и №8 для обеспечения заданного условия требуется связующего 12% и выше, что приводит к повышению стоимости конечной продукции и снижению ее долговечности (полиуретановое связующее имеет более низкие характеристики по долговечности и морозостойкости, чем резиновая крошка). Образцы составов №6 и №7 показали близкие характеристики при одинаковом содержании «сшивателя», однако в составе №6 не используется резиновая крошка фракции 0...0,5 мм, а это около 15% гранулята, получаемого на установке КПП-1 в процессе переработки шин. В связи с этим, наиболее выгодным с технико-экономической точки зрения является состав №7. Прочность данного состава при содержании сшивателя 8...12% соответствует характеристикам, предъявляемым европейским стандартом качества EN 544 по классу 1 к резино-битумным кровлям (Kerabit, Ruflex и др.). Как следует из проведенных исследований фракционный состав резиновой крошки не значительно влияет на прочностные и деформационные характеристики материала, но позволяют снизить процентное содержание связующего, тем самым снизить себестоимость конечной продукции.

Предлагаемая черепица по основным физическим характеристикам незначительно отличается от известных аналогов, а по отдельным показателям превышает их. Стоимость черепицы - 250...350 руб./ м<sup>2</sup>. Ежегодная востребованность в таком материале составляет 3...5 млн. м<sup>2</sup>. Преимущества данной черепицы перед аналогичной продукцией - технологичность, простота монтажа и отсутствие необходимости в покраске, а также повышенные шумо- и виброизоляция, гидроизоляция, микробиологические (отсутствие грибка) характеристики и т.д. Предлагаемая гибкая резиновая черепица является не только качественной продукцией, но и эстетичной, сочетается с любой архитектурной формой.

Сравнительный анализ (стоимость, физико-механические показатели, эстетичность, скорость монтажа и др.), всех видов существующих черепиц, позволил высоко оценить предлагаемый кровельный материал. Эффективная ресурсосберегающая строительная черепица может быть использована в жилищном, гражданском, промышленном строительстве и позволит не только обеспечить рециклинг техногенных отходов, но и расширить сырьевую базу строительных материалов путём применения вторичных ресурсов. Применение техногенных отходов в производстве строительных материалов имеет как большое ресурсосберегающее и рационализаторское значения, так и значительную экологическую целесообразность.

Конкурентные преимущества предлагаемых эффективных ресурсосберегающих строительных материалов заключаются в следующем:

- частичная замена импортных кровельных материалов на разрабатываемую отечественную резиновую черепицу;

- создание нового высокотехнологичного производства и снижение материалоемкости предлагаемой кровельной черепицы путем замены природного сырья на промышленные отходы;  
 - обеспечение экологической безопасности в регионах путем рециклинга промышленных отходов.

Социально-экономический эффект от использования продукции заключается в улучшении потребительских свойств существующей и отказ от импортной продукции, создании рабочих мест при производстве новых конкурентоспособных ресурсосберегающих строительных материалов.

### Литература

1. Демьянова, В.С. Комплексное использование промышленных отходов // Экология и промышленность России, Москва, 2008. - №1. – С.12-14
2. Демьянова В.С., Гусев А.Д. Ресурсосбережение в сфере управления отходами производства и потребления. // Фундаментальные исследования в Пензенской области. Состояния и перспективы. Материалы научно-практической конференции. – Пенза, 2010. С42-44
3. Бальзаников М.И., Петров В.П. Экологические аспекты производства строительных материалов из отходов промышленности. // Восьмые академические чтения РАСН «Современное состояние и перспективы развития строительного материаловедения» – Самара, 2004
4. Пармухина Е.В. Как склад для изношенных шин превратить в прибыльное предприятие. «Экологический вестник России» №3, 2010. С. 12-14.
5. Демьянова В.С. и др. Снижение техногенной нагрузки на окружающую среду путем использования отходов автопромышленного комплекса. // Экология урбанизированных территорий – М., 2008. – №4. С86-90
6. Демьянова В.С., Гусев А.Д. Перспективы рециклинга автомобильных шин. // «Научный Вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура». Воронеж, - 2011.- №4 С.74-80.
7. Демьянова В.С., Ю.С.Артамонова, А.Д. Гусев. Экономическая эффективность рециклинга автомобильных шин. // Международный технико-экономический журнал. Москва - 2011. № 4 - С.50-55.
8. Демьянова В.С., Гусев А.Д., Симакина Г.Н. Основные направления рынка черепицы в строительном комплексе Пензенской области // Региональная архитектура и строительство, Пенза, -2012.-№1(12) -С.193-196
9. «Схемы входного и операционного контроля качества строительного-монтажных работ» «Кровли»/ ФГУП «Центр управления федеральной собственностью», Москва 2002, часть 1, выпуск 4.

### Abstract

*The principal technological and methodological bases of flexible tile production applying powder rubber of mechanical recycling of worn-out tires are set out in the work. The impact of the powder diameter on strength at rubber tile rupture was studied. The optimal prescribed and technological parameters of roofing material were determined. The choice of binding agent was made, the optimal grade analysis of rubber powder was selected. The techno-economic and ecological aspects of resource-saving roofing tile production were justified.*

*At present, on the basis of the small-scale innovative enterprise Ltd “Scientific production association “Ecoresource” the production of floor and roofing construction materials applying powder rubber – the processing product of worn-out tires, was arranged*

**Keywords:** *worn-out tires, processing products, rubber powder, flexible tile, strength*