

Гусев А.Д., канд. техн. наук, директор
 ООО «НПП «Экоресурс» (МИП ПГУАС)
 Петухова Н.А., канд. техн. наук, доц.,
 Самошина Е.Н., канд. техн. наук, доц.,
 Зайцев И.Е., студент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ РЕГЕНЕРАТНОЙ РЕЗИНЫ И ОТХОДОВ ПЛАСТИКА

Naderevnydeduschke@yandex.ru

Изучены реологические свойства композиционного материала на основе пластика низкого давления и резиновой крошки в зависимости от содержания наполнителя и его морфологических особенностей связанных со способом механической переработки отходов резинотехнических изделий.

Ключевые слова: резиновая крошка, отходы пластика, композит, резинопласт, реология, удельная поверхность, вязкость, текучесть.

Сегодня в России, как и во многих странах мира существует огромная проблема в области загрязнения окружающей среды полимерными отходами. Это обусловлено тем, что они долгое время не разлагаются, а материалы на основе полимеров приобретают все большую популярность.

Для решения этой проблемы необходимо создание эффективной технологии по использованию продуктов переработки полимерных отходов. Это позволит создать экономически выгодную модель по утилизации данных видов ТБО и заинтересовать бизнес [1, 2].

Перспективным направлением использования наиболее распространенных полимерных отходов – резины и пластика низкого давления является создание на их основе композиционного материала – резинопласта. В рамках реализации данного направления ранее были проведены исследования методов механической переработки резинотехнических изделий и отходов пластика, изучены продукты переработки, подобраны наиболее оптимальные сочетания [3, 4]. Настоящее исследование посвящено исследованию реологических свойств композиционного материала на основе ПНД и резиновой крошки в зависимости от ее концентрации.

На рис. 1 показаны линии течения ПНД с резиновой крошкой фракцией 0,32 мм с различным процентным содержанием.

По результатам испытаний, мы можем наблюдать, что введение в состав композита на основе ПНД резиновой крошки существенно не изменяет поведение кривой течения. Система «скорость сдвига « $\dot{\gamma}$ » – показатель напряжения сдвига « t » можно описать уравнением $\dot{\gamma} = k \cdot t^n$. При увеличении концентрации резиновой крошки более 30 % полученные прямые зависимости смещаются в сторону больших сдвиговых напряжений.

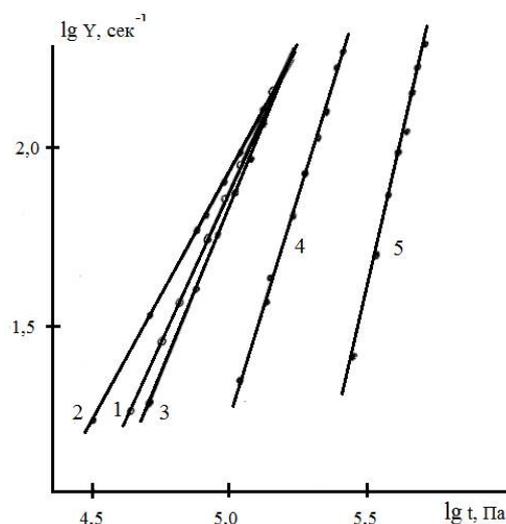


Рис. 1. Линии течения ПНД с резиновой крошкой фракцией 0,32 мм с различным процентном ее содержанием: 1 – 0; 2 – 4; 3 – 32; 4 – 45; 5 – 89

На рис. 2 можно видеть зависимость значения степени n уравнения $\dot{\gamma} = k \cdot t^n$ от концентрации наполнителя в композите. При введении в состав ПНД резиновой крошки менее 30 % значение показателя n для чистого ПНД и с содержанием наполнителя практически совпадают. Тем самым режим течения композиционного материала практически описывается режимом течения ПНД.

При дальнейшем увеличении концентрации резиновой крошки в составе резинопласта рост величины n практически линейный с углом наклона в 45 °С. Изменение показателя n в уравнении течения, при увеличении концентрации наполнителя более 30 %, предположительно, связано с тем, что происходит смена процесса течения композиционного материала.

При неньютоновском течении композиционного материала его реологические свойства необходимо анализировать, сравнивая значения

уравнения и показателя вязкости расплава. При этом одна из величин – напряжение или сдвиговая скорость должны быть постоянны.

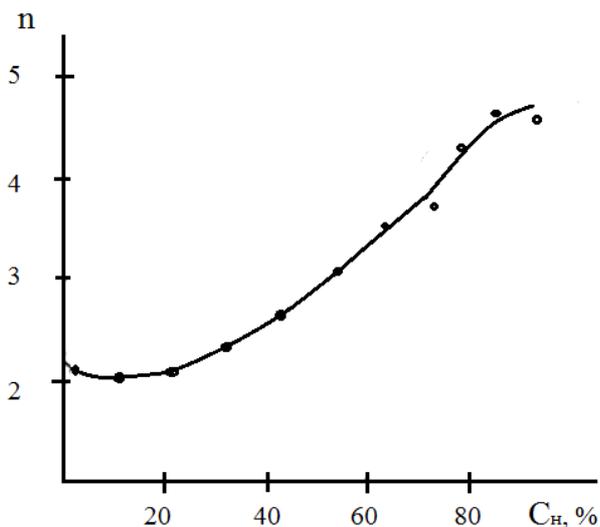


Рис. 2. Зависимость показателя режима течения (n) Композиционного материала на основе ПНД от содержания регенератной резины

На рис. 3 показана зависимость вязкости композиционного материала от концентрации резиновой крошки C_n при сдвиговой скорости равной 32 с^{-1} . Можно наблюдать, что при концентрации наполнителя менее 3 % вязкость значительно снижается с повышением C_n . В дальнейшем показатель вязкости начинает увеличиваться и при концентрации резиновой крошки от 8 до 35 % стабилизируется и становится практически постоянной величиной, сопоставимой с вязкостью чистого ПНД. В дальнейшем, при увеличении концентрации РК происходит монотонное увеличение вязкости композита.

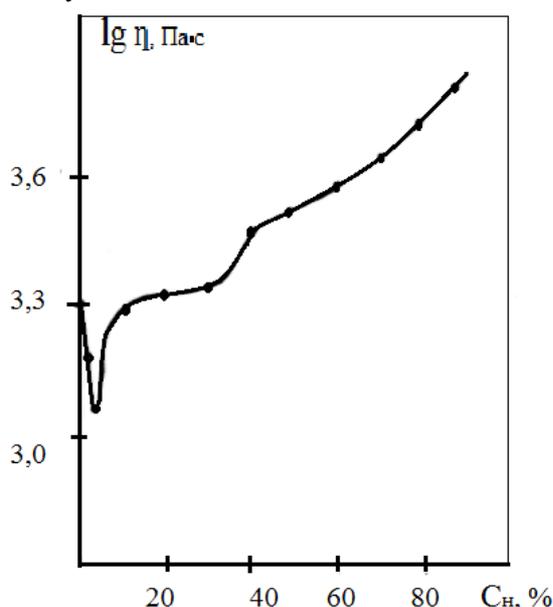


Рис. 3. Влияние концентрации наполнителя на вязкость резинопласта

Процесс снижения показателя вязкости в композиционных материалах при незначительных концентрациях наполнителя характеризует многие полимеры и минеральные наполнители. Появление минимального значения вязкости, вероятнее всего, связано с появлением пор в слоях композита на границе с резиновой крошкой.

Существенным фактором здесь является строение наполнителя (стеклообразное, «рыхлое»), которое зависит от метода механической переработки. В процессе смешивания, под действием напряжений сдвига, течение в системе идет по слою, имеющему больший свободный объем – область вокруг наполнителя, по этой причине, вероятно, и происходит снижение вязкости композита. При увеличении концентрации резиновой крошки, способствующей тому, что вся матрица оказывается вовлеченной в пограничный слой вокруг наполнителя, вязкость композита имеет минимальный показатель.

Беря во внимание тот факт, что показатель пор в композите при малых значениях наполнения в большой степени зависит от морфологии резиновой крошки, ее удельной поверхности, были изготовлены образцы резинопластов, содержащие 2,5 % по массе регенератной резины, полученной фрезой и криогенными методами переработки колес автомобиля «Камаз». В процессе переработки колес данными методами была получена резиновая крошка с удельной поверхностью 0,55 и 0,47 м/гр. Показатели вязкости резинопласта с данными наполнителями составили 1169 и 1764 Па соответственно. Следовательно, можно утверждать, что вязкость резинопластов зависит от удельной поверхности резиновой крошки. Крошка, получаемая фрезой, имеющая более развитую поверхность создает больший свободный объем в структуре резинопласта.

Увеличение показателя вязкости резинопласта при увеличении содержания наполнителя в пределах 3...12 %, возможно, связано с явлением - гидродинамический эффект от присутствия резиновой крошки, т.к. значение n сопоставимы с чистым ПНД.

На рис. 4 показано влияние удельной поверхности резиновой крошки на вязкость резинопластов с различной концентрацией наполнителя.

Можно видеть, что показатель вязкости резинопласта увеличивается с увеличением удельной поверхности резиновой крошки. Особенно это проявляется при концентрации резинового порошка более 60 %. Свойства ПНД, находящегося вокруг поверхности РК, изменяются. Это

связано с образованием межфазной прослойки со структурой, отличающийся от структуры матрицы в объеме. В то же время, полученный граничный слой является неоднородным и так же состоит из двух подслоев. А значит и свойства передвигаться относительно друг друга цепей на макромолекулярном уровне, входящих в эти подслои, различны. Уменьшение размера частиц или концентрации резиновой крошки в резинопласте способствует увеличению содержания доли ПНД в граничном слое и снижению толщины матрицы между частицами наполнителя.

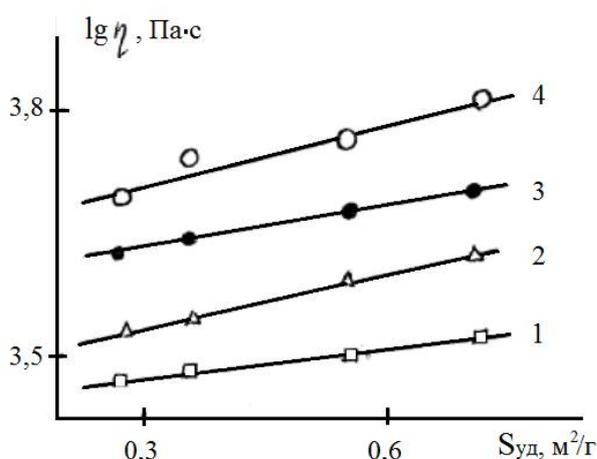


Рис. 4. Зависимость влияния удельной поверхности резиновой крошки на вязкость резинопластов с различной концентрацией наполнителя, %:
1 – 62; 2 – 72; 3 – 82; 4 – 92

Эффект снижения, а затем роста показателя вязкости, при незначительных концентрациях наполнителя, возможно, связан с перекрытием не твердых фаз пограничного слоя. При увеличении содержания резиновой крошки свыше 60%, по всей видимости, перекрываются зоны граничного слоя, имеющие большую плотность, что приводит к уменьшению течения полимерной матрицы на молекулярном уровне, определяющей реологические свойства.

Следовательно, повышение показателя вязкости композиционного материала при концентрациях резиновой крошки больше 60 % можно объяснить повышением доли ПНД, заключенного в наиболее плотные подуровни межфазных областей на линии соприкосновения ПНД-резиновая крошка.

Отличительной характеристикой композиционных материалов имеющем в своем составе резиновую крошку, может являться, то, что при ее содержании до 90 % система остается вязко текущей и характеризуется, как течением матрицы на основе ПНД, так и течением самого наполнителя.

Данные исследования позволяют утверждать о возможности создания нового класса композиционного материала, сочетающими в себе все основные характеристики резин, но простых в переработке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Демьянова В.С., Артамонова Ю.С., Гусев А.Д. Экономическая эффективность рециклинга автомобильных шин // Международный технико-экономический журнал. 2011. №4. С. 50-55.
2. Аминов О.А. Технологии переработки шин: перспективы применения // Твердые бытовые отходы. 2009. №3. С. 46-48.
3. Агаянц И.М., Оськин В.М., Корнев А.Е. Альбом технологических схем переработки эластомерных материалов (часть 2) // Учебно-методическое пособие. М.: ИПЦ МИТХТ им. М. В. Ломоносова, 2010, стр. 84
4. Демьянова В.С., Гусев А.Д., Денисова Н.А. Композиционный материал на основе регенерата резины и отходов пластика // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2014. № 3. С. 22-24.

Gusev A.D., Petukhova N. A., Samoshina E.N., Zaytsev I.E.

RESEARCH OF RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF COMPOSITE MATERIAL ON THE BASIS OF REGENERATNY RUBBER AND WASTE OF PLASTIC

Rheological properties of composite material on the basis of plastic of low pressure and a rubber crumb depending on the maintenance of a filler and its morphological features of the waste of rubber products connected with way of mechanical processing are studied.

Key words: rubber crumb, plastic waste, composite, резинопласт, rheology, specific surface, viscosity, fluidity.