

Как показали результаты исследований, величина диэлектрической проницаемости композита возрастает с повышением соотношений порошка меди или порошка ПГРС к вторичному полиэтилену в исследуемом диапазоне частот. Из данных, представленных на рис. 3, в, видно, что, величины удельной электрической проводимости композитов незначительно возрастают с повышением частоты электрического тока для различных соотношений порошкообразного волокна к вторичному полиэтилену. При этом максимальная величина удельной электрической проводимости композитов на частоте 10^6 Гц составляет $1,3 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ при отношении ПУВ/ВПЭ 50 мас. %. Примерно, такая же удельная электропроводимость ($1,2 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$) наблюдалась для композита (рис 3, з), в состав которой входили ВПЭ (25 мас.%), порошкообразное углеродное волокно (25 мас. %) и порошок меди (50 мас. %). Анализ результатов исследований показал, что электрические свойства композитов на основе вторичного полиэтилена весьма чувствительны к изменению содержания и типа наполнителя. Установлено, что величины относительной диэлектрической проницаемости и удельной электрической проводимости композитов на основе вторичного полиэтилена повышаются с увеличением содержания наполнителя (порошка меди или порошка ПГРС). При этом величины диэлектрической проницаемости композитов повышалась в 1,3 – 1,8 раза при изменении массовой доли порошка меди или порошка ПГРС от 10 до 50 % соответственно, тогда как величина удельной электрической проводимости повышается, примерно на один порядок и зависит от содержания и типа наполнителя (рис. 3, а, б). Следует отметить, что при изменении содержания порошкообразного углеродного волокна в композите от 20 до 50 % значительные изменения претерпевает его удельная электрическая проводимость - повышается при этом на 4 порядка: от $10^{-7} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ до $10^{-3} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ (см. рис. 3, в) [6].

Из полученных данных следует, что применение различных типов наполнителей дает возможность на одной и той же полимерной основе (диэлектрической матрице) получать ряд композитов с существенно отличающимися электрическими свойствами. При этом в качестве диэлектрической матрицы может быть использован вторичный полиэтилен, наполненный токопроводящим наполнителем.

Заключение. Разработаны высокочувствительный емкостной преобразователь (датчик) и методика определения комплекса электрических показателей композитов электротехнического назначения на основе вторичных полимерных материалов в диапазоне частот электрического поля 100 Гц – 1 МГц. Результаты контроля и диагностики новых композитов использованы при подборе оптимальных составов, обеспечивающих их заданные электрические свойства. Созданный емкостной измерительный преобразователь и разработанная методика используются на предприятиях Республики Беларусь для контроля и диагностики электрических свойств пластинчатых полимерных композитов и электроизоляционных пресс-материалов, применяемых в высоковольтных электрических и радиотелевизионных устройствах.

Список литературы

1. Зубко, В.И. Об учете погрешностей при контроле электрических свойств материалов с большими потерями / В.И. Зубко, А.И. Лесникович, Д. В. Зубко // Техническая электродинамика. – 2008. – №2. – С. 64 – 68.
2. Устройство для измерения электрических свойств полимерных композиций: пат. 9001 Респ. Беларусь, МПК(2006) G 01R 27/26 / Д.В Зубко, В.И. Зубко: заявитель: Белорусский государственный университет – № u 20120669, заявл. 10.07.2012; опубл. 28.02.2013. // Изобретения. Полезные модели. Промышленные образцы: Официальный бюллетень Национального центра интеллектуальной собственности. - 2013. – № 1. – С. 201.
3. Электропроводящая полимерная композиция: пат. 11018 Респ. Беларусь, МПК(2006) H 01B 1/24, C 08L 23/00 / Д.В Зубко, В.И. Зубко: заявитель: Белорусский государственный университет - № а 20070558, заявл. 14.05.2007; опубл. 30.10.2007. // Изобретения. Полезные модели. Промышленные образцы: Официальный бюллетень Национального центра интеллектуальной собственности. - 2007. – № 5. – С. 85.

УДК 674.02

С. С. Утгоф, Л. В. Игнатович

(Белорусский государственный технологический университет)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УПЛОТНЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ МЯГКИХ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД В КОМПОЗИЦИОННЫХ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ МАТЕРИАЛАХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ ИЗ ДРЕВЕСИНЫ С УЛУЧШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ

Изложены результаты исследования процесса уплотнения древесины мягких лиственных пород древесины с целью получения композиционного материала. В ходе исследования были определены физико-механические характеристики уплотненной древесины: твердость, износостойкость и степень уплотнения. Также с целью изучения механизма пластификации древесины был проведен термогравиметрический анализ полученных образцов уплотненной древесины

мягких лиственных пород. Сделаны выводы о влиянии уплотнения на физико-механические характеристики древесины и о химических изменениях, происходящих в древесине в процессе уплотнения.

Введение. В настоящее время основной задачей лесной и деревообрабатывающей промышленности является рациональное и комплексное использование лесосырьевых ресурсов. Паркетные покрытия на основе древесины и древесных материалов используются как в отечественной, так и в зарубежной практике. Они обладают рядом достоинств по сравнению с синтетическими напольными покрытиями. Существенным препятствием для широкого распространения паркетных покрытий является их стоимость. Дороговизна паркетных покрытий обусловлена применением древесины твердолиственных пород. Благодаря своей твердости, прочности и высокой износостойкости, древесина дуба и ясеня является традиционным материалом в паркетном производстве. В настоящее время твердолиственные породы составляют 5,1 % основных лесобразующих пород в лесопокрытой площади Республики Беларусь [1].

Приоритетной задачей деревообрабатывающей промышленности Республики Беларусь является вовлечение в производство мягколиственных пород древесины, доля которых в составляет 38 %. Таким образом, является актуальным снижение расхода древесины твердолиственных пород путем замещения их мягколиственными породами, в том числе и в паркетном производстве. Использование натуральной древесины мягколиственных пород в производстве паркетных покрытий не находит применения в связи с низкими эксплуатационными показателями. Одним из распространенных способов улучшения эксплуатационных показателей древесины является модифицирование. Модифицированием древесины мягких лиственных пород для создания полноценного заменителя ценной древесины твердых лиственных пород занимаются уже довольно продолжительное время, однако технологии с применением различных пропиточных смол и составов являются вредными для окружающей среды и здоровья человека. Альтернативным способом улучшения физико-механических характеристик мягких лиственных пород древесины можно считать уплотнение (термомеханическое модифицирование).

Уплотненная древесина обладает более высокими физико-механическими показателями, чем натуральная, при этом в процессе уплотнения не применяются химические составы, а улучшение свойств происходит только под воздействием высоких температур и давления. Уплотнение древесины повышает ее прочностные свойства, твердость, износостойкость, улучшает способность смачиваться жидкими связующими.

Целью экспериментального исследования являлось изучение физико-механических характеристик уплотненной древесины мягких лиственных пород и механизма пластификации древесины. Для проведения испытаний были выбраны наиболее распространенные на территории Республики Беларусь мягкие лиственные породы древесины: береза (22,6%) и ольха (8,4%).

Методика исследований. Для проведения уплотнения были изготовлены образцы 100×100 мм и толщиной 6 мм, плотность образцов из древесины березы – 640 кг/м³, из древесины ольхи – 525 кг/м³, влажность 6 %. Уплотнение древесины проводили на гидравлическом прессу типа ПСУ-50 усилием 500000 Н. Твердость образцов определяли в соответствии с ГОСТ 16483.17-81, показатель истирания – на абразиметре Табера.

Степень упрессовки составила 22 – 40 % для древесины березы и 38 – 49 % для древесины ольхи. Показатели твердости составили 0,170 – 0,278 г для березы и 0,098 – 0,164 г для ольхи, износостойкость – 34 – 45 Н/мм² для березы и 27 – 43 Н/мм² для ольхи. Твердость уплотненной древесины березы улучшилась по сравнению с натуральной на 5 – 39 %, ольхи – на 5 – 67 %, износостойкость уплотненной древесины березы улучшилась на 15 – 37 %, ольхи – 25 – 15 %. Улучшение свойств зависит от режима уплотнения древесины. Твердость и износостойкость уплотненной древесины березы и ольхи для некоторых режимов достигает значения аналогичных показателей древесины дуба.

Для определения термических характеристик древесных материалов, физических и химических процессов, протекающих в них при нагревании, выполнен термогравиметрический анализ в термоаналитической системе TGA/DSC-1/1600 HF METTLER TOLEDO Instruments.

Исследования проводили на образцах натуральной и уплотненной древесины ольхи массой 10,311 мг и 10,538 мг соответственно, в интервале температур 27 – 500 °С при скорости нагревания 5 °С/мин. Навеска материала для исследования была сделана из образцов натуральной и уплотненной ольхи влажностью 6 %. Для проведения исследования был взят образец древесины, уплотненный по следующему режиму: температура плит пресса – 110 °С, давление – 14,7 МПа, время уплотнения – 2 мин.

Графически записывали изменение массы изучаемого вещества в зависимости от температуры и времени нагрева в виде характерной термогравиметрической кривой (ТГ кривая) [1]. Изменение массы образца записывали в функции температуры, которая составляла температуру камеры печи.

Результаты и обсуждение. Дериватограммы исследуемых образцов натуральной и уплотненной древесины ольхи представлены на рисунках 1 и 2.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что процесс потери массы древесины происходит в несколько этапов, что можно объяснить протеканием различных реакций. Наиболее близким аналогом процесса, происходящего при термогравиметрическом анализе древесины и древесинных материалов, можно считать пиролиз древесины. При пиролизе происходит глубокая деструкция высокомолекулярных компонентов древесины – полисахаридов и лигнина с образованием низкомолекулярных продуктов.

Термопревращения вышеуказанных компонентов включают разнообразные реакции – термической деструкции, гидролитической деструкции, дегидратации, сопровождающихся реакциями изомеризации, диспропорционирования, окисления, а так же вторичными процессами полимеризации, преимущественно конденсационной [2].

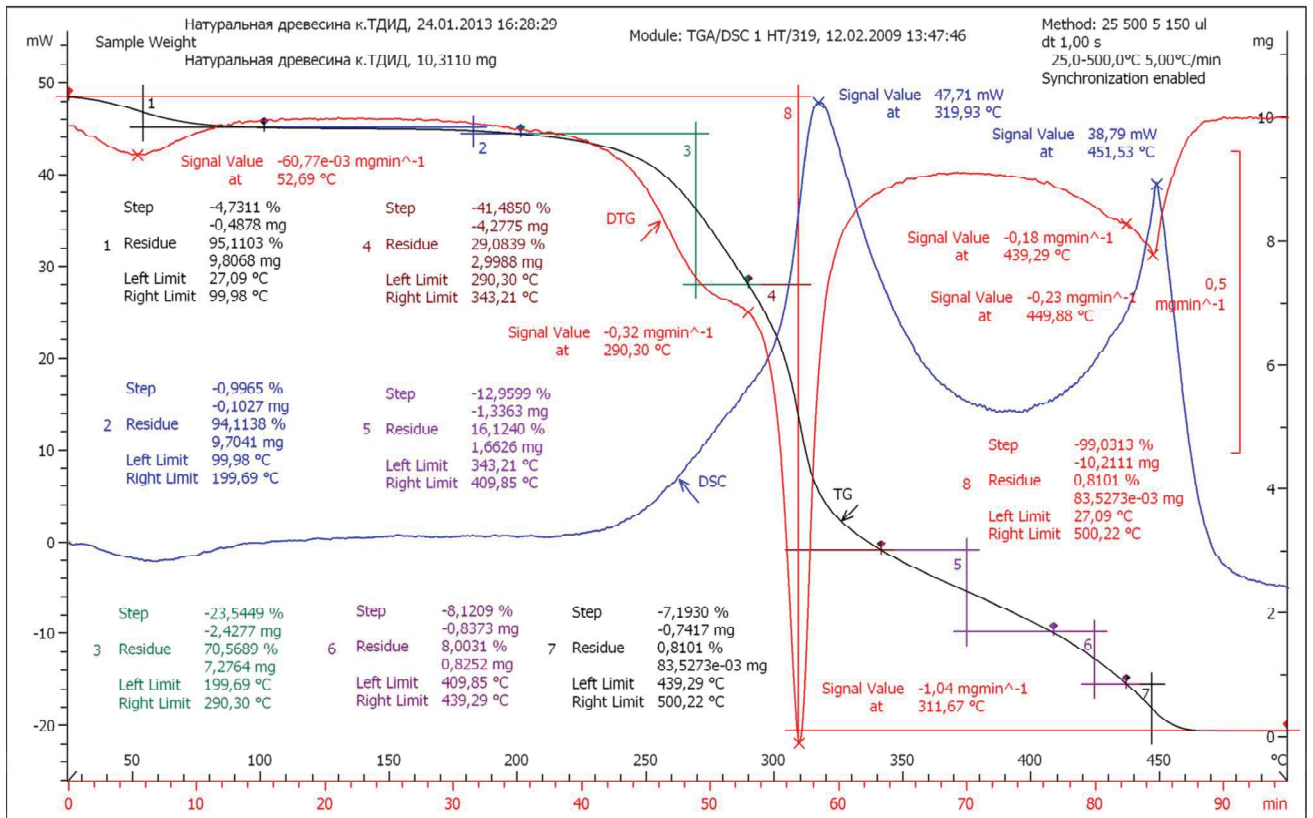


Рис. 1. Дериватограмма образца из натуральной древесины ольхи

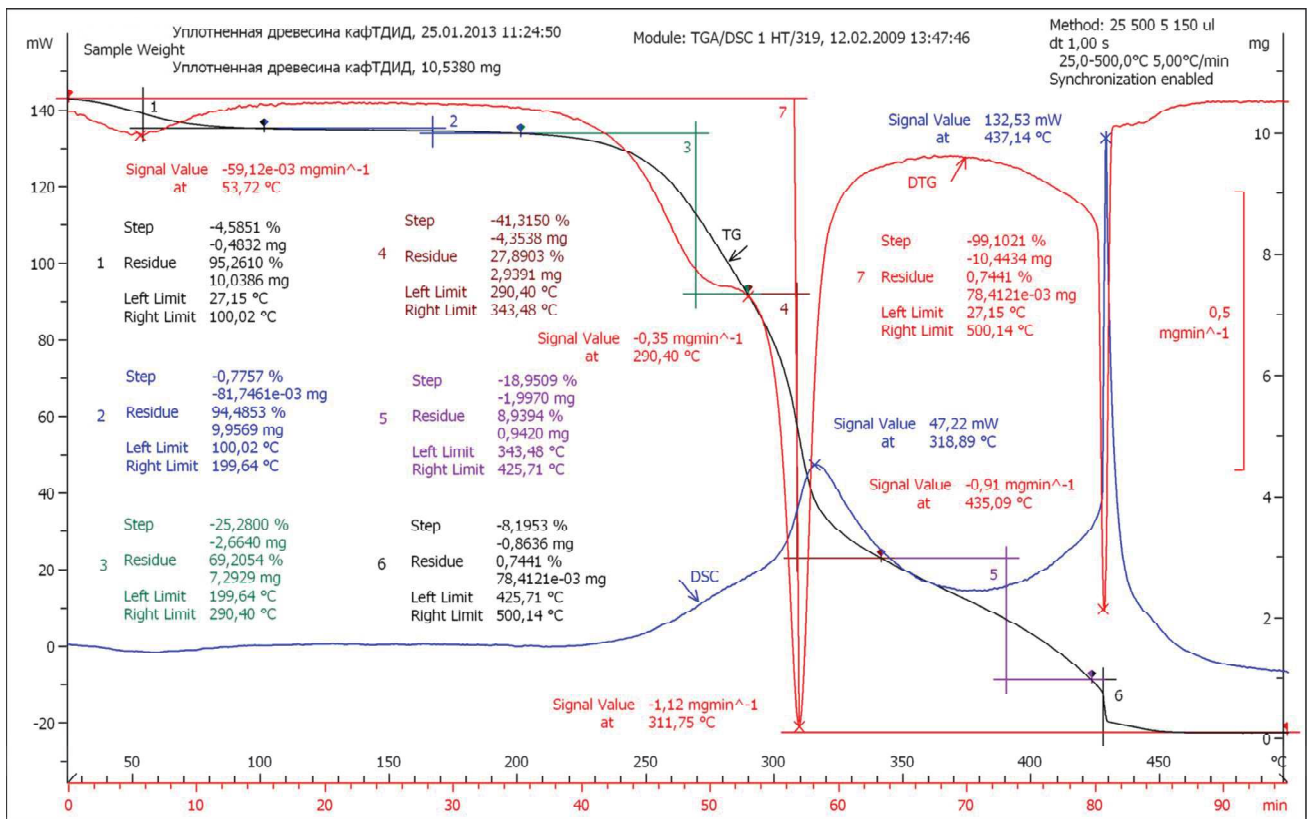


Рис. 2. Дериватограмма образца из уплотненной древесины ольхи

Дериватограммы, полученные при динамическом нагреве образцов при термической деструкции, демонстрируют наличие на дериватограммах ряда тепловых эффектов, указывающих на высокую тепловую активность компонентов древесины [3].

В интервале температур 27 – 200 °С на термограммах всех образцов наблюдается незначительная потеря массы, обусловленная испарением физической и химической влаги. По достижении температурного интервала 200–340 в образцах начинается активная стадия пиролиза целлюлозы с возрастающей скоростью потери массы. Потеря массы к этому периоду для образцов натуральной и уплотненной древесины потеря массы составляет 71 и 72% соответственно. При дальнейшем увеличении температуры до 450 наблюдается ещё один пик увеличения скорости потери массы, что можно объяснить пиролизом лигнина. Суммарная потеря массы по достижении 500 для составила 99,03 и 99,1 %.

Дериватограмму образцов из натуральной древесины можно условно разделить на 7 этапов, уплотненной – на 6. Описание этапов приведено в таблице 1.

Основным отличием в результатах термогравиметрического анализа натуральной и уплотненной древесины ольхи является сокращение количества этапов термического разложения лигнина, вызванных количественным изменением химических связей лигнина. В температурном интервале 343,48 – 425,41 происходит снижение массы на 18,9509 %, что свидетельствует о непрерывном термическом разложении лигнина.

Лигнин – наиболее термостабильный высокомолекулярный компонент древесины. Это обусловлено его ароматической природой, а так же протекающими при нагревании реакциями конденсации, которые способствуют переходу лигнина в более термостабильную форму. Особенностью лигнина является значительная роль этих реакций. К ним относятся все реакции вшивания цепей с образованием новых углерод-углеродных связей, независимо от механизма, приводящие к увеличению молекулярной массы, снижению растворимости и реакционной способности лигнина.

Природный лигнин термопластичен, т.е. при нагревании он способен размягчаться и переходить из стеклообразного состояния в высокоэластичное. Размягчение лигнина происходит в определенном интервале температур. Температуры размягчения лигнинов в зависимости от древесной породы колеблются в пределах от 130 до 190 °С для сухих образцов со структурой близкой к природному лигнину.

Таблица 1 – Поэтапное описание термогравиметрического анализа натуральной древесины ольхи.

Натуральная древесина				
Этап	Температурный интервал, °С	Потеря массы		Описание процесса
		%	мг	
1.	27,09 – 99,98	4,7311	0,4878	Сушка древесины.
2.	99,98 – 199,69	0,9965	0,1027	Из древесины испаряется связанная влага
3.	199,69 – 290,30	23,5449	2,4277	В целлюлозе протекают реакции расщепления цепей по гликозидным связям, сопровождающиеся реакциями дегидратации.
4.	290,30 – 343,21	41,4850	4,2775	Полная аморфизация целлюлозы со значительной потерей массы, начинается переход аморфизированной структуры целлюлозы в карбонизованную (формирование структуры угля). В результате экзотермических реакций выделяется теплота.
5.	343,21 – 409,85	12,9599	1,3363	Термическое разложение лигнина. Расщепление по связям C _α – C _β . Гомолитическое расщепление связей в метоксильных группах (по связи O – CH ₃).
6.	409,85 – 439,29	8,1209	0,8373	Термическое разложение лигнина. Перегруппировки с образованием связей α – 5, образованием связей 5 – 5; расщепление связей α – 5 и 5 – 5.
7.	439,29 – 500,22	7,1930	0,7417	Формирование структуры угля из конденсированных многоядерных структур
	27,09 – 500,22	99,0313	10,2111	Полное термическое разложение древесины с образованием угля.

На температуру размягчения лигнинов влияет присутствие влаги. Вода оказывает на лигнин пластифицирующее действие и снижает температуру размягчения (до 80 ... 130 °С). Однако этот эффект вызывается лишь небольшим количеством воды. Так, при влагосодержании около 2 % температура размягчения природного лигнина снижается до 110 – 115 °С. Дальнейшее повышение влагосодержания не снижает температуру размягчения. Происходят реакции первичной конденсации с образованием прочных термоустойчивых связей α – 5 [4].

Таким образом, в процессе уплотнения древесины под действием высоких температуры и давления, происходит переход лигнина в высокоэластичное состояние и образование в результате реакций конденсации связей α – 5. Этот процесс объясняет качественное и количественное изменение в структуре лигнина, которое отражается в непрерывной деструкции лигнина в температурном диапазоне 343,48 – 425,41.

Следовательно, в процессе уплотнения древесины мягких лиственных пород влажностью 6 %, при температуре плит пресса 110 °С, происходит переход лигнина в высокоэластичное состояние, в результате чего

происходит пластификация древесины. Лиственные породы древесины содержат 18 – 24 % лигнина, который является природным экологически чистым пластификатором.

Уплотнение характеризуется степенью уплотнения, которая определяется по соотношению размеров образцов из древесины до уплотнения и после уплотнения. Древесина, уплотненная под действием давления 14,7 МПа, температуры плит пресса – 110 °С и времени уплотнения 2 мин имеет степень уплотнения равную 44,5 %, что характеризует полную деформацию древесины, состоящую из остаточной и упругой деформации.

В процессе охлаждения уплотненной древесины лигнин переходит в стеклообразное состояние, что позволяет зафиксировать деформации древесины, произошедшие под влиянием механического воздействия.

Пластифицированная уплотненная древесина является формоустойчивым и термостабильным материалом с улучшенными прочностными и эксплуатационными характеристиками.

Заключение. Уплотнение древесины улучшает эксплуатационные и прочностные характеристики древесины мягких лиственных пород. Уплотненная древесина достигает твердости и износостойкости, характерной для древесины твердолиственных пород (дуба). Результаты термогравиметрического анализа показывают, что пластификация древесины происходит за счет перехода лигнина в высокоэластичное состояние под действием высокой температуры, что оказывает влияние на формоустойчивость и термостабильность уплотненной древесины.

Улучшение эксплуатационных показателей уплотненной древесины мягких лиственных пород является результатом совместного влияния давления на механические изменения в процессе уплотнения (степень уплотнения) и температуры на химические изменения (пластификация лигнина).

Полученные результаты позволяют рекомендовать уплотненную древесину в качестве материала для производства паркетных изделий, к качеству которых предъявляются высокие требования.

Так же уплотненная пластифицированная древесина может широко применяться в производстве столярно-строительных изделий, мебели и спортивного инвентаря.

Список литературы

1. Берштейн, В.А. Дифференциальная сканирующая калориметрия в физикохимии полимеров: учебник / В.А. Берштейн, В.М. Егорова. – Л.: Химия, 1990. – 256 с.
2. Пилоян, О.Г. Введение в теорию термического анализа / О.Г. Пилоян. – М.: Наука, 1984. – 254 с.
3. Оболенская, А.В. Лабораторные работы по химии древесины и целлюлозы / А.В. Оболенская, З.П. Ельницкая, А.А. Леонович. – М.: Экология, 1991. – 320 с.
4. Азаров, В. И. Химия древесины и синтетических полимеров: учебник. / В.И. Азаров, А.В. Буров., А.В. Оболенская. 2-е изд., испр. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 624 с.

УДК 624.08

В. Ю. Яроцкий

(Гродненский государственный университет имени Янки Купалы)

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ ВЫСОКОПРОЧНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИАМИДА 6

Проведено исследование микроструктуры деталей, изготовленных из композиционного материала на основе полиамида 6, армированного отрезками стеклянных нитей, углеволокном и модифицированного графитом. Исследуемые материалы: Гроднамид ПА6-ЛТ-СВ30PW, Гроднамид ПА6-ЛТЧ150-СВ30PW, УПА 6-30-А.

Введение. Исследование микроструктуры основано на взаимодействии некоторой формы излучения с тщательно подготовленным образцом. Обычно для этого используют видимый свет, рентгеновское излучение или пучок высокоэнергетических электронов. Эти формы излучения соответствуют методам оптической микроскопии, рентгеновской дифрактографии и электронной микроскопии. Появившийся в результате взаимодействия сигнал обрабатывают для получения качественной или количественной информации.

Понятие мезоструктуры применимо для описания особенностей, размер которых находится на пределе возможностей невооруженного глаза (0,2 мм – 1 мм). Введение этого масштабного уровня особенно ценно для композиционных материалов, характерный масштаб структуры которых определяется размером волокон, наполнителя, пор и т.д.

Понятие микроструктуры охватывает детали, размер которых лежит в пределах от одного до ста микрон. Именно этот уровень вызывает наибольший интерес ученых и инженеров. К этому структурному уровню относятся микрзерна и частицы, расстояние между частицами, микротрещины и микропоры. [1]

Среди высокопрочных и ударопрочных композиционных материалов большой объем составляют композиции на основе Полиамида 6. Нами рассматривается стеклонаполненные композиционные материалы