

3. ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ, ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЕРЕВОПЕРЕРАБОТКИ

УДК 665.947.82

Е.И. Гапанькова, И.А. Латышевич, Н.Г. Козлов, А.В. Бильдюкович

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ХРАНЕНИЯ НА СВОЙСТВА ПРЕПРЕГОВ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛЫЖ

Введение. В настоящее время производство многих материалов, изделий и силовых конструкций требует особых технологий. Объемы применения композиционных материалов в различных отраслях промышленности растут с каждым годом. Это связано с тем, что использование композитов позволяет достичь широкого спектра полезных характеристик у конечных изделий [Каблов, 2012]. Разумеется, все это было бы невозможно без внедрения новых материалов и их технологий в производственные процессы. Полимерный композиционный материал (ПКМ) представляет собой созданный неоднородный сплошной материал, состоящий минимум из двух компонентов с четкой границей раздела между ними, где в качестве одного из компонентов выступает наполнитель (волокно, ткань, мат), а другого – полимерная матрица (связующее). Вопросами пропитки полимерными связующими волокнистых наполнителей занимались многие исследователи, руководствуясь основами физико-химических процессов пропитки, т. е. достигая равномерного распределения полимерного связующего по волокнистой основе.

Для создания препрогов используют пропиточные машины. Основу установки составляют узлы размотки рулона с защитной плёнкой и армирующим наполнителем, пропитки связующим, прокладки защитной плёнкой, намотки готового продукта в рулоны с контролируемым натяжением. Известны ПМК с малым (несколько часов) и длительным сроком хранения (несколько месяцев). В процессе его хранения физико-химические свойства могут изменяться под воздействием внешних факторов (раздражителей), что может привести к деструкции связующего (разрыв швов макромоле-

кул, частичная полимеризация и другие изменения) [Бобрович, 2014]. В связи с этим актуальной является проблема оценки технологических свойств препрегов в зависимости от условий хранения при соблюдении температурных режимов, так как для каждого конкретного препрета ограничения по условиям хранения определяются еще на стадии разработки ПКМ.

Цель работы – установить технологичность («жизнеспособность») опытных препретов и возможность их использования при склеивании пластиковых лыж.

Методика исследования. В качестве первого объекта исследования выступали наработанные опытные партии препретов (препрет-лента и препрет-флис) с применением разработанного эпоксидного связующего, описанного ранее [Латышевич, 2020], изготовленные на лабораторной пропиточной установке [Козлов, 2022] в количестве 200 м.п. каждого в марте 2022 г.

В качестве второго объекта исследования выступали экспериментальные лыжи, изготовленные с использованием лабораторных опытных образцов препрет-ленты и препрет-флиса, имеющих различный период хранения.

В данной работе произведена оценка влияния срока хранения препретов на возможность их применения без снижения перерабатывающей способности при склеивании лыж. Однако подтверждение технологичности препретов не означает контроль и исследование всех параметров. В качестве методик для определения технологических свойств препретов выбраны: изучение изменения массы единицы площади (PA_i , g/m^2) по ГОСТ 32649–2014 «Композиты полимерные. Определение массы на единицу площади препретов; контроль изменения содержания связующего (MC и MC_1 , %) по ГОСТ Р 56796–2015 «Композиты полимерные. Препреты. Метод определения содержания исходных компонентов в препрете»; изучение изменения содержания летучих продуктов (V_c) по ГОСТ Р 56789–2015 «Композиты полимерные. Препреты. Метод определения содержания летучих веществ в препрете; изучение изменения степени полимеризации (N) по СТБ 1103–98 «Арматура стеклопластиковая. Технические условия».

Контроль эксплуатационных показателей пластиковых экспериментальных лыж включал в себя определение следующих показателей согласно ГОСТ 30199–94 «Лыжи. Определение массы и положения центра тяжести», ГОСТ 17043–90 «Лыжи. Технические условия» и ГОСТ 30045–93 «Лыжи спортивно-беговые. Методы испытаний»: масса лыжи; стрела прогиба лыжи; положение центра тяжести лыжи; жесткость и прочность при изгибе; остаточный прогиб; жесткость передней и задней частей лыжи; усталость при циклическом нагружении.

Для проведения исследования препреги нарабатывали партиями. Описание наработанных лабораторных опытных образцов препрегов представлено в табл. 1.

Таблица 1

Описание препрегов

Description of prepregs

Образец	Армирующий материал	Дата изготовления
Препрег 706-1	Лента на основе односторонних директ-ролингов марки ЕС16 1200 52С (22 шт.) маркировки 4,1 полиз.нити/см	1-й комплект рулонов от 02.03.2022
Препрег 706-2	Лента на основе односторонних директ-ролингов марки ЕС16 1200 52С (23 шт.)	
Препрег-флис 707	Строительный стеклохолст (40 г/м ²)	
Препрег 708	Лента на основе односторонних директ-ролингов марки ЕС16 1200 52С (22 шт.) маркировки 10 полиз.нитей/см	2-й комплект рулонов от 04.03.2022
Препрег-флис 709	Строительный стеклохолст (40 г/м ²)	
Препрег 710	Лента на основе односторонних директ-ролингов марки ЕС16 1200 52С (22 шт.) маркировки 10 полиз.нитей/см	3-й комплект рулонов от 10.03.2022
Препрег-флис 711	Строительный стеклохолст (40 г/м ²)	
Препрег 712	Лента на основе односторонних директ-ролингов марки ЕС16 1200 52С (22 шт.) маркировки 4,1 полиз.нитей/см	4-й комплект рулонов от 11.03.2022
Препрег-флис 713	Строительный стеклохолст (40 г/м ²)	

Известно, что у препрегов в процессе их хранения технологические характеристики изменяются. Это происходит за счет испарения растворителя, вследствие чего может нарастать содержание нерастворимой смоляной части. Эти процессы сильно зависят от условий и длительности хранения. В реальных условиях, на отечественном лыжном производстве, расположенном в г.п. Телеханы, принято хранить ПМК в морозильной камере при минус 18°C. С целью определения «жизнеспособности» наработанных препрегов организовано их хранение на базе ИТФОХ НАН Беларусь в морозильной камере. Препрег-ленты и препрег-флис хранили свернутыми в рулоны в плотно запечатанной упаковке. В течение последующих трех месяцев отбирали пробы препрегов, проводили их испытания по указанным методикам и производили склейку экспериментальных лыж с каждым комплектом изготовленных препрегов.

Результаты исследования. Показатели качества препрогов определены непосредственно перед закладкой на хранение и представлены на гистограмме с группировкой всех определяемых параметров для каждого наработанного опытного образца препрого (рис.1).

Степень полимеризации всех изготовленных образцов препрогов принята равной нулю для проведения дальнейших расчетов данного показателя в процессе хранения и установления факта «живееспособности».

Далее контрольные испытания препрогов проходили непосредственно перед склейкой экспериментальных лыж (рис. 2).

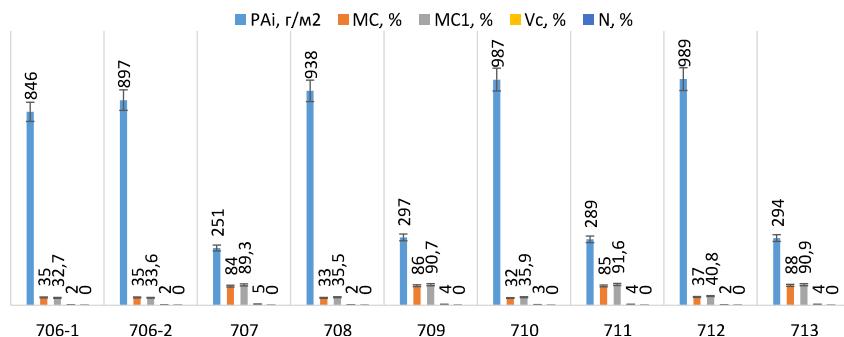


Рис. 1. Результат лабораторных испытаний препрогов перед закладкой на хранение

Fig. 1. The result of prepreg laboratory testing before storage

Нормативные значения показателей «Масса на единицу площади», «Содержание связующего путем растворения», «Содержание летучих веществ» установлены согласно техническим характеристикам на разрабатываемые препрогои.

Завышенные значения показателей «Масса на единицу площади» обусловлены высокой массой сухого армирующего материала для изготовления препрого-ленты. Высокие значения показателя «Содержание связующего путем растворения» для препрого-флисов привело к излишнему вытеканию термореактивного связующего при проведении склейки лыжных заготовок. Значения показателя «Содержание связующего путем растворения» ниже требуемых для препрогов не оказали влияния на процесс склеивания лыжных заготовок. Анализ полученных результатов показал, что с увеличением срока хранения препрогов в условиях морозильной камеры происходит частичная полимеризация отдельных образцов с 0 до 4,1%. Это происходит за счет того, что сушка образцов происходила не в закрытой камере, регулировалась в ходе производственного процесса, а отбор проб осуществлялся случайным образом.

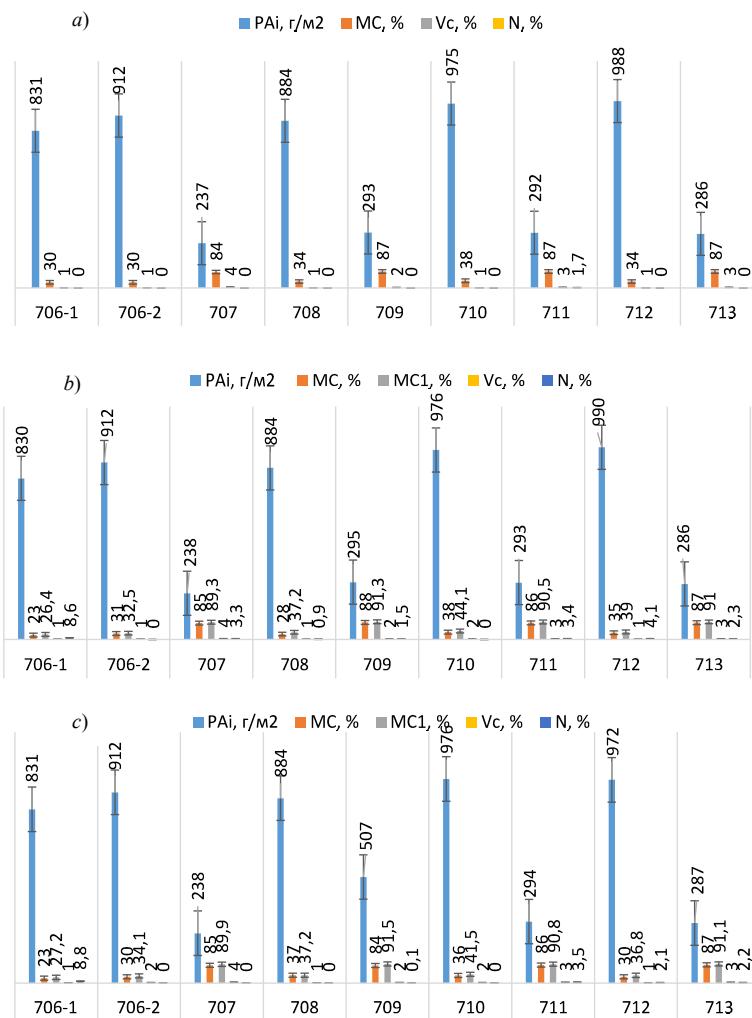


Рис. 2. Результат лабораторных испытаний препрегов в процессе хранения:
а – хранение в течение 40 дней; б – хранение в течение 65 дней; в – хранение
в течение 90 дней

Fig. 2. Result of laboratory testing of prepregs during storage:
a) – storage for 40 days; b) – storage for 65 days; c) – storage for 90 days

С использованием испытуемых препрегов было произведено четыре опытные склейки лыж, первая из которых произведена непосредственно после наработки препрег-ленты и препрег-флиса. Всего склеено 72 экспериментальные лыжи.

Следует отметить, что образцы препрегов, в которых начался процесс полимеризации связующего, также были использованы при склейке экспериментальных лыж. Последние не уступали остальным образцам по механическим показателям.

Для наглядности полученных результатов принято решение о приведении диапазона значений по каждому из значимых показателей покомплектно и усредненного результата после проведения последней склейки экспериментальных лыж.

В табл. 2 и 3 представлены результаты лабораторных измерений основных показателей экспериментальных лыж, проведенных на испытательных стендах в УО БГТУ.

Таблица 2

Результаты измерений основных показателей лыж

The results of measurements of the main indicators of skis

Комплект лыж	Образцы	Масса лыжи, г	Длина лыжи, мм	Положение центра тяжести, мм	Стрела прогиба, мм
1	358–373	629–739	1787–1793	848–880	24,3–32,8
2	374–389	691–782	1790–1796	854–872	23,7–32,6
3	390–413	663–741	1769–1792	843–866	18,7–32,7
4	414–429	671–740	1793–1795	850–871	23,5–36,5
Среднее		705	1791	860	27,9
Норма					Не более 30

Завешенные значения показателя «Масса лыжи» (более 750 г) для некоторых образцов лыж объясняются, прежде всего, высокой массой среднего клина.

Завышенные значения показателя «Стрела прогиба» обусловлены особенностями геометрии самой пресс-формы. Для иных случаев, имеющих отклонение от нормативного значения, данный показатель зависит от качества и количества армирующих слоев препрега, используемых при склеивании лыжной заготовки. Зная конструктивные особенности формирова-

ния лыжного пакета, данный показатель может быть скорректирован до нормативного значения.

Итак, все экспериментальные лыжи имели один типоразмер – длина лыжной заготовки 1800 мм.

Таблица 3

Результаты измерений и расчетов основных показателей средней части лыж

The results of measurements and calculations of the main indicators of the middle part of the skis

Комплект лыж	Индекс жесткости FA, Н	Остаточная длина при FA, мм	При нормативной нагрузке 245 Н		Жесткость средней части, Н/мм	Разрушающая нагрузка, Н
			Остаточный прогиб, мм	Остаточная длина, мм		
1	245–520	455–510	0,33–1,35	480–510	147–184	2201–3090
2	230–520	460–520	0,20–1,34	490–535	154–189	1948–3105
3	245–520	450–495	0,20–1,28	480–600	153–194	1960–3140
4	230–520	460–495	0,24–2,11	485–575	141–235	2283–3069
Среднее	368	482	0,80	501	167	2645
Норма	Не менее 50		0,6–1,7	350–550		Не менее 2060

Отклонение от нормативных значений показателя «Остаточный прогиб» характерно для лыжных заготовок, склеенных на втором этаже пресса (исключение – две лыжи, склеенные на первом этаже). На данный показатель, как и на показатель «Индекс жесткости FA» оказывают влияние применяемые на данной прессе стальные пластины, уложенные на среднюю часть профилированных плит пресса каждого этажа. Следует отметить, что указанные пластины имеют различную толщину – на втором этаже более толстая пластина, что оказало влияние на отклонение от нормативных значений показателя «Остаточный прогиб». Также для лыж, полученных из лыжных заготовок, склеенных на втором этаже, характерны более высокие значения показателя «Индекс жесткости FA». Значение показателя «Разрушающая нагрузка» для всех лыж превышало нормативное значение, за исключением двух лыж, которые имеют значения ниже, но близкие к нормативному. Зоны разрушения, следовательно, зоны с повышенными деформациями хорошо проявлялись, благодаря побелению соответствующих

участков декоративного слоя на основе термопластичного полимера. По этим характерным побелениям судили о характере разрушения средней части лыжи. При анализе полученных для разрушающей нагрузки средней части лыжи данных установлено, что для низких и высоких значений разрушающей нагрузки прослеживается их зависимость от расположения шипового соединения ламелей средней части клина. Значения разрушающей нагрузки средней части лыж напрямую зависят от расположения шиповых соединений древесной части среднего клина.

Показатель «Усталость при циклическом нагружении» определяли для выбранных образцов лыж после изучения прочностных характеристик средней части экспериментальных лыж. Образец 358: после примерно 5 тыс. циклов на верхней поверхности лыжи тактильно зафиксировано расслоение в шиповом соединении. Испытание продолжено. После ~ 35 тыс. циклических воздействий проявился «рисунок» шипового соединения на защитно-декоративном слое. Испытание продолжено. После 50 тыс. циклов проявленные ранее дефекты не изменились. Стрела прогиба лыжи после испытания – 20,1 мм, коэффициент усталости – **29,2%** (рис. 3).



Рис. 3. Дефекты после испытания на циклические нагрузления

Fig. 3. Defects after cyclic loading test

Образец 363: После 5 тыс. циклов испытания проявились следы смятий и побелений декоративного слоя в местах шиповых соединений. Испытание продолжено. После ~ 36 тыс. циклов на верхней поверхности лыжи тактильно зафиксированы увеличения следов деформации шиповых соединений. Лыжа держит форму, испытание продолжено. После 47 тыс. циклов появилась трещина на скользящем слое, испытание остановлено. С помощью пиromетра производилось измерение температуры на боковой и верхней поверхностях лыжи. Исходная температура в начале испытания 22 °C. Зафиксирован разогрев лыжи в период испытаний до 36 °C. Отслоений от препрег-флиса декоративного слоя и древесины среднего клина не наблюдалось (рис. 4).



Рис. 4. Дефекты после испытания на циклические нагрузения

Fig. 4. Defects after cyclic loading test

Образец 373: После 3–5 тыс. циклов испытания появились следы смятий и побелений в местах шиповых соединений. После $\sim 13,5$ тыс. циклов на верхней поверхности лыжи тактильно зафиксирована трещина по периметру поперечного сечения в местах шиповых соединений. Испытание остановлено из-за появления трещины на скользящем слое (рис. 5).



Рис. 5. Дефекты после испытания на циклические нагрузения

Fig. 5. Defects after cyclic loading test

Образец 382: После первых 2 тыс. нагрузений появились характерные рисунки в местах шиповых соединений среднего клина. Лыжа выдержала полный цикл нагрузений без нарушения своей целостности. Стрела прогиба лыжи после испытания – 21,1 мм, коэффициент усталости – **20,08%** (рис. 6).



Рис. 6. Дефекты после испытания на циклические нагрузения

Fig. 6. Defects after cyclic loading test

Образец 385: После начала испытания проявились дефекты в местах шиповых сращиваний среднего клина. Лыжа выдержала полный цикл нагружений без нарушения своей целостности. Стрела прогиба лыжи после испытания – 21,35 мм, коэффициент усталости – 15,61% (рис. 7).



Рис. 7. Дефекты после испытания на циклические нагрузления

Fig. 7. Defects after cyclic loading test

Образец 391: После 6–8 тыс. циклов испытания появились дефекты в местах шиповых соединений. «Рисунок» шипового соединения на защитно-декоративном слое сохранился до конца испытания. После 50 тыс. циклов проявленные ранее дефекты не изменились. Стрела прогиба лыжи после испытания – 21,6 мм, коэффициент усталости – 22% (рис. 8).



Рис. 8. Дефекты после испытания на циклические нагрузления

Fig. 8. Defects after cyclic loading test

Образец 400: на испытание оставлена лыжа, на которой сконцентрированы шиповые соединения по всей ширине лыжи. В начале испытания образовались «рисунки» шиповых сращиваний древесины. После 2200 циклов произошел разлом лыжи по древесине. Отслоений препрегов от верхнего декоративного и нижнего скользящего слоев не выявлено (рис. 9).



Рис. 9. Дефекты после испытания на циклические нагрузления

Fig. 9. Defects after cyclic loading test

Образец 413: На испытанной лыже появились дефекты в местах шиповых соединений. После 50 тыс. циклов проявленные ранее дефекты не изменились. Стрела прогиба лыжи после испытания – 16,67 мм, коэффициент усталости – **15,4%** (рис. 10).

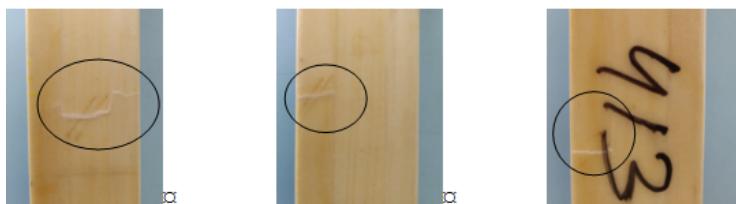


Рис. 10. Дефекты после испытания на циклические нагрузления

Fig. 10. Defects after cyclic loading test

В табл. 4 представлены результаты испытаний экспериментальных лыж по определению жесткости передней (носочной) и задней (пяточной) частей.

Таблица 4

Результаты измерений и расчетов показателей передней/задней частей лыж

The results of measurements and calculations of indicators of the front and rear parts of the skis

Комплект лыж	Расстояние от центра тяжести до края зажимающего устройства, мм	Задняя часть лыжи		Передняя часть лыжи	
		нагрузка (прогиб 30 мм, Н)	жесткость, Н/мм	нагрузка (прогиб 30 мм, Н)	жесткость, Н/мм
1	447–448	60–81	2,0–2,7	82–105	2,73–3,5
2	448–449	56–75	1,87–2,50	73–96	2,43–3,2
3	442–448	31–78	1,03–2,60	64–95	2,13–3,17
4	448–449	64–82	2,13–2,73	83–124	2,73–4,13
Среднее	448	68	2,26	88	2,93
Норма		40–60	1,33–2,0	50–80	1,66–2,66

Жесткость задней части и жесткость передней части лыж завышена для большинства экспериментальных лыж, что является следствием применяемой технологии сборки лыжного пакета на филиале «Телеханы» – на

носочную и пятую части (для укрепления) укладываются конечные отрезки препрег-ленты длиной 300 и 250 мм соответственно.

Выходы. По результатам контроля технологических параметров экспериментальным способом установлен и подтвержден факт «жизнеспособности» всех опытных образцов препрег-ленты и препрег-флиса при соблюдении условий их хранения. Используемые методики и проведенные исследования позволили установить изменения технологических свойств препрега в процессе хранения и заключить, что технологичность в течение трех месяцев снижается незначительно, что не сказывается на дальнейшем его применении. Экспериментально факт «жизнеспособности» доказан путем проведения контрольных склеек лыж с применением наработанных препрегов через определенные промежутки времени. Основываясь исключительно на результатах проведенного комплекса испытаний и исследований образцов лыж в БГТУ, наработанные в ИФОХ НАН Беларусь препрег-лента и препрег-флис по большинству показателей позволяют обеспечивать требуемые показатели качества лыж на уровне образцов лыж, изготовленных из импортных препрегов.

Библиографический список

Бобрович Б.Б. Полимерные композиционные материалы (структура, свойства, применение): учеб. пособие. М.: ФОРУМ ИНФРА-М, 2014. 400 с.

Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года // Авиационные материалы и технологии. 2012. № 8. С. 7–17.

Козлов Н.Г., Гапанькова Е.И., Латышевич И.А., Бильдюкович А.В. Влияние типа армирующих волокнистых наполнителей препрега на физико-химические свойства лыж // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2022. Вып. 240. С. 186–196.

Латышевич И.А., Гапанькова Е.И., Полховский А.В., Бильдюкович А.В., Шетко С.В., Прохорчик С.А., Клюев А.Ю., Козлов Н.Г. Полимерный композиционный материал на основе терпеноидного сырья для производства пластиковых лыж // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2020. Вып. 233. С. 208–220.

References

Bobrovich B.B. Polimernyye kompozitsionnyye materialy (struktura, svoystva, primeneniye) [Polymer composite materials (structure, properties, application)]: ucheb. posobiye. M.: FORUM INFRA-M, 2014. 400 p. (In Russ.)

Kablov Ye.N. Strategicheskiye napravleniya razvitiya materialov i tekhnologiy ikh pererabotki na period do 2030 goda [Strategic directions for the development of materials and technologies for their processing for the period up to 2030]. Aviation materials and technologies, 2012, no. S, pp. 7–17. (In Russ.)

Kozlov N.G., Hapankova A.I., Bildyukevich A.V., Vliyanie tipa armiruyushchikh voloknistykh napolniteley preprega na fiziko-mekhanicheskiye svoystva lyzh [The type influence of the reinforcing fiber filler in prepgs on the physical and mechanical properties of skis]. Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehnicheskoy Akademii, 2022, iss. 240, pp. 186–196. (In Russ.)

Latyshevich I.A., Hapankova A.I., Polkhovsky A.V., Bildyukevich A.V., Shetko S.V., Prokhorchik S.A., Klyuev A.Yu., Kozlov N.G. Polimernyy kompozitsionnyy material na osnove terpenoidnogo syr'ya dlya proizvodstva plastikovykh lyzh [Polymer composite material based on terpenoid raw materials for the production of plastic skis]. Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehnicheskoy Akademii, 2020, iss. 233, pp. 208–220. (In Russ.)

Материал поступил в редакцию 21.12.2022

Гапанькова Е.И., Латышевич И.А., Козлов Н.Г., Бильдюкович А.В.
Оценка влияния длительности хранения на свойства препрегов и механические свойства лыж // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2023. Вып. 242. С. 189–203. DOI: 10.21266/2079-4304.2023.242.189-203

Рассмотрен актуальный вопрос применения современных полимерных композиционных материалов для создания на их основе новых востребованных продуктов. Технология описываемых композитов заключается в пропитке армирующего волокнистого стекломатериала, которая достигается путем равномерного распределения полимерного эпоксидного связующего по волокнистой основе. Приводится анализ двух объектов исследований, в качестве которых выступают препреги и пластиковые лыжи. Проведена оценка влияния времени и условий хранения препрегов на основе разработанного связующего на его технологические свойства. С применением препрегов с различным сроком хранения произведена склейка экспериментальных лыж и проведен анализ их механических свойств. Для оценки свойств препрегов использованы методики, включающие изучение изменений массы единицы площади, содержания связующего, содержания летучих продуктов и степени полимеризации. Изучение свойств производили на протяжении всего эксперимента – 90 дней. Оценка свойств лыж дана согласно ГОСТ 30199–94, ГОСТ 17043–90 и ГОСТ 30045–93 по показателям: масса лыжи, стрела прогиба лыжи, положение центра тяжести лыжи, жесткость и прочность при изгибе, остаточный прогиб, жесткость передней и задней частей лыжи, усталость при циклическом нагружении. Изучение основных характеристик лыж производили сразу после склеивания. Установлено, что выбранные для подтверждения технологичности препрегов показатели позволили адекватно оценить их «жизнеспособность». Сделаны выводы о применении

препретов по прямому назначению при соблюдении условий их хранения без снижения качества изготавливаемых современных пластиковых лыж.

Ключевые слова: связующее, препрет, хранение, лыжи, технологичность, свойства.

Напанкова Е.И., Латышевич И.А., Козлов Н.Г., Бильдюкевич А.В. Impact assessment of storage time on the properties of prepgs and mechanical properties of skis. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotekhnicheskoy Akademii*, 2023, iss. 242, pp. 189–203 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2023.242.189-203

The article presents the topical question regarding the application of modern polymer composites to create new demanded products on their basis. The technology of the described composites consists in impregnation of reinforcing fibrous glass material, which is achieved by uniform distribution of polymeric epoxy binder on the fibrous base. The article analyzes two objects of research, which are prepgs and plastic skis. The impact assessment of time and storage conditions of prepgs on its technological properties based on the developed binder has been evaluated. Prepgs with different periods of storage were used for the bonding of experimental skis, their mechanical properties were analyzed. To assess the properties of prepgs, we used methods that include the study of changes in unit weight, binder content, volatile product content and degree of polymerization. The properties were studied throughout the experiment – over 90 days. Ski properties were evaluated according to GOST 30199–94, GOST 17043–90 and GOST 30045–93 by the following indicators: ski weight, ski slope, position of the ski center of gravity, rigidity and bending strength, residual deflection, rigidity of the front and rear parts of the ski, fatigue under cyclic loading. The main characteristics of the skis were studied immediately after bonding. It was found that the indicators selected to confirm the manufacturability of prepgs allowed to adequately assess their «survivability». Based on the results of the work, conclusions were made about the use of prepgs for their intended purpose while observing the storage conditions without compromising the quality of modern plastic skis.

Ключевые слова: binder, prepg, storage, skis, manufacturability, properties.

ГАПАНЬКОВА Елена Игоревна – научный сотрудник лаборатории мембранных процессов. Государственное научное учреждение «Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларусь». ORCID: 0000-0002-7629-8304.

220072, ул. Сурганова, д. 13, г. Минск, Республика Беларусь. E-mail: elenagapankova@gmail.com.

HAPANKOVA Alena I. – researcher of the Laboratory of Membrane Processes. State scientific institution «Institute of physical organic chemistry of The National academy of sciences of Belarus». ORCID: 0000-0002-7629-8304.

220072. Surganov str. 13. Minsk. Republic of Belarus.
E-mail: elenagapankova@gmail.com

ЛАТЫШЕВИЧ Ирина Александровна – научный сотрудник лаборатории мембранных процессов. Государственное научное учреждение «Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларусь». ORCID: 0000-0002-2791-3577.

220072, ул. Сурганова, д. 13, г. Минск, Республика Беларусь. E-mail: irinalatyshevitch@gmail.com

LATYSHEVICH Iryna A. – researcher of the Laboratory of Membrane Processes. State scientific institution «Institute of physical organic chemistry of The National academy of sciences of Belarus». ORCID: 0000-0002-2791-3577.

220072. Surganov str. 13. Minsk. Republic of Belarus.
E-mail: irinalatyshevitch@gmail.com

КОЗЛОВ Николай Гельевич – ведущий научный сотрудник лаборатории мембранных процессов. Государственное научное учреждение «Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларусь», доктор химических наук. SPIN-код: 7032-6636.

220072, ул. Сурганова, д. 13, г. Минск, Республика Беларусь. E-mail: loc@ifoch.bas-net.by

KOZLOV Nikolay G. – DSc (Chemistry), Leading Researcher of the Laboratory of Membrane Processes. Public scientific institution «Institute of physical organic chemistry of The National academy of sciences of Belarus». SPIN-код: 7032-6636.

220072. Surganov str. 13. Minsk. Republic of Belarus. E-mail: loc@ifoch.bas-net.by

БИЛЬДЮКЕВИЧ Александр Викторович – академик, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией мембранных процессов. Государственное научное учреждение «Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларусь», доктор химических наук. ORCID 0000-0003-3662-9970.

220072, ул. Сурганова, д. 13, г. Минск, Республика Беларусь. E-mail: uf@ifoch.bas-net.by

BILDYUKEVICH Alexander V. – DSc (Chemistry), academician, Leading Researcher, Head of a theme group of chemistry of nitrogen-containing organic substances. State scientific institution «Institute of physical organic chemistry of The National academy of sciences of Belarus». ORCID 0000-0003-3662-9970.

220072. Surganov str. 13. Minsk. Republic of Belarus.
E-mail: uf@ifoch.bas-net.by