

УДК 629.7.017

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ТОНКОЛИСТОВЫХ ОБШИВОК ЛОПАСТЕЙ ВЕРТОЛЕТА ИЗ КОНСТРУКЦИОННОГО СТЕКЛОПЛАСТИКА ВПС-53К

© 2016 В.И. Постнов¹, И.И. Плетинь¹, Е.А. Вешкин¹, И.В. Старостина², С.В. Стрельников¹,¹ Ульяновский научно-технологический центр федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский институт авиационных материалов»² Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский институт авиационных материалов», г. Москва

Поступила в редакцию 21.10.2016

В статье рассматриваются этапы внедрения стеклотекстолита ВПС-53К и серийных технологий автоклавного и прессового способов его формования, описываются проблемы возникающие при этом, а так же приводятся способы их решения, которые позволяют реализовать в листах стеклопластика воспроизводимый уровень упруго-прочностных и эксплуатационных свойств от партии к партии.

Ключевые слова: листовой стеклопластик, клеевой препрег, стеклоткань поверхностная плотность, полимерное связующее, полимерный композиционный материал, способ изготовления, прессование.

*Работа выполнена в рамках реализации комплексного научного направления 17.2.:
Разработка технологии изготовления конструкционного стеклопластика ВПС-53к
для изготовления обшивок хвостовых отсеков лопастей [1].*

Тактико-технические характеристики летательных аппаратов зачастую определяются параметрами, используемых в их узлах и конструкциях материалами. В связи с этим в ВИАМ разработаны «Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года», в которых представлены 18 комплексных проблем с учетом тенденций развития материалов в мире поенным направлениям. Одним из основных таких направлений является направление 13 полимерные композиционные материалы (ПКМ), применение которых в авиационной технике за последние годы приобрело широкий масштаб, как по числу используемых материалов, так и тоннажу [2,15]. Поэтому создание новой перспективной техники сегодняшними конструкторами связывается с использованием ПКМ нового поколения, разработанных с применением новейших технологических решений [3].

История применения ПКМ в лопастях вертолетов насчитывает несколько десятилетий. Это касается вертолетов транспортного и боевого применения, а также легких геликоптеров гражданского назначения [4-6].

Постнов Вячеслав Иванович, доктор технических наук, доцент, начальник УНТЦ ВИАМ.

E-mail: intcviam@viam.ru

Плетинь Иван Иванович, заместитель начальника УНТЦ ВИАМ по производству, Тел.: 8(8422) 52-45-22.

E-mail: intcviam@viam.ru

Вешкин Евгений Алексеевич, начальник сектора.

E-mail: intcviam@viam.ru

Старостина Ирина Владимировна, начальник отдела контроля качества. E-mail: admin@viam.ru

Стрельников Сергей Васильевич, и.о. начальника лаборатории.

На рис. 1 представлен легкий вертолет «Беркут», для конструкции которого была разработана технология формования лопасти с применением стеклопластика на основе стеклоткани Т-10-14 и связующего ЭДТ-69Н (рис. 2) [7].



Рис. 1. Вертолет «Беркут»



Рис. 2. Заготовка лопасти вертолета «Беркут»

Применение в конструкции вертолета Ми-28Н (рис. 3) лопасти, в хвостовом отсеке которой был использован тонколистовой органопластик Органит 11ТЛ (толщиной до 0,45 мм) (рис. 4), позволило повысить их эксплуатационный ресурс во всех климатических зонах [8]. Данный факт позволил изготовителям этого типа вертолета расширить число потенциальных Заказчиков во многих зарубежных странах.



Рис. 3. Вертолет Ми-28Н

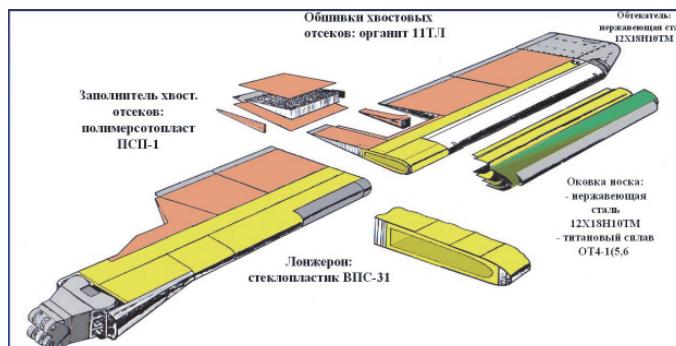


Рис. 4. Конструкция лопасти несущего винта для вертолетов Ми-28Н

В течении пяти лет обшивки из Органит 11ТЛ серийно производились в УНТЦ ФГУП «ВИАМ» и поставлялись Заказчику.

Серийная технология тонколистовых заготовок Органит 11ТЛ базировалась на процессах вакуумной пропитки армирующей ткани СВМ арт. 5381/1-89 (ТУ 17.0001040.6-105) пленочным kleem BK-36РТ (ТУ1-595-24-486), с последующим процессом прессования заготовок в специальных пресс-формах между нагретыми плитами гидравлических прессов. За данный период было произведено несколько десятков тысяч листов Органит 11ТЛ и передано Заказчику без замечаний по качеству.

Однако с целью дальнейшего повышения эксплуатационного ресурса хвостовой части лопасти данного вертолета конструкторами была поставлена задача использовать в тонкостенных обшивках материал с более высокими усталостными свойствами, длительно работающими при знакопеременных нагрузках. Такой материал в ФГУП «ВИАМ» был создан в виде стеклопластика ВПС-53К [9,10].

Выявление технологических и производственных особенностей всех процессов присутствующих при начале серийного производства тонколистовых заготовок из стеклопластика ВПС-53К производилось в условиях опытного производства УНТЦ ФГУП «ВИАМ» (рис. 5) [11].



а

Рис. 5. Производственные участки:
а) участок автоклавного формования; б) участок прессования



б

Таблица 1. Свойства изготовленных листов ВПС-53к

Вид и режим формования	Поверхностная плотность листа г/м ²	Толщина, мм	Предел прочности при растяжении 0°, МПа	Предел прочности при растяжении 90°, МПа	Содержание связующего, % масс	Поверхностная плотность листа г/см ²	Влагопоглощение, % масс.
Автоклав P=0,3 МПа	<u>570,07;</u> 575,7- 580,7	<u>0,32</u> 0,30 -0,34	<u>895*</u> 780-980	<u>390*</u> 370-415	-	<u>1,81</u> 1,80-1,81	<u>2,38</u> 2,2-2,6
Пресс P=0,3 МПа	<u>560,5;</u> 565,3-570,0	<u>0,32;</u> 0,30-0,37	<u>960*</u> 940-990	<u>410*</u> <u>380-440</u>	-	<u>1,86</u> 1,85-1,87	<u>2,0</u> 1,8-2,2
Автоклав P=0,6 МПа	<u>570,07;</u> 575,7- 580,7	<u>0,32</u> 0,30 -0,34	<u>1015</u> 930-1120	<u>425</u> 395-460	-	<u>1,87</u> 1,86-1,88	<u>2,47</u> 2,2-2,65
Пресс P=0,6 МПа	<u>560,5;</u> 565,3-570,0	<u>0,32;</u> 0,30-0,37	<u>1035</u> 890-1160	<u>455</u> 420-505	-	<u>1,86</u> 1,85-1,88	<u>1,81</u> 1,65-2,05
Автоклав P=0,8 МПа С ж.с.	<u>565,3;</u> 562,7- 576,9	<u>0,34</u> 0,31 -0,37	<u>985</u> 900-1040	<u>415</u> 365-445	<u>33,9</u> 33,5-34,3	<u>1,87</u> 1,86-1,87	<u>1,1</u> 0,91-1,17
Автоклав P=0,8 МПа Без ж.с.			<u>1135</u> 1035-1135	<u>495</u> 410-540	<u>37,8</u> 37,7-38,1	<u>1,82</u> 1,82-1,83	<u>0,85</u> 0,81-0,96
Пресс P=0,8 МПа С ж.с.			<u>1020</u> 905-1075	<u>465</u> 420-500	<u>30,4</u> 30,0-30,8	<u>1,92</u> 1,90-1,93	<u>1,4</u> 1,05-1,82
Пресс P=0,8 МПа Без ж.с.	<u>560,8;</u> 548,3-572,2	<u>0,34;</u> 0,31-0,32	<u>1215</u> 1150-1285	<u>555</u> 500-600	<u>35,0</u> 34,9-35,2	<u>1,84</u> 1,84-1,87	<u>0,82</u> 0,79-0,88

* – определялись без вычета толщины жертвенного слоя (ж.с.)

Наличие повышенной пористости стеклопластика подтверждаются результатами исследований влагопоглощения изготовленных стеклопластиков, которые находились на уровне до 2,5 % (масс). Это обусловлено недостатком связующего в формируемом пакете и высокой впитывающей способностью, применяемой в данных технологиях в качестве жертвенного слоя ткани технической арт. 8687-04 (капрон) поверхностной плотностью 100 г/м². Исследования её впитывающей способности приведены в табл. 2

Из полученных результатов можно увидеть, что масса впитанного связующего колеблется от 32 до 46 г/м².

Учитывая то, что листы ВПС-53К состоят из слоя препрега КМКС-2МР.120.РВМПН.30, имеющего поверхностную плотность находящуюся в диапазоне 410 г/м², из которых 185 г/м² поверхностная плотность ровингового наполнителя, и двух слоёв стеклоткани Т-64 с поверхностной плотностью стеклоткани 100 г/м² каждая, а так же то, что впитывающая способность жертвенной ткани (арт. 8687-040) – 46 г/м² рассчитано необходимое содержание связующего в пакете-заготовке: это 380 г – содержание армирующего наполнителя,

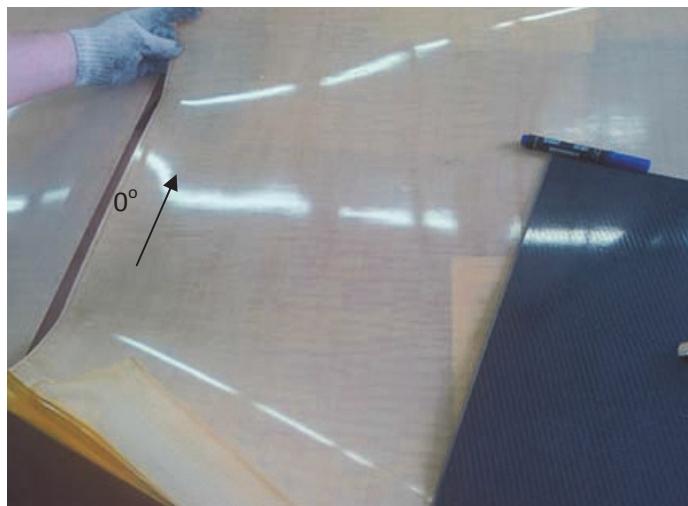
184 г – содержание связующего с учётом связующего в жертвенном слое. Тогда содержание связующего в исходном технологическом пакете должно составлять 32,6 % (масс.), для изготовления пластика толщиной не более 0,31 мм

Теоретический расчёт технологических параметров беспористого пластика ВПС-53К с учётом поверхностной плотности наполнителя 180 г/м² представлен в табл. 3 [12].

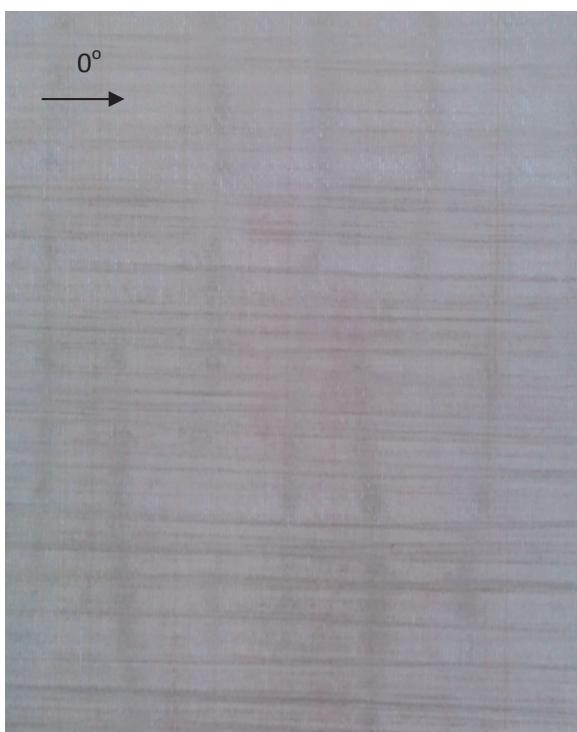
Из табл. 3 и полученной толщины листа ВПС-53К 0,32 мм видно, что минимальное расчётное содержание связующего в препреже должно быть не менее 34,6 %, т.е. при использовании в качестве жертвенного слоя ткани технической арт. 8687-04 провоцируется недостаток связующего в отформованном стеклопластике (сравнение с результатами в табл. 1).

Для подтверждения вышеизложенного были отформованы два образца листа стеклотекстолита ВПС-53К при давлении 0,8 МПа с укладкой ткани технической в качестве жертвенного слоя и без неё. Результаты исследований свойств отформованных образцов приведены в табл. 4.

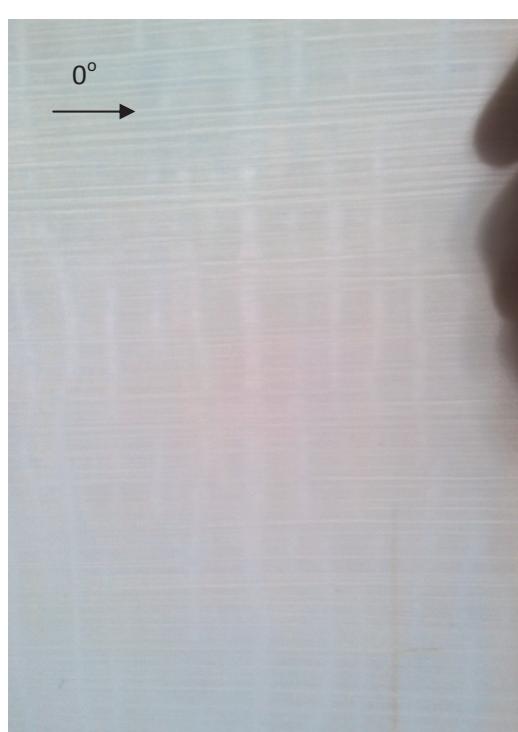
Из полученных данных видно, что содержание связующего в образце стеклопластика



А - Общий вид листа ВПС-53К



Б – Снимок лицевой поверхности



В – Снимок на просвет

Рис 6. А-В Визуализация изготовленных листов стеклопластика ВПС-53К

№ 2 выше чем в №1, поэтому влагопоглощение у образца № 2 ниже чем у образца № 1. Тогда расчёт поверхностной плотности образца стеклопластика № 2 показал, что её величина будет составлять $615 \text{ г}/\text{м}^2$, при допустимой норме $578 \text{ г}/\text{м}^2$ (требование ТЗ на материал).

В этой связи для снижения поверхностной плотности получаемых листов стеклопластика и увеличения содержания связующего в них, необходимо было уменьшить их толщину до 0,31 мм, что представлялось возможным за счёт изменения количества наполнителя в препреге со $185 \text{ г}/\text{м}^2$ до $175\text{-}180 \text{ г}/\text{м}^2$ при сохранении общей поверхностной плотности препрега $410 \text{ г}/\text{м}^2$. При этом установлено, что уменьшение количества наполнителя в препреге не влияет на норматив-

ные прочностные характеристики, заложенные в ТУ, т. к. получаемые значения прочностных показателей на 30-40 % выше нормативных).

Однако обработка результатов производства опытных партий листов стеклопластика ВПС-53К из препрегов КМКС-2МР.120.РВМПН.30, изготовленных в 2015 и 2016 гг., показала, что необходимая их поверхностная плотность не всегда обеспечивается производителем [13].

Статистическое распределение данного параметра препрегов по годам их изготовления представлено в табл. 5.

Кроме того, поверхностная плотность наполнителя в поставленных партиях препрега имеет значение более $185 \text{ г}/\text{м}^2$ в 60 % случаях, что при низкой поверхностной плотности препрега (менее 390-395

Таблица 2. Результаты исследования впитывающей способности жертвенной ткани

Вид и режим формования	Масса пропитанного капрона, г/м ²	Масса впитанного связующего, г/м ²
Автоклав $P=0,6$ МПа	<u>136,8;</u> 132,1-146,3	36,8
Пресс $P=0,6$ МПа	<u>142,5</u> 135,8-144,2	42,5
Автоклав $P=0,8$ МПа	<u>141,8;</u> 134,1-145,3	41,8
Пресс $P=0,8$ МПа	<u>141,8</u> 135,2-144,8	41,8

Таблица 3. Параметры беспоритого пластика ВПС-53К

Толщина листа, мм	Сод-е связ., %	Вес 1 м ² листа, г	Плотность, г/см ³
0,30	31,8	561	1,881
0,32	34,6	586	1,841
0,34	37,3	610	1,805
0,36	39,7	635	1,773
0,38	41,9	660	1,744
0,40	44,0	685	1,718

Таблица 4. Свойства стеклопластика ВПС-53К

№ обр	Образцы стеклопластика	Плотность, г/см ³	Содержание связующего, %	Толщина, мм	Влагопоглощение через 1 сут., %
1	ВПС-53К с ж.с. $P=0,8$ Мпа	1,85	33,4	0,33	1,52
		1,87	32,0	0,33	1,23
		<u>1,88</u>	<u>31,8</u>	<u>0,33</u>	<u>1,25</u>
		1,87	32,4	0,33	1,33
2	ВПС-53К без ж.с. $P=0,8$ Мпа	1,80	37,9	0,34	1,26
		1,81	37,6	0,34	0,65
		<u>1,81</u>	<u>37,8</u>	<u>0,35</u>	<u>0,74</u>
		1,81	37,6	0,34	0,88

Таблица 5. Поверхностная плотность препрегов

Дата изготовления, год	Поверхностная плотность препрега, г/м ²		
	≤ 390	от 390 до 400	≥ 400
2015	35 %	53 %	12 %
2016	7 %	33 %	60 %

г/м²) приводит к недостатку связующего и высокой пористости изготавливаемых листов стеклопластика ВПС-53К независимо от способа формования.

Листы стеклопластика ВПС-53К изготовленные из указанных партий препрега соответствовали по физическим и прочностным показателям требованиям ТУ1-595-25-1496.

Приёмка изготовленных листов ВПС-53К из указанных партий препрега в лопастном производстве выявила следующие особенности:

- при окрашивании переданных листов на поверхности проявляется микро пористость и продольные бороздки в направлении укладки препрега КМКС-2мР.120.РВМПН.30, образующие волнистую структуру поверхности;

- затруднено матирование поверхности листов с применением существующих на заводе технологий, при её подготовке к покраске и как следствие низкий уровень адгезии при покраске листов ВПС-53К эмалью ЭП-140;

- наблюдается негерметичность листов ВПС-53К в зонах с повышенной белесостью из-за недостатка связующего в них.

Для выявления причин возникновения поверхностной пористости в изготовленных листах ВПС-53К были проведены исследования их свойств. Для этого были отобраны листы стеклопластика ВПС-53К, изготовленные прессовым и автоклавным способами из препрегов 2015 и 2016 гг. изготовления. При этом были отобраны

два вида листов изготовленных прессовым формованием из партий препрега 2015 (П2015) и 2016 (П2016) гг. изготовления, а также изготовленных автоклавным формированием из препрега 2016 г. изготовления (А2016).

Оценка микроструктуры выбранных листов проводилась на шлифах и представлены на рис. 7.

Проведенный микроструктурный анализ установил, что образцы стеклопластика изготовленные из партий препрега 2015 г., имеют высокие значения объёмной пористости, в том числе и поверхностной. В образцах стеклопластика изготовленных из партий препрега 2016 г., как в случае автоклавного, так и в случае прессового формования количество пор значительно меньше, но сам факт их наличия в изготовленных листах не приемлем для потребителя продукции. Кроме того, что установленной выше причиной поверхностной пористости в листах ВПС-53К является недостаточное содержание связующего в формуемом пакете-заготовке, анализ микроструктур образцов изготовленных листов, выявил неравномерное

распределение волокон стеклонаполнителя у поверхности исследуемых образцов стеклопластика, что провоцирует волнистую структуру поверхности листов ВПС-53К (бороздки). Этот факт резко осложняет подготовку к окраске.

Анализ поставляемого препрега выявил, что данный эффект обусловлен состоянием препрега (рисунок 8). При работе с ним выявлено, что на его поверхности наблюдаются белесые участки, на которых жгуты наполнителя располагаются не параллельно, что видно на рис. 8.

Выявленный факт приводит к мелкой частой волнистости на поверхности препрега, которая не обнаруживается визуально, но ощущается тактильно.

Схожая структура и разнотонность по цвету с присутствием белесых участков наблюдается и на отформованных из указанного препрега листах ВПС-53К, изготовленных как автоклавным так и прессовым, что видно на рисунке 9.

Определены показатели прочности исследуемых образцов листов стеклопластик П2015 О:

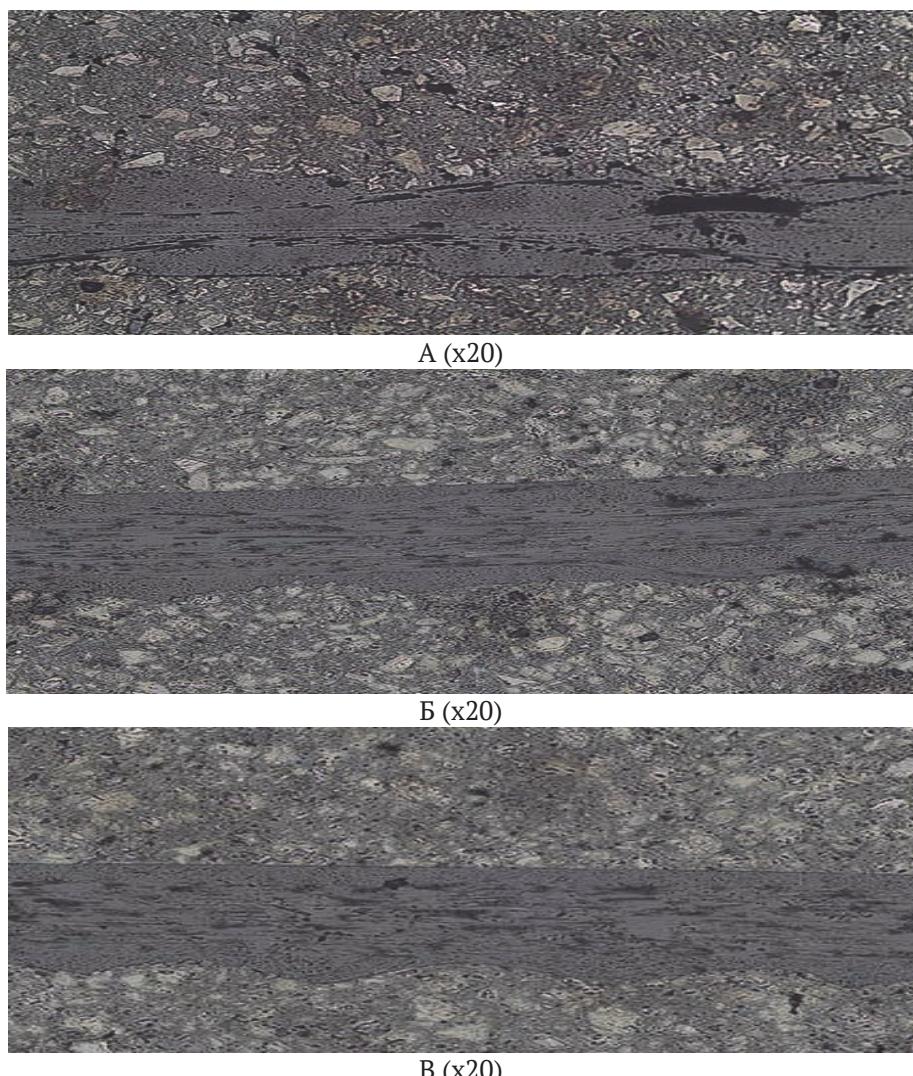


Рис. 7. Микроструктура стеклопластиков, изготовленных:

А- прессовым способом (партия препрега 2015 г), Б- прессовым методом (партия препрега 2016 г),
В – автоклавным способом (партия препрега 2016 г).

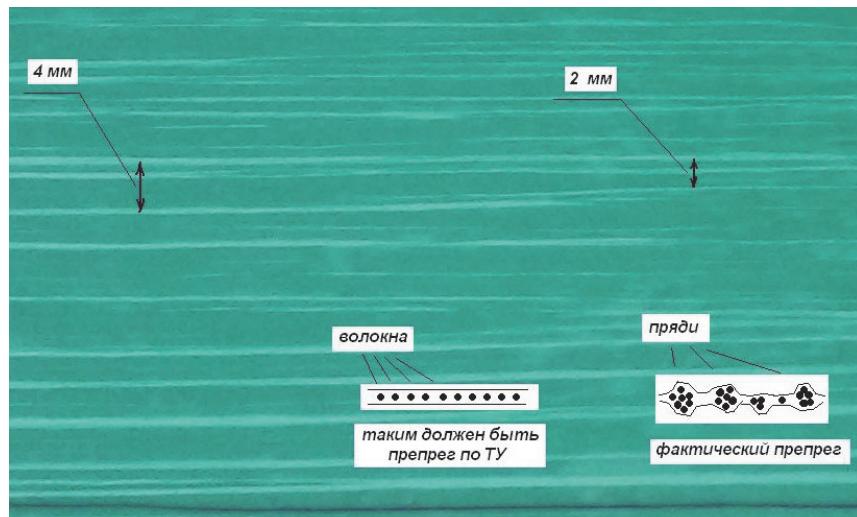


Рис. 8. Препрег стеклоровинга изготовленного в 2016 г. (вид сверху)

$\sigma_b=895$ МПа (коэффициент вариации $Kv=3\%$), 90о: $\sigma_b=360$ МПа ($Kv=6\%$); П2016 0о: $\sigma_b=960$ МПа ($Kv=3\%$), 90о: $\sigma_b=405$ МПа ($Kv=6\%$); А2016 0о: $\sigma_b=855$ МПа ($Kv=6\%$), 90о: $\sigma_b=395$ МПа ($Kv=4\%$). Полученные данные удовлетворяют требованиям ТУ, однако показатели прочности в направлении армирования 0о и 90о стеклопластика с более высокой объёмной пористостью ниже, чем у остальных. Кроме того прочность стеклопластиков, изготовленных способом прессового формования выше, чем у аналогичных изготовленных автоклавным способом.

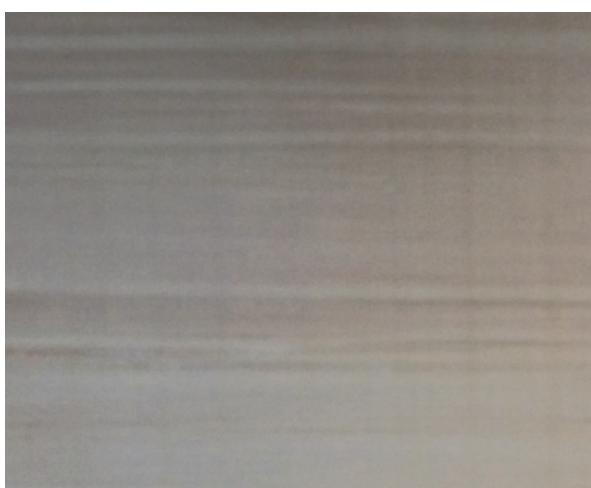
Проведенный физико-химический анализ препрега выявил, что его поверхностная плотность колеблется от 380 до 410 г/м², а поверхностная плотность наполнителя колеблется от 180 до 195 г/м². Данный факт неоднородного распределения ровинга в препреге подтверждает появление локальных уплотнений его волокон при формировании листов ВПС-53К, что и ведет к скачкам объёмной плотности по площади листа, а также к образованию волнистой поверхности.

В этой связи для устранения указанных выше дефектов были проведены следующие работы, в которых отформованы листы стеклопластика ВПС-53К с применением:

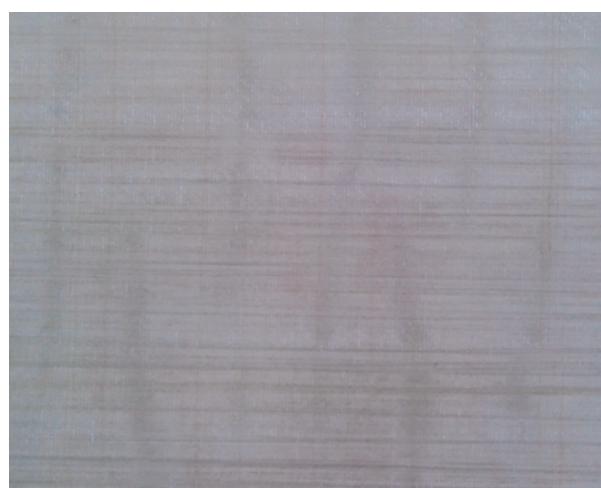
1. различных видов разделительных смазок для получения единообразной поверхности при прессовании листов стеклопластика ВПС-53К, с целью облегчения подготовки поверхности под окраску;

2. различных вариантов температурно-временных и манометрических параметров режима прессового формования листов стеклопластика ВПС-53К.

В результате проведенных исследований влияния разделительных смазок (Release All 30, All 45 (фирмы Airtech) и Frekote 44NC (фирмы Хенкель)) на качество лицевой поверхности листов ВПС-53К установлено, что наиболее приемлемая поверхность листов ВПС-53К наблюдается при использовании разделительных смазок Release All 30 и All 45 [14]. Данные разделительные смазки при изготовлении листов ВПС-53К ранее не применялись. Однако они обеспечивают хороший съем листов с поверхности цулаг и обеспечивают матовую



А



Б

Рис. 9. Листы ВПС-53К, изготовленные способами автоклавного (А) и прессового (Б) формования

Таблица 6. Свойства изготовленных листов ВПС-53К

Режим	Объёмная плотность*, г/см ³	Поверхностная плотность*, г/м ² (По ТУ от 525 до 578)	Толщина, мм	Цвет листа
1	2	3	4	5
1 Вак. пропитка при 80 °C (по КТП УНТЦ-ВПС53К-047-2016), Прессовое формование: давление 2 кг/см ² до 150 °C, затем давление 12 кг/см ²	<u>1,89 - 1,92</u> 1,91	<u>555 - 584</u> 572	<u>0,31 - 0,34</u> 0,32	Имеются пятна другого тона по краям и в центре
2 Вак. пропитка при 120 °C Прессовое формование: давление 2 кг/см ² до 150 °C, затем давление до 12 кг/см ²	<u>1,86 - 1,94</u> 1,90	<u>575 - 584</u> 575	<u>0,32 - 0,34</u> 0,33	Имеются пятна другого тона по краям
3 Вак. пропитка при 80 °C (по КТП УНТЦ-ВПС53К-047-2016) Прессовое формование: давление 12 кг/см ² (по КТП УНТЦ-ВПС53К-047-2016)	<u>1,91 - 1,95</u> 1,93	<u>532 - 569</u> 547	<u>0,27 - 0,32</u> 0,3	Равномерный
4 Вак. пропитка при 100 °C Прессовое формование: давление 12 кг/см ² (по КТП УНТЦ-ВПС53К-047-2016)	<u>1,83 - 1,97</u> 1,93	<u>528 - 587</u> 553	<u>0,31 - 0,34</u> 0,32	Имеются пятна другого тона по краям
5 Вак. пропитка при 80 °C (по КТП УНТЦ-ВПС53К-047-2016), Прессовое формование: давление 2 кг/см ² до 120 °C, выдержка 30 мин, затем давление до 12 кг/см ²	<u>1,85 - 1,89</u> 1,88	<u>552 - 579</u> 565	<u>0,31 - 0,33</u> 0,31	Имеются пятна другого тона по краям
6 Вак. пропитка при 100 °C, Прессовое формование: давление 2 кг/см ² до 120 °C, выдержка 30 мин, затем давление до 12 кг/см ²	<u>1,80 - 1,89</u> 1,84	<u>568 - 590</u> 579	<u>0,31 - 0,34</u> 0,33	Имеются пятна другого тона по краям
7 Вак. пропитка при 120 °C, Прессовое формование: давление 2 кг/см ² до 120 °C, выдержка 30 мин, затем давление до 12 кг/см ²	<u>1,82 - 1,89</u> 1,86	<u>571 - 587</u> 571	<u>0,32 - 0,35</u> 0,34	Имеются пятна другого тона по краям
8 Вак. пропитка при 80 °C (по КТП УНТЦ-ВПС53К-047-2016). Прессовое формование: давление 12 кг/см ² сразу (по КТП УНТЦ-ВПС53К-047-2016), пакет находится в вакуумном мешке	<u>1,88 - 1,94</u> 1,92	<u>536 - 564</u> 550	<u>0,31 - 0,33</u> 0,31	Равномерный

* – измерения проводились на образцах 15x30 мм

единообразную структуру поверхности листов ВПС-53К, и поэтому выбраны для дальнейшего изготовления листов стеклопластика ВПС-53К.

Проведенные исследования температурно-временных и манометрических параметров формования листов ВПС-53К показали, что наибольшее влияние на качество листов ВПС-53К оказывает время подачи давления и его величина. В этой связи проведено исследование влияние указанных параметров на характеристики изготавливаемых листов. Результаты данных исследований показаны в табл. 6.

Результаты прочностных испытаний изготовленных листов стеклопластиков находятся на одном уровне и соответствуют ТУ на материал.

По результатам исследований установлено, что изготовленные листы стеклопластика ВПС-53К имеют разброс по показателям объёмной и поверхностной плотности, что связано с неравномерным распределением ровингового наполнителя по поверхности препрега. Лицевая поверхность листов имеет гладкую структуру, с отсутствием пор (тактильно, визуально). Листы стеклопластика, изготовленные по режимам 3 и 8, имеют наиболее стабильные по показателям свойства, что подтверждает выбранные параметры технологического процесса.

С учетом полученных результатов была проведена доработка установки для изготовления препрегов. Изготовлена партия препрега с

равномерным распределением наполнителя и требуемыми параметрами его поверхностной плотности по его площади. Изготовлены партии листов ВПС-53К способом прессового формования по уточненным режимам, и на основе полученных результатов (плотность 1,87-1,88 г/см³ поверхностная плотность листов 561-575 г/м²) установлено, что изготовленные листы имеют минимальный разброс по показателям объёмной и поверхностной плотности.

В результате проведенной работы в рамках освоения серийного производства тонколистовых обшивок лопастей вертолета из конструкционного стеклопластика ВПС-53К удалось добиться устойчивого результата на всех этапах их изготовления, что обеспечило воспроизводимость их свойств от партии к партии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каблов Е.Н. Инновационные разработки ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ по реализации «Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года» // Авиационные материалы и технологии. 2015. №1 (34). С. 3–33. DOI: 10.18577/2071-9140-2015-0-1-3-33
2. История авиационного материаловедения. ВИАМ – 80 лет: годы и люди [под общ. ред. Е.Н. Каблова]. М.: ВИАМ, 2012. 520 с.
3. Граценков Д.В., Чурсова Л.В. Стратегия развития композиционных материалов и функциональных материалов // Авиационные материалы и технологии. 2012. №S. С. 7–18.
4. Композитные лопасти. Военное обозрение. URL: <https://topwar.ru/16366-kompozitnye-lopasti.html> (дата обращения 10.10.2016)
5. Мидзяновский С.П. Метод намотки – опыт использования и поиск новых возможностей для производства лопастей из композиционных материалов: сборник трудов 5 форума Российского вертолетного общества. М.: МАИ, 2002 С. 125-131
6. Богоеева Л.А., Пнев А.Г. Выбор и обоснование оптимальной технологии изготовления лопасти вертолета из композиционных материалов // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2011. № 5. С. 37-42
7. Электронный ресурс Вертолет «Беркут-ВЛ». Фото. Характеристики, История. URL: <http://avia.pro/blog/vertolot-berkut-vl> (дата обращения 10.10.2016)
8. Разработка и производство конструкционных органопластиков для авиационной техники / Г.Ф. Железина, С.И. Войнов, И.И. Плетинь, Е.А. Вешкин, Р.А. Сатдинов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2012. Т.14. № 4(2). С. 411-416.
9. Разработка конструктивно-технологического решения листового стеклопластика для обшивок хвостовых отсеков лопасти несущего винта вертолета / Ю.О. Попов, Т.В. Колокольцева, Ю.А. Громова, А.А. Гусев // Труды ВИАМ. 2016. № 1. Ст. 05. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 10.10.2016). DOI: 10.18577/2307-6046-2016-0-1-36-41
10. Стеклопластик и изделие, выполненное из него: пат. 2560419 Рос. Федерации. № 2014121658/05; заявл. 28.05.2014; опубл. 20.08.2015 Бюл. № 23.
11. О центре - Ульяновский научно-технологический центр. URL: <http://untc.viam.ru/> (дата обращения: 10.10.2016)
12. Вешкин Е.А. Особенности безавтоклавного формования низкопористых ПКМ // Труды ВИАМ. 2016. № 2. Ст. 07. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 10.10.2016) DOI: 10.18577/2307-6046-2016-02-7-7
13. Опыт применения технологического контроля полуфабрикатов ПКМ / Е.А. Вешкин, В.И. Постнов, С.В. Стрельников, П.А. Абрамов, Р.А. Сатдинов // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т. 16. № 6(2). С. 393-398.
14. Роль антиадгезионных покрытий в технологическом процессе формования ПКМ / Р.А. Сатдинов, Е.А. Вешкин, В.И. Постнов, П.А. Абрамов // Труды ВИАМ. 2016. № 4. Ст.10. URL: <http://www.viam-works.ru> (дата обращения: 19.07.2016) DOI: 10.18577/2307-6046-2016-0-4-10-10
15. Каблов Е.Н. Материалы и химические технологии для авиационной техники // Вестник Российской академии наук. 2012. Т. 82. №6. С. 520–530.

TECHNOLOGICAL FEATURES OF PRODUCTION OF SHEET CLADDING HELICOPTER BLADES FROM A STRUCTURAL FIBERGLASS VPS-53K

© 2016 V.I. Postnov¹, I.I. Pletin¹, E.A. Veshkin¹, I.V. Starostina², S.V. Strelnikov¹

¹ Ulyanovsk Research and Technology Centre of the Federal State Unitary Enterprise
"All-Russian Institute of Aviation Materials"

² Federal State Unitary Enterprise "All-Russian Institute of Aviation Materials", Moscow

In the article the stages of implementation fiberglass VPS-53K and serial technology autoclave and pressing methods of its formation, describes the problems arising in this case, as well as provides their solutions, that enable sheets of fiberglass reproducible level of elastic-strength and performance properties of the party to party.

Keywords: fiberglass sheet, an adhesive prepreg areal density fiberglass, a polymeric binder, the polymeric composite material manufacturing method, pressing.

Vyacheslav Postnov, Doctor of Technics, Associate Professor,
Head of the STCU VIAM. E-mail: untcviam@viam.ru

Ivan Pletin, Deputy Head for Production.

E-mail: untcviam@viam.ru

Eugene Veshkin A., Head of the Sector.

E-mail: untcviam@viam.ru

Irina Starostin, Head of Quality Control Department.

E-mail: admin@viam.ru

Sergey Strelnikov, Acting Chief of the Laboratory.