

А.А. Петров¹, И.В. Мекалина¹, Е.Г. Сентюрин¹, В.А. Богатов¹

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ОСТЕКЛЕНИЯ ИЗ ЧАСТИЧНО СШИТЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ СТЕКОЛ

Описаны акрилатные авиационные органические стекла частично сшитой структуры типа СО-120С и АО-120С. Показана возможность их ориентации и формования с целью получения деталей остекления с повышенными эксплуатационными характеристиками по сравнению с линейными оргстеклами. Установлено, что оргстекла частично сшитой структуры не уступают по своим характеристикам мировым аналогам авиационных оргстекол.

Ключевые слова: органические стекла, детали остекления, «серебростойкость», формование.

А.А. Petrov¹, I.V. Mekalina¹, E.G. Sentyurin¹, V.A. Bogatov¹

FEATURES OF MANUFACTURE OF GLAZING PARTS FROM PARTIALLY CROSS-LINKED ORGANIC GLASSES

Aviation-purposed acrylate organic glasses with partially cross-linked structure of SO-120S and AO-120S type are described. The possibility of their orientation and molding to obtain glazing parts with higher operation properties than those of linear organic glasses is shown. It is stated that properties of some developed partially cross-linked organic glasses compare favorable with characteristics of foreign organic glasses of similar nature.

Keywords: organic glass, glass parts, «cracking resistance», molding.

¹ Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Государственный научный центр Российской Федерации [Federal state unitary enterprise «All-Russian scientific research institute of aviation materials» State research center of the Russian Federation] E-mail: admin@viam.ru

В настоящее время основным конструкционным материалом, применяемым для изготовления деталей остекления самолетов, является органическое стекло. Мировая тенденция в производстве органического стекла заключается в переходе от стекол линейного строения к стеклам частично сшитого строения, имеющим определенные технические и эксплуатационные преимущества.

Исследования новых органических стекол частично сшитой структуры отечественного производства необходимы для замены уже широко известных и применяемых серийных стекол линейного строения СО-120 и АО-120 [1].

Для их замены в ВИАМ совместно с ФГУП «НИИ полимеров им. акад. В.А. Каргина» создали неориентированное оргстекло СО-120С и ориентированное оргстекло АО-120С [2, 3]. Модифицированное полиметилметакрилатное оргстекло СО-120С содержит сшивающий агент и УФ-абсорбер, что приводит к повышению «серебростойкости» и рабочей температуры, эксплуатационной надежности и ресурса деталей остекления [4].

Кроме работ по повышению эксплуатационных характеристик органических стекол за счет их химической модификации, в ВИАМ создана технология улучшения свойств органических стекол путем их физической модификации – ориентацией, вытяжкой стекол выше температуры размягчения в области высокоэластического состояния [5].

В табл. 1 показаны деформационно-прочностные свойства стекол при температуре 150°C, т. е. в температурной области их ориентации, при скорости растяжения 30 мм/мин, обычно применяемой в данной технологии [6].

Таблица 1

Прочность и относительное удлинение при разрыве серийных и опытных стекол при 150°C ($\nu=30$ мм/мин)

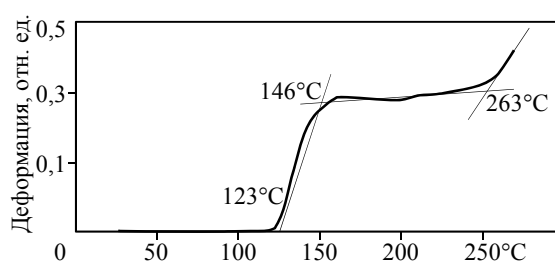
Тип стекла	σ , МПа	δ , %
СО-120А	0,8	290
СО-120С	1,2–1,4	155–160
Импортное стекло, соответствующее стандартам США и Европы	1,4	160

Сшитые стекла, находящиеся при данной температуре в области высокоэластической деформации, обладают более высокой прочностью (1,3 МПа) при меньшем относительном удлинении (155%), значения которого у стекол СО-120С и импортного стекла, соответствующего стандартам США и Европы, одинаковы, адекватны их равной плотности сшивки, характеризуемой равновесной степенью набухания, и значительно превышают минимальные значения для двухосной ориентации при стандартной степени вытяжки 70%.

Необходимо отметить, что по устойчивости к воздействию повышенных температур оргстекло СО-120С значительно превосходит органические стекла марок СО-120А и СО-120Т и не уступает импортному оргстеклу, применяемому для изготовления авиационного остекления.

Как уже отмечалось выше, одним из основных преимуществ сшитых органических стекол является более высокая устойчивость к образованию микротрещин («серебростойкость») под действием поверхностных напряжений, которая обеспечивает возможность «холодного» формования (ниже температуры размягчения). Таким образом, холодное формование дает возможность избежать образования отпечатков оснастки и получить детали с повышенными оптическими свойствами.

Термомеханическая характеристика стекла СО-120С (см. рисунок) типична для материала, предназначенного для переработки способами ориентации и формования: четко выражена область высокоэластического состояния в температурном интервале 150–260°C.



Термомеханическая кривая для оргстекла СО-120С

Однако органическое стекло СО-120С, благодаря наличию в структуре редких поперечных связей (сшивки), обладает значительно меньшей способностью к высокоэластическому деформированию по сравнению с органическим стеклом СО-120 линейного строения.

Исследования по изучению термомеханических свойств, формоустойчивости и оптических характеристик неориентированного органического стекла СО-120С и ориентированного оргстекла АО-120С позволили определить оптимальный температурный интервал их формования (изготовления деталей остекления). В табл. 2 приведены ос-

новые параметры переработки и ориентации новых акрилатных органических стекол частично сшитой структуры.

Таблица 2

Теплофизические свойства оргстекло СО-120С и АО-120С

Оргстекло	Теплостой- кость по Вика	Температура ориентации	Температура «горячего» пневмовакуумного формования	Температура «холод- ного» формования
СО-120С*	125	135–140	140	110
АО-120С*	125	–	135	105

*Защищено патентом РФ.

Для прогнозирования ресурса эксплуатации и влияния различных эксплуатационных факторов на оптические и механические характеристики новых модифицированных органических стекол частично сшитой структуры типа СО-120С проведены климатические испытания моделей натуральных элементов остекления [7]. В табл. 3 приведены результаты испытаний, проведенных до и после климатических испытаний атмосферного старения в течение 12 мес в условиях умеренно теплого климата (ГЦКИ им. Г.В. Акимова, г. Геленджик). Полученные результаты свидетельствуют о преимуществах стекол частично сшитой структуры перед линейными оргстеклами по показателю «серебростойкости», причем ориентированные оргстекла и модели натуральных элементов полусферической формы по данному показателю заметно превосходят неориентированные оргстекла и модели одинарной кривизны [8].

Таблица 3

Эксплуатационные свойства оргстекло СО-120С и СО-120А

Показатели	Значения показателей для органических стекол марок			
	СО-120С		СО-120А	
	до испытания	после испытания	до испытания	после испытания
Удельная ударная вязкость, кДж/м ² (ГОСТ 4647–80)	21,0	21,8	21,0	20,5
Светопропускание, %	90,5	88,0	92,0	90,8
Коэффициент желтизны, %	7,3	7,3	3,1	6,2
«Серебростойкость» по ацетону*, с	>180	>180	>180	130

*Для моделей остекления одинарной кривизны.

Таким образом, принимая во внимание вышеперечисленные результаты исследований натуральных моделей частично сшитых органических стекол типа СО-120С в неориентированном и ориентированном состояниях, было установлено, что указанные оргстекла по показателям «серебростойкости» и эксплуатационному ресурсу имеют явные преимущества перед линейными органическими стеклами и являются перспективными материалами остекления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гудимов М.М., Перов Б.В. Органическое стекло. М.: Химия. 1981. 216 с.
2. Горелов Ю.П., Чмыхова Т.Г., Шалагинова И.А. Новые органические стекла для авиастроения //Пластические массы. 2009. №12. С. 20–22.
3. Тригуб Т.С., Мекалина И.В., Горелов Ю.Н., Шалагинова О.А. Органическое стекло для высокоскоростной авиации //Авиационная промышленность. 2007. №1. С. 39–42.
4. Богатов В.А., Тригуб Т.С., Мекалина И.В., Айзатулина М.К. Оценка эксплуатационных характеристик новых теплостойких органических стекол ВОС-1 и ВОС-2 //Авиационные материалы и технологии. 2010. №1. С. 21–26.

5. Мекалина И.В., Тригуб Т.С., Богатов В.А., Сентюрин Е.Г. Новое высокотеплостойкое ориентированное оргстекло марки ВОС-2АО //Авиационные материалы и технологии. 2010. №3. С. 14–19.
6. Мекалина И.В. Оргстекло как часть конструкции самолета //Индустрия. Инженерная газета. 2011. №22. С. 3.
7. Сентюрин Е.Г., Мекалина И.В., Тригуб Т.С., Климова С.Ф. Модифицированные органические стекла для перспективной авиационной техники //Все материалы. Энциклопедический справочник. 2012. №2. С. 2–4.
8. Богатов В.А., Кондрашов С.В., Хохлов Ю.А. Многофункциональные оптические покрытия и материалы //Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 343–348.

REFERENS LIST

1. Gudimov M.M., Perov B.V. Organicheskoe steklo [Organic glass]. M.: Himija. 1981. 216 s.
2. Gorelov Ju.P., Chmyhova T.G., Shalaginova I.A. Novye organicheskie stekla dlja aviastroenija [New organic glasses for aircraft industry] //Plasticheskie massy. 2009. №12. S. 20–22.
3. Trigub T.S., Mekalina I.V., Gorelov Ju.N., Shalaginova O.A. Organicheskoe steklo dlja vysokoskorostnoj aviacii [Organic glass for high-speed aircraft] //Aviacionnaja promyshlennost'. 2007. №1. S. 39–42.
4. Bogatov V.A., Trigub T.S., Mekalina I.V., Ajzatulina M.K. Ocenka jekspluatacionnyh harakteristik novyh teplostojkih organicheskikh stekol VOS-1 i VOS-2 [Assessment of operational characteristics of new heat-resistant organic VOS-1 and VOS-2 glasses] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2010. №1. S. 21–26.
5. Mekalina I.V., Trigub T.S., Bogatov V.A., Sentjurin E.G. Novoe vysokoteplostojkoe orientirovannoe orgsteklo marki VOS-2АО [The new high-heat-resistant focused plexiglas of the VOS-2АО brand] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2010. №3. S. 14–19.
6. Mekalina I.V. Orgsteklo kak chast' konstrukcii samoleta [Plexiglas as part of a design of the plane] //Industrija. Inzhenernaja gazeta. 2011. №22. S. 3.
7. Sentjurin E.G., Mekalina I.V., Trigub T.S., Klimova S.F. Modificirovannye organicheskie stekla dlja perspektivnoj aviacionnoj tehniki [The modified organic glasses for the perspective aircraft equipment] //Vse materialy. Jenciklopedicheskij spravochnik. 2012. №2. S. 2–4.
8. Bogatov V.A., Kondrashov S.V., Hohlov Ju.A. Mnogofunkcional'nye opticheskie pokrytija i materialy [Multipurpose optical coverings and materials] //Aviacionnye materialy i tehnologii. 2012. №5. S. 343–348.