



Капролит-РМ – новый конструкционный материал

В.В. Коршак

М.М. Гудимов

Т.М. Фрунзе

В.А. Сергеев

Н.М. Абакумова

В.В. Курашев

А.С. Коган

А.С. Ткаченко

Ноябрь 1975

Всероссийский институт авиационных материалов (ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ) – крупнейшее российское государственное материаловедческое предприятие, на протяжении 80 лет разрабатывающее и производящее материалы, определяющие облик современной авиационно-космической техники. 1700 сотрудников ВИАМ трудятся в более чем 30 научно-исследовательских лабораториях, отделах, производственных цехах и испытательном центре, а также в 4 филиалах института. ВИАМ выполняет заказы на разработку и поставку металлических и неметаллических материалов, покрытий, технологических процессов и оборудования, методов защиты от коррозии, а также средств контроля исходных продуктов, полуфабрикатов и изделий на их основе. Работы ведутся как по государственным программам РФ, так и по заказам ведущих предприятий авиационно-космического комплекса России и мира.

В 1994 г. ВИАМ присвоен статус Государственного научного центра РФ, многократно затем им подтвержденный.

За разработку и создание материалов для авиационно-космической и других видов специальной техники 233 сотрудникам ВИАМ присуждены звания лауреатов различных государственных премий. Изобретения ВИАМ отмечены наградами на выставках и международных салонах в Женеве и Брюсселе. ВИАМ награжден 4 золотыми, 9 серебряными и 3 бронзовыми медалями, получено 15 дипломов.

Возглавляет институт лауреат государственных премий СССР и РФ, академик РАН, профессор Е.Н. Каблов.

Статья подготовлена для опубликования в журнале «Пластические массы», № 9, 1976 г.

Электронная версия доступна по адресу: www.viam.ru/public

Капролит-РМ – новый конструкционный материал

В.В. Коршак, М.М. Гудимов, Т.М. Фрунзе, В.А. Сергеев,
Н.М. Абакумова, В.В. Курашев, А.С. Коган, А.С. Ткаченко

Одним из важнейших направлений развития химии полимеров является создание высокопрочных конструкционных материалов, способных работать в жестких условиях. Определенный интерес в этом отношении представляет поликапроамид. В последние годы для получения поликапроамида был разработан метод анионной активированной полимеризации ϵ -капролактама [1–3]. Этот метод обладает рядом преимуществ по сравнению с широко применяемым в промышленности способом гидролитической полимеризации. Он позволяет получать готовые изделия непосредственно полимеризацией в формах.

Для проведения анионной активированной полимеризации лактамов используется каталитическая система, состоящая из катализатора (натрий–капролактама) и активатора. Среди полифункциональных типов активаторов анионной полимеризации лактамов разработан новый тип активатора – N-метакрилоил- ϵ -капролактама [4], который является перспективным активатором для осуществления полимеризации капролактама в промышленных масштабах.

В настоящей статье приводятся результаты исследования физико-механических свойств полиамида марки капролит-РМ, синтезированного методом анионной полимеризации капролактама в присутствии в качестве активатора N-метакрилоил- ϵ -капролактама (0,35% мол.) и натрия (0,35% мол.) в качестве катализатора.

Капролит-РМ получали в виде блоков размером 200×200×200 мм на пилотной установке. При этом температура полимеризации составляла 140°C, время полимеризации – 1,5 ч, скорость охлаждения получаемых образцов – 1,5–2,0°C/мин. Образцы для физико-механических испытаний вырезали из блоков.

Испытания образцов (ГОСТ 11262–68) на растяжение проводили на машине М-500 с автоматической записью кривых растяжения (скорость растяжения – 10 мм/мин), а на ударный изгиб – на маятниковом копре с запасом энергии от 7,8 до 11,3 кг·м (образцы-брусочки размером 120×15×10 мм без надреза). Статический изгиб определяли при скорости нагружения 20 мм/мин на образцах размером 80×10×4 мм.

Ниже приведены физико-механические характеристики капролона-В и капролита-РМ:

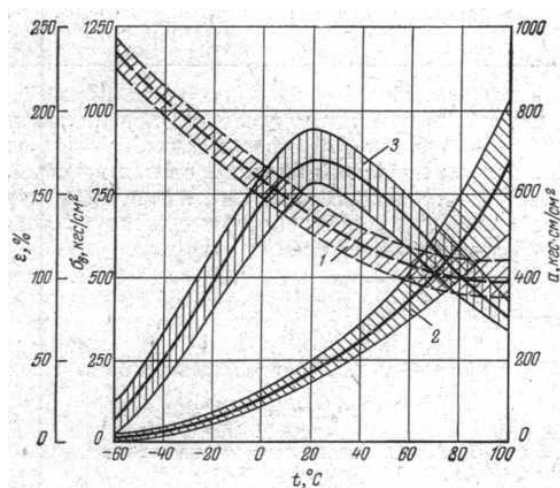
	Капролон-В*	Капролит-РМ
Плотность, г/см ³	1,2	1,2
Предел прочности, кгс/см ²		
при растяжении	880	680
при изгибе	1195	755**
Относительное удлинение при разрыве, %	25	45
Ударная вязкость, кгс·см/см ²	98	730**
Водопоглощение за 24 ч, %	0,6	0,8
Теплостойкость по Вика, °С	220	220.

* Капролон-В – поликапроамид, полученный в присутствии N-ацетил-ε-капролактама.

** Образцы при испытании не разрушались.

Из приведенных данных следует, что теплостойкость и водопоглощение обоих материалов практически одинаковы. Капролон-В обладает несколько лучшими прочностными свойствами, чем капролит-РМ, но уступает ему по деформационным характеристикам.

Для установления интервала температур работоспособности капролита-РМ определяли прочностные и деформационные свойства материала при температурах от -60 до 100°С. На рисунке показаны зависимости предела прочности при растяжении (σ_B), относительного удлинения при разрыве (ϵ) и ударной вязкости (a) от температуры. Видно, что хорошие прочностные свойства капролита-РМ сохраняются до температуры 60–80°С, при дальнейшем повышении температуры жесткость материала снижается.



Зависимость предела прочности при растяжении (1), относительного удлинения при разрыве (2) и ударной вязкости (3) капролита-РМ от температуры

Разброс показателей при испытании материала в исходном состоянии при 20°C составлял для $\sigma_B \pm 7\%$, $\varepsilon \pm 15\%$ и для $a \pm 10\%$. Максимальный разброс тех же показателей: для $\sigma_B \pm 10$, $\varepsilon \pm 20\%$ и для $a \pm 10\%$. Эти данные свидетельствуют о достаточно хорошей стабильности материала.

В табл. 1 приведены результаты исследования прочностных свойств капролита-РМ, подвергнутого тепловому старению в течение 300 ч при 60 и 100°C. При визуальном осмотре образцов было замечено изменение цвета (пожелтение) после выдержки образцов при 100°C в течение 100 ч. С увеличением времени старения наблюдается рост интенсивности окраски. Длительная выдержка образцов в пределах 60–80°C не вызывает заметных изменений материала.

Таблица 1.

Физико-механические показатели капролита-РМ после теплового старения

Время старения, ч	Предел прочности, кгс/см ²		Относительное удлинение при разрыве, %	Ударная вязкость, кгс·см/см ²
	при растяжении	при изгибе**		
Исходное состояние	680/680	760/760	45/45	730/730*
50	610/660	800/980	55/35	750/700*
200	620/710	830/890	45/35	730/690*
500	630/690	850/960	45/35	750/270
1000	690/680	940/1070	45/35	720/65
2000	680/510	850/1000*	55/40	710/10
3000	730/520	1050/720*	40/37	520/3

* Образцы при испытании не разрушались.

** Значения при стреле прогиба 10 мм.

Примечание. Числитель – при 60°C; знаменатель – при 100°C.

Анализ образцов капролита-РМ, подвергнутых старению в водной среде при комнатной температуре ($\sim 22^{\circ}\text{C}$) в течение 200 ч, показал, что в процессе испытаний происходит их набухание – увеличение массы и объема (табл. 2). Вода оказывает пластифицирующее влияние на полимерный материал, что особенно заметно сказывается на увеличении ϵ .

Таблица 2.

Физико-механические показатели капролита-РМ
после старения в водной среде

Время старения, ч	Предел прочности при растяжении, кгс/см ²	Относительное удлинение при разрыве, %	Ударная вязкость, кгс·см/см ²	Увеличение, %	
				массы	размеров
Исходное состояние	680	45	730	–	–
100	550	50	660	0,6	0,26
200	530	60	660	1,0	0,33
500	450	50	540	1,6	0,7
2000	460	190	430	2,9	1,13

Прочностные характеристики капролита-РМ после длительного воздействия искусственного тропического климата (влажность 98%, $t=40^{\circ}\text{C}$) свидетельствуют об усилении пластифицирующего действия влаги при повышенных температурах (табл. 3). В процессе выдержки капролита-РМ в камере искусственного климата наблюдается снижение механической прочности и увеличение деформационной способности материала.

Таблица 3.

Прочностные характеристики капролита-РМ
после искусственного атмосферного старения

Время старения, ч	Предел прочности, кгс/см ²		Относительное удлинение при разрыве, %	Ударная вязкость, кгс·см/см ²	Увеличение, %	
	при растяжении	при изгибе			массы	размеров
Исходное состояние	680	760*	45	730**	–	–
100	480	330	60	630	1,25	0,4
500	440	280	120	470	2,60	1,0
1000	490	230	130	370	4,40	1,5
2000	470	250	90	320	5,65	2,2

* Значения при стреле прогиба 10 мм.

** Образцы при испытании не разрушились.

Оценку грибостойкости капролита-РМ проводили визуально, а также при испытании образцов на растяжение. После выдержки во влажной и

грибковой среде в течение 4 мес капролит-РМ имел следующие показатели: привес – 5,7%, σ_B – 440 кгс/см², ε – 100%. Из этих данных следует, что микологическая среда не снижает прочностных свойств материала. Изменение прочностных свойств материала вызвано главным образом влиянием влаги, о чем свидетельствует сравнение этих данных с результатами испытаний образцов капролита-РМ после выдержки во влажной среде. Капролит-РМ отличается хорошей грибостойкостью. После длительной (в течение 4 мес) выдержки в микологической среде наблюдается только незначительный рост грибов на поверхности исследуемых образцов. После удаления грибов с поверхности образцов их повторного роста не происходит.

Некоторые данные по электрофизическим свойствам капролита-РМ до и после воздействия на него влаги приведены в табл. 4. Капролит-РМ является достаточно хорошим диэлектриком; его диэлектрические свойства незначительно ухудшаются после выдержки во влажной среде.

Таблица 4.

Электрофизические характеристики капролита-РМ

Показатели	Исходный капролит-РМ	После выдержки при $\phi=98\%$ в течение 48 ч	После выдержки в воде в течение 48 ч
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см	$>7 \cdot 10^{14}$	$30 \cdot 10^{11}$	–
Удельное поверхностное электрическое сопротивление, Ом	$>1 \cdot 10^{15}$	$4,12 \cdot 10^{11}$	–
Диэлектрическая проницаемость при 10^6 Гц	3,11	3,50	3,62
при 10^{10} Гц	2,48	–	–
Тангенс угла диэлектрических потерь при 10^6 Гц	0,0204	0,0524	0,0587
при 10^{10} Гц	0,0203	–	–

Анализ результатов исследования прочностных свойств капролита-РМ в различных условиях показал, что он представляет интерес как конструкционный ударопрочный материал, из которого можно изготавливать изделия, эксплуатирующиеся в условиях значительных нагрузок.

Список литературы

1. Вихтерле О. и др. Химия и технология полимеров, 1961, т. 7, с. 39.
2. Сэкигути Х. Успехи химии, 1969, т. 38, с. 2075.
3. Коршак В.В., Фрунзе Т.М., Сергеев В.А. и др. В сб.: Обработка пластмасс в машиностроении. М., «Наука», 1968, с. 12.
4. Коршак В.В. и др. Высокомолек. соед., 1970, т. А12, с. 416.