

УДК 541.64:539.3+532.783
ББК 32.86

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА
МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
КОМПОЗИТНЫХ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ
ПОЛИМЕРА И ЖИДКОГО КРИСТАЛЛА**

Каримов Сорбон Каримович - научный сотрудник лаборатории физики Худжандского научного центра НАН Таджикистана, e-mail: sorbon_25@mail.ru

Эгамов Мухтор Хасанович - кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник, Худжандского научного центра НАН Таджикистана, e-mail: egamov62@mail.ru

**ТАЪСИРИ ҲАРОРАТ БА ХОСИЯТҶОИ
МЕХАНИКИИ ПАРДАҶОИ КОМПОЗИТИИ
ДАР ЗАМИНАИ ПОЛИМЕР ВА
КРИСТАЛЛИ МОЕЪ АСОС ЁФТА**

Каримов Сорбон Каримович – корманди илмии лабораторияи физикаи Маркази илмии Хуҷанди АМИ Тоҷикистон, e-mail: sorbon_25@mail.ru

Эгамов Мухтор Хасанович – номзади илмҳои физика-математика, ходими пешбари илмии Маркази илмии Хуҷанди АМИТ, e-mail: egamov62@mail.ru

**INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE
MECHANICAL PROPERTIES OF
COMPOSITE FILMS BASED ON POLYMER
AND LIQUID CRYSTAL**

Karimov Sorbon Karimovich - Researcher of the Physics Laboratory of the Khujand Scientific Center of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, e-mail: sorbon_25@mail.ru

Egamov Mukhtor Khasanovich - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Leading Researcher, Khujand Scientific Center of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, e-mail: egamov62@mail.ru

Ключевые слова: жидкий кристалл, нематик, поливиниловый спирт, композитные пленки, полимер

В данной статье представлены результаты экспериментов по исследованию влияния температуры на механические свойства капсулированных полимером, жидкокристаллических пленок. В этих новых композитах, реализуемых в виде тонких и прозрачных полимерных пленок, жидкий кристалл (ЖК) выполняет функцию наполнителя в однородном материале, необходимом для его защиты и образования в виде конкретной текстуры. Установлено, что прочность полимерных пленок, содержащих от 15 до 25% жидкокристаллические наполнителя, практически изменяется с ростом степени наполнения. А также разрывная прочность таких пленок уменьшается при повышении температуры.

Вожаҳои калидӣ: кристалли моеъ, нематик, спирти поливинилӣ, плёнкаи композитӣ, полимер

Дар ин кор натиҷаҳои таҷрибаҳо оид ба омӯзиши таъсири ҳарорат ба хусусиятҳои механикии плёнқаҳои полимери кристалли моеъ дошта оварда шудаанд. Дар ин композитҳои нав, ки ба намуди пардаҳои полимери тунук ва шаффоф амалӣ карда мешаванд, кристалли моеъ (КМ) ҳамчун пурқунанда дар маводи якхела, ки барои муҳофизат ва ташаккули он дар шакли текстури мушаххас зарур аст, амал мекунад. Муқаррар карда шудааст, ки мустаҳкамии пардаҳои полимерӣ, ки аз 15 то 25 % пурқунандаҳои кристалли моеъ доранд, бо баланд шудани дараҷаи дисперсия амалан тағир меёбад. Ва инчунин мустаҳкамии чунин пардаҳо бо зиёдашавии ҳарорат коҳиш меёбад.

Key words: liquid crystal, nematic, polyvinyl alcohol, composite films, polymer

This article presents the results of experiments to study the effect of temperature on the mechanical properties of polymer-encapsulated liquid crystal films. In these new composites, realized in the form of thin and transparent polymer films, liquid crystal (LC) acts as a filler in a homogeneous material necessary for its protection and formation in the form of a specific texture. It has been established that the strength of polymer films containing 15

to 25% liquid crystal fillers practically changes with an increase in the degree of filling. And also the tensile strength of such films decreases with increasing temperature.

В последнее время, значительное число научных исследований было выполнено относительно термической деструкции композитов и элементных баз на их основе. Интерес к этому направлению науки вызван, прежде всего, необходимостью создания новых материалов с улучшенными физико-механическими, структурными и химическими свойствами [1]. Поведение композитного материала при высоких температурах является важным параметром, который следует учитывать, поскольку они во многих случаях могут определять диапазон применимости отдельных изделий и элементных баз без ущерба работоспособности устройств в целом [1].

Общеизвестно, что полимерные композиционные материалы - самые перспективные материалы как с точки зрения экономичности, так и долговечности, работоспособности и устойчивости к внешним дестабилизирующим воздействиям. Тем не менее, независимо от значительных преимуществ по сравнению с однородным металлическим материалом, их механические свойства до сих пор не имеют единой теории, либо существующие в научной литературе экспериментальные данные противоречат друг-другу, что, в конечном итоге требует тщательного и всестороннего исследования [1].

Среди многочисленных полимерных композиционных материалов, наиболее часто используемых в качестве объекта исследований, являются полимерно-жидкокристаллические пленки. Данный материал представляет собой полимерную пленку с диспергированными в ней каплями жидкого кристалла (ЖК). Пленки капсулированных полимером жидких кристаллов (КПЖК) привлекают внимание исследователей вследствие их широких перспектив использования в оптоэлектронике, индикаторной и дисплейной технике [2, 3]. Такие пленки обладают высокими механическими свойствами полимерной матрицы, а также высокой чувствительностью жидкого кристалла к воздействию внешних полей. Изученные на этой основе материалы в основном ориентированы на определение их электрооптических свойств [2, 4, 5], а влияния внешних факторов (температуры, УФ-облучения и радиационного поля) на механические свойства таких композитных пленок, оставались не исследованными. Поэтому, экспериментальное исследование динамических свойств полимерно-жидкокристаллических композитов при различных температурах представляет собой одну из основных актуальных задач физики конденсированного состояния. Цель настоящей работы – исследование влияния температуры на деформационно-прочностные свойства высоконаполненных композитов на основе полимера и жидкого кристалла.

Для исследования был выбран хорошо изученный различными методами нематический жидкий кристалл (НЖК) 4-н-гептил-4'-цианобифенил (7ЦБ). Температурный интервал существования мезофазы данного ЖК составляет $28\div 42,5^{\circ}\text{C}$. При $T=28^{\circ}\text{C}$ показатели преломления 7ЦБ $n_k=1,737$; $n_l=1,518$ [2, 3] (n_k , n_l - показатели преломления ЖК для света, поляризованного, соответственно, параллельно или перпендикулярно директору). В качестве полимерной матрицы использовался поливиниловый спирт (ПВС) (показатель преломления $n_p=1,49 - 1,53$ ($\lambda=0,589$ мкм) при $T=20^{\circ}\text{C}$ [3, 6]), обеспечивающий для выбранного жидкого кристалла тангенциальные условия сцепления на границе раздела двух несовместимых фаз. Эти два компонента одного и того же композита хорошо растворяются в дистиллированной воде. Образцы композитных пленок приготавливались методом эмульгирования [6]. Суть данного метода заключается в том, что ЖК соединяется с водным раствором полимера, не растворяясь в нем, и посредством механического перемешивания или ультразвукового диспергирования разбивается на мелкие капли необходимого размера. В результате испарения растворителя происходит отверждение полимерной матрицы, в которой закапсулирован ансамбль капель ЖК. Испытания проводились при помощи разрывной машины, принцип работы которой описаны в работе [7].

Визуальные наблюдения текстуры капель ЖК проводились с использованием поляризационного микроскопа ПОЛАР-2. Фрагмент микрофотографии такой пленки, исследуемой в скрещенных поляризаторах микроскопа, представлен на рис. 1.

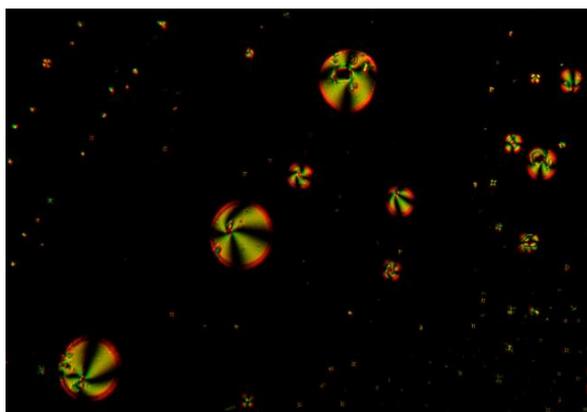


Рис. 1 Фрагмент пленки ПВХ с диспергированным нематиком 7ЦБ

Ориентационная структура нематика в капсуле образует конфигурацию, характеризуемую двумя полюсами-точечными дефектами на границе капсулы. Оси биполярных капель, проходящие через точечные дефекты, лежат преимущественно в плоскости пленки и имеют произвольную азимутальную ориентацию. Наблюдаемая картина типична для ансамбля сплюснутых капсул, наименьший поперечный размер которых соизмерим с толщиной пленки [3, 5].

Дальнейшие исследования были посвящены изучению прочностных характеристик композитной пленки на основе ПВХ и НЖК с весовым соотношением составных частей образца (15% и 25%) по весу. Результаты экспериментов представлены на рис. 2 в виде графика зависимости прочностных свойств композитных пленок на основе ПВХ + 7ЦБ (ПВХ + 7ЦБ 15% и 25%) от температуры. Опыты проводились в интервале температур от 20⁰С до 40⁰С. Причина выбора этой температуры заключается в том, что выбранный нами компонент ЖК сохраняет свое жидкокристаллическое состояние при температуре от 28 до 42,5⁰С. Анализ экспериментальных измерений показал, что с повышением температуры прочность полимерных пленок значительно падает. Следует отметить, что при температурах от 20 до 40⁰С композитные пленки на основе ПВХ и 7ЦБ в некоторой степени ухудшают молекулярную структуру полимера поливинилового спирта, что приводит к снижению прочности образцов.

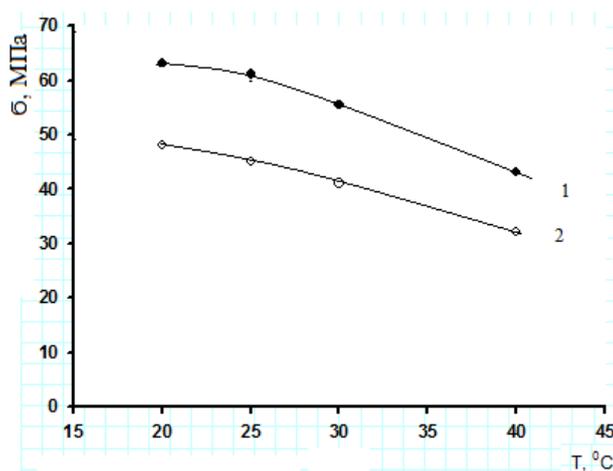


Рис. 2. Температурная зависимость механической прочности КПЖК с разными составами компоненты: (1) - ПВХ+7СВ 15%; (2) - ПВХ+7СВ 25%

Из рис. 2 (кривая 1) видно, что значение прочности при комнатной температуре $T = 20^{\circ}\text{C}$ для пленок с 15% -ной компоненты НЖК 7ЦБ составляет $\sigma = 64$ МПа. Как видно, при достижении температуры $T = 40^{\circ}\text{C}$ показатель прочности равен $\sigma = 45$ МПа. Для таких образцов потеря прочности составила около 25%. Такие же экспериментальные измерения были проведены для образцов с 25%-ным соотношением компоненты НЖК по отношению к ПВХ. Рассчитанные результаты экспериментов показали, что при $T = 20^{\circ}\text{C}$ прочность составила $\sigma = 46$ МПа, а при температуре $T = 40^{\circ}\text{C}$ значение $\sigma = 30$ МПа. Для таких образцов потеря прочности оценивалась в 22%. А также из рис. 1 (кривые 1 и 2) видно, что с увеличением содержания наполнителя (7ЦБ) прочность композитов практически уменьшается в зависимости от температуры испытаний.

Анализ результатов экспериментов показал, что фактор роста температуры является одним из основных причин ухудшения прочности исследуемых композитных пленок. Результаты, наблюдаемые на поляризационном микроскопе, показали, что рост температуры также влияют на структуру, форму и размеров капли. Было обнаружено, что повышение температуры в некоторой степени приводит к характерному изменению формы капель. Из-за этого, степень деформации образцов в интервале температур от 20° С до 40°С увеличивается, но их прочность в целом, падает.

Таким образом, в работе получены экспериментальные данные о механических свойствах композиционных материалов на основе полимера и жидкого кристалла. Обобщая изложенные результаты, показано, что характерные размеры, объем и форма капель НЖК 7ЦБ в интервале содержания жидкокристаллического наполнителя от 15 до 25% практически не меняются, а прочность композитов нелинейно снижается с ростом температуры. Выявили, что характер изменения относительного удлинения пленок при разрыве композитов с ростом концентрации наполнителя определяется температурой испытания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриенко Ю.И. Термомеханическое поведения композиционных материалов и их структура при высоких температурах: 1. Материалы. Композиты. Часть А: // Прикладная наука и производство. 1997 год; 28:453-461. [http://dx.doi.org/10.1016/S1359-835X\(96\)00144-3](http://dx.doi.org/10.1016/S1359-835X(96)00144-3).
2. Зырянов В.Я., Крахалев М.Н., Прищепа О.О., Шабанов В.А. // Ориентационно структурные превращения в каплях нематиков, обусловленные ионной модификацией межфазной границы под действием электрического поля. Письма в ЖЭТФ 2007, том 86, вып. 6, с. 440-445.
3. Сутормин В.С., Крахалев М.Н., Прищепа О.О., Температурно индуцированные изменения конфигурации директора в каплях нематика, диспергированного в поливинилпирролидоне, Журн. СФУ. Сер. Матем. и физ., 2009, том 2, выпуск 3, с. 352–359.
4. Эгамов М.Х., Оптическая анизотропия в композиционном материале на основе полимера и жидкого кристалла при деформации. Матер. Респ. научной конф. «Современные проблемы физики конденсированного состояния», ТНУ. 2015 г. с. 113-115
5. Паршин А.М., Баранник А.В., Оптический отклик капель нематика в полимерной матрице на импульсное воздействие сильного магнитного поля // Письма в ЖТФ, 2009, том 35, вып. 24, с. 88-93
6. Жаркова Г.М., Сонин А.С., Жидкокристаллические композиты. – Новосибирск, Наука. 1994. – 214 с.
7. Томашевский Э.Е., Слуцкер А.И., Устройство для поддержания постоянного напряжения в одноосно растягиваемом образце. //Заводская лаборатория, №8, 1963, с. 994-996.

REFERENCES

1. Dimitrienko YI. Thermomechanical behaviour of composite materials and structures under high temperatures: 1. Materials. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. 1997; 28:453-461. [http://dx.doi.org/10.1016/S1359-835X\(96\)00144-3](http://dx.doi.org/10.1016/S1359-835X(96)00144-3)
2. Zyryanova V.Ya., Krakhalev M.N., Prishchepa O.O., Shabanov A.V. // Orientational structure transformations caused by the electric-field-induced ionic modification of the interface in nematic droplets. JETP Letters 2007, Vol. 86, No. 6, pp. 440–445.
3. Sutormin V.S., Krakhalev M.N., Prishchepa O.O. // Thermo-Induced Transformations of Director Configuration within Nematic Droplets Dispersed in Polyvinylpyrrolidone / Journal of Siberian Federal University. Mathematics & Physics 2009, 2(3), pp. 352-359
4. Egamov M.Kh., Optical anisotropy in a composite material based on a polymer and a liquid crystal during deformation. //Mater. Resp. scientific conf. "Modern problems of condensed matter physics", TNU. 2015 pp. 113-115
5. Parshin A.M., Barannik A.V., Optical response of nematic droplets in a polymer matrix to the pulsed action of a strong magnetic field // ZhTF Letters, 2009, volume 35, no. 24, p. 88-93.
6. Zharkova G.M., Sonin A.S. Liquid crystal composites. Novosibirsk: Nauka, 1994. 214p.
7. Tomashevsky E.E., Slutsker A.I. A device for maintaining constant stress in a uniaxially stretching sample. // Factory laboratory, No. 8, 1963, P. 994-996.