Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 7, №1 (2015) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-1>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/129TVN115.pdf>

DOI: 10.15862/129TVN115 (<http://dx.doi.org/10.15862/129TVN115>)

УДК 542.07

Белокуров Владислав Николаевич

ФГБОУ ВПО «Российский государственный университет туризма и сервиса»

Россия Москва¹

Доктор технических наук, профессор кафедры сервис

E-mail: belokurov1943@mail.ru

Шагунов Дмитрий Валентинович

ФГБОУ ВПО «Российский государственный университет туризма и сервиса»

Россия Москва

Кандидат технических наук, соискатель кафедры сервис

E-mail: tamara41@inbox.ru

Механизм деформации вязкоупругих полимерных материалов в резонансных режимах

---

¹ 141221, Московская обл., Пушкинский район, поселок Черкизово, ул. Главная, 99

Аннотация. Многие изделия и типичные материалы, используемые в легкой промышленности, представляют собой по физико-механическим свойствам вязкоупругие системы. Как показывает анализ существующих методов оценки их деформационных показателей в статическом режиме их деформационные свойства следует рассматривать в процессе расчета с учетом вязкой составляющей. При этом существующая приборная база, используемая для определения их деформационных свойств, не в полной мере соответствует современным научным представлениям и требуемому уровню, причем однозначно признанной методологии оценки объективных механических показателей на практике не существует.

Актуальной задачей является создание объективной методики для определения вязкоупругих свойств материалов на основе научного обоснования выбираемых критериев. Представленная разработка универсальна как резонансный метод неразрушающего контроля вязкоупругих материалов. Его реализация позволяет с высокой степенью точности и достаточной достоверностью находить упруговязкие показатели испытываемых полимерных образцов материалов и изделий. Проведено решение задачи по рассмотрению процесса деформирования материалов, как в статическом, так и в динамическом режимах при различных деформациях. Создан универсальный неразрушающий метод, обеспечивающий достоверное и простое определения наиболее важных показателей вязкоупругих материалов.

Ключевые слова: информационного пространство; информационное общество; инновация; здравоохранение; ресурсы; медицинское учреждение; пациент; консультирование.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Белокуров В.Н., Шагунов Д.В. Механизм деформации вязкоупругих полимерных материалов в резонансных режимах // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №1 (2015)
<http://naukovedenie.ru/PDF/129TVN115.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/129TVN115

Введение

При изучении в динамике деформационных свойств полимерных материалов установлено, что повышение от нуля частоты силового воздействия, увеличивает амплитуды деформации и их максимум достигается при частотах близких к собственной частоте колебаний элементарных частиц материала [5]. Декларируемой целью проводимой работы является решение одной из фундаментальных задач, включающей детальный разбор механизма деформации материалов. Это включает резонансные испытания в статическом и динамическом режимах при различных видах нагружения. Предполагается выход на универсальный метод неразрушающего контроля и как результат создание единой теории, позволяющей определять требуемые деформационные характеристики вязкоупругих материалов, учитывающих их технологические и эксплуатационные свойства.

Представленная разработка универсального типа на основе научно построенного резонансного метода представляет собой разновидность неразрушающего контроля деформационных показателей вязкоупругих материалов. С ее помощью высокой точностью и достоверностью на практике можно определять упругие и вязкие показатели полимерных и других материалов и изделий из них.

Представленная методика изучения деформационных характеристик полимерных и других нетвердых материалов может использоваться в различных отраслях легкой промышленности. Она представляет единый способ регистрирования деформационных характеристик, который обеспечить введение системы паспортизации показателей готовой продукции [6].

Методика измерений изгибной жёсткости обуви

Одним из качественных показателей готовой обуви может быть её жёсткость. Например, повышенная жёсткость обуви предопределяет неудобства в процессе её носки, т.к. увеличивает сопротивление при изгибе и требует больших усилий мышц ног при ходьбе для создания продольной деформации конструкции. При малой жёсткости обуви она более удобна в эксплуатации (носке), но может терять формустойчивость, что резко ухудшает художественно-эстетические показатели и, как следствие, долговечность.

Существуют стандартные общепринятые методики для экспериментального определения жёсткости, основанные на регистрации величины сопротивления при создании изгиба образца обуви, достигаемого 25° в пучковой части что примерно равняется аналогичному значению деформирования обуви при ходьбе. Обувь проверяется на разрывной машине, имеющей специальное приспособление для опускания подвижного штока с закрепленным образцом при заданной скорости 60 мм/мин. Полученная жёсткость по ГОСТу, найденная в квазистатическом режиме отличается от жёсткости, определяемой для одной и той же полупары, в статическом режиме и является, условной. Различия увеличиваются с увеличением скорости силового воздействия.

На основе ранее сформулированных теоретических положений [1,2,5] предлагается неразрушающий контроль деформационных характеристик готовой обуви. Испытания проходят при синусоидальных воздействиях на образец при малых амплитудах, которые не способны изменить внутреннюю структуру материала. Устройство (рис.1) крепится на массивной станине - 1, где фиксируется вертикальная штанга – 2. Последняя несет (с помощью резьбового соединения) кронштейн – 3 с зажимом – 4, фиксирующем при опыте пяточную часть образца обуви [4].

Столик - 5 в нижней части имеет силовую катушку – 6, соединенную с усилителем электросигналов - 7. При проведении опыта на обуви в ее носочной части крепится постоянный магнит - 10, при необходимости заменяемый на подобный магнит, большей массы.

Освещение рабочей зоны производится лампами накаливания – 8 и сигнал поступает на фоторегистрирующее устройство, имеющее фотоэлемент - 9. Магнит располагается на исследуемом образце обуви таким образом, чтобы иметь возможность пересекать световой пучок, перекрывая при этом фотоэлемент. Иницируемые колебания образца обуви генерируют переменную ЭДС пропорционально амплитуде перемещений носочной части обуви. Значение ЭДС измеряется по амплитуде цифровым вольтметром типа В7-27.

Рисунок 1. Схема установки для испытания обуви

Дополнительный магнит - 10 центрируется по сердечнику силовой катушки - 6, которая связана с эмиттерной цепью транзистора усилителя электрических сигналов - 7. Транзистор соединен с генератором синусоидальных сигналов, частота которых лежит в интервале 0 - 20 кГц при дискретном шаге 0,01 Гц. Переменный ток заданной частоты возбуждает переменное магнитное поле, которое при действии на постоянный магнит - 10, колеблющийся вместе с носочной частью исследуемого образца обуви. В процессе увеличения частоты сигнала задающего генератора от 0 значений, фиксируем амплитуду колебаний исследуемого образца на основе показаний вольтметра в цифровом варианте. После сближения частот генератора, задающего сигнал, и собственной частоты системы, включающей носочную часть обуви, имеет место выраженный резонанс [3]. Регистрируя соответствующие значения амплитуды ЭДС, получаем АЧХ исследуемого образца обуви, пример которой показан на рис. 2.

Рисунок 2. АЧХ образца обуви с различными массами постоянных магнитов

Деформационные показатели рассчитываются по известным формулам (таблица 1).

Таблица 1

Деформационные показатели обуви

№	V_0 Гц	$\omega_0 \frac{rad}{c}$	ΔV Гц	Q	δ	T C ⁻¹	β C ⁻¹	τ с	K н/м	Δm кг	b кг/с
1	20,4	128,1	1,85	11	0,29	0,05	5,82	0,17	27,4	0,17	1,97
2	9	56,5	1,28	7	0,45	0,11	4,03	0,25	4,66	0,15	1,18
3	11,7	73,5	1,05	11,1	0,28	0,09	3,32	0,3	10,5	0,19	1,29
4	13,5	84,8	1,75	7,7	0,41	0,07	5,5	0,18	9,3	0,13	1,42
5	16,6	104,3	1,3	12,8	0,25	0,06	4,1	0,24	5,1	0,05	0,39
6	19,3	121,2	1,65	11,8	0,27	0,05	5,17	0,19	7,2	0,05	0,51
7	15,3	96,1	1,15	13,3	0,24	0,07	3,63	0,28	8,4	0,09	0,66
8	14,4	90,4	0,50	28,8	0,11	0,07	1,58	0,63	7	0,09	0,27
9	9	56,5	1,85	4,9	0,65	0,11	5,82	0,17	1,1	0,03	0,4

ω_0 - резонансная циклическая частота, ν_0 -частота колебаний, ΔV - половинное значение ширины АЧХ, Q- показатель добротности механической системы, δ - декремент затухания при колебаниях, T – установленный период колебаний, β – экспериментальный коэффициент затухания, τ – опытное время релаксации, K – установленный коэффициент жёсткости, Δm - распределённая масса образца, b -коэффициент вязкого трения материала.

Статические деформационные характеристики обуви устанавливаются по пяти образцам при определении усилия в процессе изгибании на 25° . Эти значения регистрируются на шкале нагрузок при проведении третьего изгиба подошвы и на участке в пучковой части. Результаты сопоставительного анализа динамических и статических показателей изгибной жёсткости представляют определенный интерес по выборке из пяти образцов обуви (Таблице 2).

Таблица 2

Изгибная жёсткости в динамическом и статическом режимах

№	К Н/м	Д Н/м	R
1	10,35	8,89	0,9617
2	10,15	8,33	
3	4,08	6,57	
4	4,69	6,28	
5	4,21	5,66	

Примечание: 1. R коэффициент корреляции. 2. Для 5 произвольных образцов обуви

Как видно, существует высокая корреляционная зависимость между показателями жёсткости в динамическом резонансном и статическом режимах. При этом методика позволяет получить широкий спектр деформационных характеристик для готовой обуви и для заготовок: материалов деталей верха и низа обуви. Это позволяет оценить количественно как упругие, так и вязкие свойства обуви. Экспериментально устанавливаются энергетические затраты мышц ног в процессе эксплуатации определенной обуви [5], а также другие важные деформационные характеристики обуви.

Деформационные свойства вспененных материалов для изготовления ортопедических стелек

В опыте реконструирована колебательная система, где использованы в качестве образцов полимерные материалы. Частоты сигнала задающего генератора, изменяемые в определенном диапазоне, позволяют установить АЧХ соответствующих образцов материалов. Образцы листовых полимерных материалов изготавливались в виде прямоугольников 20×70 мм². По опытным данным построены резонансные кривые (рис.3). Далее графическим способом находились значения «полуширины» АЧХ. Анализ резонансных кривых АЧХ материалов № 9 и №12 показывает их идентичность, кроме того, они имеют наиболее высокие коэффициенты жесткости. При этом, образцы имеют хорошие показатели добротности, которая отражает сочетание вязких и упругих свойств.

Рисунок 3. АЧХ 12 образцов полимерных материалов

Если сопоставить характеристики ЭВА пласт вида Б отечественного производства с аналогичным материалом, выпускаемым как флексокорк фирмы «Отто бокк» производства Германии, то можно сказать, что ЭВА пласт вида Б имеет более высокий коэффициент жесткости. Таким образом, материал № 9 имеет достаточно высокие упругие свойства. Это позволяет обеспечить создание профилированного ложа в обуви под пятку, что обеспечивает лучшую способность сохранять размер и форму обуви при ее деформировании. Следовательно, такой материал является наиболее пригодным для изготовления стельчного узла.

Таблица 3

Деформационные показатели полимерных материалов

	пенорезина, h=3 мм	пенополиэтил ен для подпяточника , h=6 мм	пенополиэтилен радиационно- сшитый, h=4 мм	пенополиэтилен вида 2П (ортопедический , h=6 мм	пенополиэтилен радиационно сшитый, h=6 мм	пенополиэтил ен (химически сшитый), h=14 мм
№ п.п.	1	2	3	4	5	6
масса m=0,37, ($\times 10^{-3}$) кг	v, Гц	9,8	50	23	51	64
	X, ($\times 10^{-3}$) м	6,6	1,7	1,68	2,2	0,72
масса m=0,47, ($\times 10^{-3}$) кг	v, Гц					
		9,2	45	20,5	47	54
Δv, Гц	3,8	11	2	5	10	8
Q	2,58	4,55	11,5	10,2	6	8
m, ($\times 10^{-3}$) кг	0,3725	0,0563	0,0164	0,1935	0,0563	0,0896
ω, с⁻¹	61,5752	314,1593	144,5133	320,4425	376,9911	402,1239
k, Н/м	2,8150	42,0757	8,0704	57,8642	60,5890	74,3130
δ	1,2177	0,6905	0,2732	0,3080	0,5236	0,3927
β, с⁻¹	11,9332	34,5230	6,2832	15,7080	31,4159	25,1327
T, с	0,1020	0,0200	0,0435	0,0196	0,0167	0,0156
b, Па×с	0,0089	0,0039	0,0002	0,0061	0,0035	0,0045
τ, с	0,0838	0,0290	0,1592	0,0637	0,0318	0,0398
X_{ст}, ($\times 10^{-3}$) м	2,5581	0,3736	0,1461	0,2157	0,1200	0,1625
tgδ	0,3876	0,2198	0,0870	0,0980	0,1667	0,1250
E'', Па	0,5474	1,2216	0,0298	1,9482	1,3340	1,8103
E', Па	1,4122	5,5581	0,3433	19,8713	8,0037	14,4826

Примечание: 12 образцов обуви.

Так как типовые материалы легкой промышленности представляют собой вязкоупругие системы, то их свойства должны учитывать вязкую составляющую, в существенно влияющую на условия деформирования. Аппаратурное оснащение для нахождения деформационных характеристик этих материалов, как правило, не отвечает современным научным достижениям, причем общепризнанной и достаточно объективной, научно обоснованной методологии не существует.

Таблица 4

Деформационные свойства вязкоупругих материалов деталей обуви

		ЭВАпласт марки "орто", h=13 мм	ЭВАпласт марки "орто" (белый), h=9 мм	ЭВАпласт вида Б (для подошв), h=8 мм	ЭВАпласт вида Т, h=15 мм	микропористая резина, h=8 мм	флексокорк фирмы "Отто-бокк", h=6 мм
№ п.п.		7	8	9	10	11	12
с малой массой m=0,37, ($\times 10^{-3}$) кг	v, Гц	37	45	65	37	105	74
	X, ($\times 10^{-3}$) м	2,5	1,87	0,81	2,53	0,12	0,82
с большей массой m=0,47, ($\times 10^{-3}$) кг	v, Гц	35	42	63	35	95	69
Δv , Гц		11	8	9	3	16	9
Q		3,36	5,63	7,2	12,3	6,56	8,22
m, ($\times 10^{-3}$) кг		0,4807	0,3059	1,1804	0,4807	0,0813	0,2959
ω , рад/с		232,4779	282,7433	408,4070	232,4779	659,7345	464,9557
k, Н/м		45,9766	54,0310	258,5994	45,9766	196,4064	143,9512
δ		0,9350	0,5580	0,4363	0,2554	0,4789	0,3822
β , с $^{-1}$		34,5949	25,1104	28,3616	9,4503	50,2846	28,2820
T, с		0,0270	0,0222	0,0154	0,0270	0,0095	0,0135
b, Па $\times$ с		0,0333	0,0154	0,0670	0,0091	0,0082	0,0167
τ , с		0,0289	0,0398	0,0353	0,1058	0,0199	0,0354
X _{ст} , ($\times 10^{-3}$) м		0,7440	0,3321	0,1125	0,2057	0,0183	0,0998
tg δ		0,2976	0,1776	0,1389	0,0813	0,1524	0,1217
E'', Па		7,7320	4,3431	27,3451	2,1122	5,3909	7,7814
E', Па		25,9796	24,4518	196,8848	25,9796	35,3640	63,9632

Сформулированные задачи актуализируются необходимостью разработки обобщенного метода и соответствующих методик для нахождения механических характеристик материалов с вязкоупругими свойствами на основе объективных критериев. Это обосновывает проведение оценки значений упругой и вязкой составляющей полимеров и подобных им материалов [7].

Разработанная теория при неразрушающей методике определения деформационных характеристик полимеров и других материалов, дают возможность развитию нового направления, связанного с изучением свойств вязкоупругих материалов в процессе сжатия, растяжения, изгиба и кручения. Это определяется условиями технологической обработки и других видов физических воздействий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белокуров В.Н., Бочаров В.Г., Беседин А.Н. Инструментальная оценка вязко-упругих свойств материалов и изделий легкой промышленности. Материалы Международной конференции «Традиции и инновации в кооперативном секторе национальной экономики», Москва 2008 г.
2. Белокуров В.Н., Беседин Н.А., Бочаров В.Г. Определение деформационных показателей кожаной ткани меха. КОП, №4, 2007г., с 45–46.
3. Белокуров В.Н. Патент на полезную модель №66536 от 10.09.2007г. Бюл. №25.
4. Белокуров В.Н. Патент на изобретение №230751. Способ определения деформационных показателей полимерных материалов от 10.06.2007г. Бюл. №16.
5. Грошева Н.Н., Синева О.В., Костылева В.В., Белокуров В.Н. Исследование физико-механических свойств стелечных материалов. Материалы Международного симпозиума «Индустрия моды», Москва, МГУДТ, 2007 г.
6. Иванов В.А., Шагунов Д.В., Байкин С.Д. Модернизация оборудования сервиса как способ расширения его технологических возможностей (статья) //Электротехнические и информационные комплексы и системы № 2, т. 8, 2012 г. С.2-8
7. Иванов В.А., Рашкин В.В. Некоторые вопросы теории заточки ножей строгальных машин (статья) //Электротехнические и информационные комплексы и системы . №1..2010 с.41-44

Рецензент: Комаров Николай Михайлович, доктор экономических наук, профессор, член редколлегии журнала.

Belokurov Vladislav Nikolaevich

Russian State University of Tourism and Service
Russia, Moscow
E-mail: belokurov1943@mail.ru

Shagunov Dmitriy Valentinovich

Russian State University of Tourism and Service
Russia, Moscow
E-mail: tamara41@inbox.ru

Deformation mechanism of visco-elastic polymeric materials in the resonance modes

Abstract. Many products and typical materials used in the consumer goods industry present a visco-elastic system in their physical and mechanical properties. As analysis of the existing methods for evaluation of their deformation indices shows, their deformation properties under static conditions should be considered in-process determination taking into account the viscous component. The existing instrument base used to determine their deformation properties, is not fully consistent with the modern scientific notation and a required level. In practice, there is no single generally recognized methodology for objective evaluation of the mechanical indices.

Creation of the objective method for determining visco-elastic properties of materials based on the scientifically grounded selection of criteria is a crucial task. There was developed and presented the universal resonance nondestructive method for testing visco-elastic materials. Its implementation allows one to define visco-elastic indices of the polymer samples of materials and products under test with high accuracy and acceptable assurance. The article considers the solution of problem on examination of material deformation under static and dynamic modes of different strains. Our specialists developed the universal nondestructive method, which provides a simple and reliable determination of the most important indices of the visco-elastic materials.

Keywords: analysis; the amplitude of deformation; viscosity; oscillatory process; composite materials; relaxation; elasticity.

REFERENCES

1. Belokurov V.N., Bocharov V.G., Besedin A.N. Instrumental'naya otsenka vyazko-uprugikh svoystv materialov i izdeliy legkoy promyshlennosti. Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii « Traditsii i innovatsii v kooperativnom sektore natsional'noy ekonomiki », Moskva 2008 g.
2. Belokurov V.N., Besedin N.A., Bocharov V.G. Opredelenie deformatsionnykh pokazateley kozhevoy tkani mekha. KOP, №4, 2007g., s 45–46.
3. Belokurov V.N. Patent na poleznuyu model' №66536 ot 10.09.2007g. Byul. №25.
4. Belokurov V.N. Patent na izobretenie №230751. Sposob opredeleniya deformatsionnykh pokazateley polimernykh materialov ot 10.06.2007g. Byul. №16.
5. Grosheva N.N., Sineva O.V., Kostyleva V.V., Belokurov V.N. Issledovanie fiziko-mekhanicheskikh svoystv stechnykh materialov. Materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma « Industriya mody », Moskva, MGUDT, 2007 g.
6. Ivanov V.A., Shagunov D.V., Baykin S.D. Modernizatsiya oborudovaniya servisa kak sposob rasshireniya ego tekhnologicheskikh vozmozhnostey (stat'ya) //Elektrotekhnicheskie i informatsionnye komplekсы i sistemy № 2, t. 8, 2012 g. S.2-8
7. Ivanov V.A., Rashkin V.V. Nekotorye voprosy teorii zatochki nozhey strogal'nykh mashin (stat'ya) //Elektrotekhnicheskie i informatsionnye komplekсы i sistemy . №1..2010 s.41-44