пертов можно считать согласованным. Эксперты неодинаково ранжируют показатели.

Так как мнение экспертов согласовано, строим среднюю диаграмму рангов для рассматриваемых факторов. Откладывая по одной оси показатели X_i, по другой - соответствующие суммы рангов (рис. 1).

Анализ данных диаграмм показывает, что убывание равномерное. Наименьшую значимость имеет показатель устойчивости окраски к воздействию дистиллированной воды. Сумма рангов $S = 82,5$. Остальные показатели устойчивости окраски к воздействию: раствора мыла при 40°С, пота, глажения, трения имеют значимость и определяют потребительские свойства крашеной продукции. Сумма рангов $S < 50$.

Резюме. На основании метода экспертной оценки значимости показателей устойчивости окраски пряжи и полотна к физико-химическим воздействиям выявлены наиболее значимые показатели устойчивости окраски к воздействию дистиллированной воды.

Литература

1. Гост 2351 - 66. Изделия и полотна трикотажные. Нормы устойчивости окраски. 2. Соловьев А.Н., Кирюхин С.М. Оценка качества и стандартизация текстильных материалов. М., 1974.

УДК 678.664-678.044

А.И.Зеленский, канд.техн.наук, М.Л.Шалюпа, И.К.Леонова

ВЛИЯНИЕ МОЧЕВИНЫ НА СВОЙСТВА ПЕНОПОЛИУРЕТАНА

Пенополиуретан (ППУ) занимает одно из главных мест в общей массе выпускаемых пенопластов, причем значительная часть его приходится на долю холодильной техники.

Процесс нанесения пенополиуретановой изоляции технологичен, ППУ имеет малый объемный вес, хорошие теплоизоляционные свойства [1, 2]. Наряду со всеми его достоинствами ППУ имеет и недостатки - относительно невысокие некоторые свойства и дефицитность исходных компонентов. Устранить или уменьшить этот недостаток можно, вводя различные модификаторы. С этой целью проводились исследования по определению

влияния мочевины на физико-механические и технологические свойства пенополиуретана.

Обычно в процессе образования пенополиуретана участвуют изоцианат, полимер с концевыми гидроксильными группами и вода [3, 4]

$$R-N=C=O+R-OH \longrightarrow R-NH-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-OR' .$$

Реакция изоцианата с водой, в результате которой образуется мочевина, протекает с образованием промежуточного соединения амина [5, 6].

$$R-N=C=O+H_2O \rightarrow (RNHCOOH) \rightarrow RNH_2+CO_2;$$

$$R-N=C=O+R-NH_2 \longrightarrow R-NH-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-NH-R .$$

Изоцианат может реагировать и с мочевиной, тогда получается биурет

$$R-NCO+RNHCNHR \rightarrow R-\underset{\underset{CONHR}{|}}{N}-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NHR$$

Сетчатая структура полиуретанов получается за счет реакции подвижного водорода в остатках молекулы мочевины и уретановых групп соседних молекул с диизоцианатом. Изоцианат обычно берут в небольшом избытке. Это приводит к поперечному сшиванию полимерных цепей по уретановым группам и реакционноспособным группам мочевины.

В качестве исходного вещества использовался пенополиуретан марки 309 М. Мочевина вводилась по трем сочетаниям – взамен смеси полиэфиров (А), полиизоцианата (Б) и общей смеси полиуретана. Пенополиуретановые композиции получали свободным вспениванием в картонных коробках, за исключением образцов для определения коэффициента теплопроводности: в этом случае образцы получали вспениванием в форме в закрытом объеме. Образцы для испытаний вырезались из блока пенополиуретана.

Данные исследования свойств образцов приведены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, основные технологические характеристики ППУ: время старта $\tau_{ст}$ и время подъема пены $\tau_{под}$ с введением мочевины практически не изменяются, а в некоторых случаях даже уменьшаются. Это объясняется каталитическим действием аминогрупп на реакцию между полиэфиром и полиизо-

Таблица 1. Зависимость физико-механических и технологических характеристик ППУ от количества модификатора - мочевины

Способ введения модификатора	Концентрация модификатора	τ старта, с	τ подъема пены, с	Кажущаяся плотность кг/см	$\tau_{сж}$ кг/см² по направлению вспенивания	$\tau_{сж}$ кг/см против направления вспенивания	Ударная вязкость а, кг·см/см²	Водопоглощение B_p	Предел прочности до и после выдержки 7 дней в холодильной камере τ_0/τ_7
-	0	15	2 30	0,020	1,65	1,65	4,0	150	1,05/0,95
Взамен	5	24	2 25	0,031	1,58	1,0	3,9	45	1,56/1,26
	10	22,5	2 20	0,04	1,52	1,05	4,0	68	1,5 1,42
"А"	15	20	2 15	0,048	1,62	1,18	4,5	77	1,62/1,52
	20	19	2 10	0,057	1,95	1,48	4,95	62	1,9 /1,6
Взамен	5	23	2 12	0,027	1,5	0,95	4,45	55	1,6 /1,1
"А" и "Б"	10	20	2 18	0,003	1,45	0,95	4,2	100	1,45/1,2
	15	17	1 56	0,034	1,5	1,03	3,7	103	1,5 /1,3
	20	15	1,45	0,042	1,78	1,32	3	87	1,7 /1,4
Взамен "Б"	5	23	2 22	0,026	1,62	0,9	3,5	125	1,62/1,1
	10	19,5	2 10	0,027	1,5	0,9	3,0	120	1,45/1,1
	15	15	1 57	0,029	1,3	0,82	2,5	137	1,35/0,9
	20	10	1 50	0,031	1	0,7	2,0	175	1/0,77

цианатом. При введении модификатора наблюдается увеличение относительной плотности. Наибольшее увеличение плотности будет, если вводить модификатор взамен смеси А, что влечет, видимо, за собой нарушение эквивалентности реакционной смеси. Прочность образцов ППУ, вырезанных в поперечном направлении по отношению к направлению вспенивания намного меньше их прочности в продольном направлении. Такая анизотропия свойств является следствием того, что при вспенивании происходит ориентация молекул, образующих ППУ вдоль направления движения пузырьков газа.

Наблюдается также некоторое увеличение ударной вязкости. Очевидно, что мочевина за счет своих функциональных групп вступает в реакцию с полиизоцианатом, входит в состав цепи полимера и увеличивает ее гибкость.

Введение модификатора помогает структурированию материала, о чем свидетельствует уменьшение водопоглощения. Теплоизоляционные свойства модифицированного ППУ выше, чем исходного, он более морозостоек, меньше подвержен отрицательному воздействию низких температур.

На основании проведенных исследований нами рекомендуется оптимальная рецептура следующего состава (%): лапрол 503 - 32,4; лапрамол 805 - 8,1; полиизоцианат - 47,7; мочевина - 5; фреон 11 - 3,3; диметилэтаноламин - 1,2; вода - 1,3.

Резюме. Пенополиуретан рекомендуемой рецептуры имеет более высокие свойства и более низкую стоимость, вследствие частичной замены дорогостоящих материалов более дешевой мочевиной.

Литература

1. Тараканов О.Г., Мурашов Ю.С. Свойства пенопластов. - В сб.: Пенопласты. М., 1975. 2. Заломаев Ю.П. и др. Химия и технология вспененных пластмасс. Владимир, 1970. 3. Райт П., Камменг А. Полиуретановые эластомеры. Л., 1973. 4. Коршак В.В. Технология пластических масс. М., 1972. 5. Саундерс Д.К., Фриш К.К. Химия полиуретанов. М., 1968. 6. Тараканов О.Г., Вахтана И.А., Орлов В.А. Кинетика газообразования в реакции толуилендиизоцианата с водой. - "Пластические массы", 1964, № 12.