

Карпович О.И., Наркевич А.Л., Калинка А.Л.
(Белорусский государственный технологический университет)

Пышняк А.М.
(ОАО «Пеленг»)

Подымако М.Э., Куцепенко А.В.
(ОАО «Могилевлифтмаш»)

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОНЕНТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ ТЯГОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, АЛЬТЕРНАТИВНЫХ СТАЛЬНЫМ КАНАТАМ

Одним из перспективных направлений отраслевой лаборатории лифтового машиностроения ОАО «Могилевлифтмаш» является исследования в области тяговых элементов, альтернативных стальным канатам (ТЭАСК). Такие тяговые элементы достаточно широко используются в конструкции пассажирских лифтов иностранных производителей лифтового оборудования (например, фирмы Otis, Kone, Shindler) и обладают определенными преимуществами по сравнению с традиционными стальными канатами. В работе [1] исследованы аналоги ТЭАСК фирм *Otis* и *Shindler*. Они представляют собой силовые элементы (в виде относительно тонких стальных канатов) заключенные в оболочку из термопластичного полиуретана (ТПУ). Установлены основные требования к оболочке (твердость по Шору, коэффициент трения и др.) и силовым элементам (конструкция, разрывная нагрузка).

Цель работы – выбор и исследование компонентов для изготовления экспериментальных образцов (ЭО) ТЭАСК, получение необходимых исходных данных для проектирования технологической оснастки для изготовления и испытаний ТЭАСК.

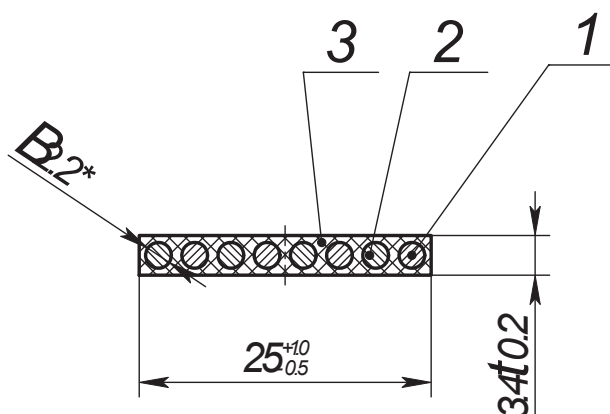


Рисунок 1 – Сечение ЭО ТЭАСК: 1, 2 – стальной канат с правым и левым направлением свивки соответственно; 3 – термопластичный полиуретан

Экспериментальный образец (ЭО) ТЭАСК представляет собой плоский ремень с прямоугольным поперечным сечением. Сечение ЭО ТЭАСК представлено на рисунке 1. Размеры сечения (ширина и толщина), допуски на соответствующие размеры принимали в соответствии с конструкцией изделия аналога (ремень фирмы Otis).

ЭО ТЭАСК состоит из 8 стальных канатов (4 каната 2,2 Г-В-С-Н-Р-1770 и 4 каната 2,2 Г-В-С-Л-Н-Р-1770 по ГОСТ 3066-80). Канаты отличаются направлением свивки (правое и левое). Канаты с правой свивкой чередуются с канатами, имеющими левую свивку. В конструкции ЭО ТЭАСК канаты находятся в оболочке из ТПУ (*Eccolan S98 A L C N* или *Eccolan 1198 A 10000*).

Для ТПУ определяли показатель текучести расплава (ПТР), параметры степенного закона течения, усадку, механические характеристики при растяжении и срезе, твердость по Шору, коэффициент трения. Для стального каната определяли разрывную нагрузку.

Значения ПТР, параметры степенного закона течения (коэффициент консистенции μ и параметр среды n), а также параметры температурной зависимости коэффициента консистенции (константа вязкости материала μ_0 , энергия активации E_a) представлены в таблице 1. Из данных таблицы 1 видно, что значения ПТР и коэффициента консистенции существенно зависят от температуры. Уменьшая температуру, можно уменьшить текучесть, что хорошо для формуемости методом экструзии. Увеличивая температуру, можно увеличить текучесть, что хорошо для обеспечения адгезии между стальным канатом и ТПУ. Однако, следует иметь в виду, что даже незначительное увеличение температуры (на 5–10 °С) приводит к значительному изменению данного показателя. Это говорит о необходимости точного поддержания температуры в процессе получения изделия.

Таблица 2 – Параметры степенного закона течения и температурной зависимости коэффициента консистенции

Материал	Температура, °С	ПТР, г/10 мин	μ , Па·с ⁿ	n	μ_0 , Па·с ⁿ	E_a , Дж/моль
<i>Eccolan S98 A L C N</i>	200	–	3080,0	0,39	$2,1 \times 10^{-37}$	$3,64 \times 10^5$
	205	14,9	–	–		
	210	36,2	453,7	0,59		
<i>Eccolan 1198 A 10000</i>	195	2,7	5710,0	0,24	$8,9 \times 10^{-28}$	$2,76 \times 10^5$
	205	51,0	1290,0	0,49		

Зависимость коэффициента консистенции от температуры представлена на рисунке 2.

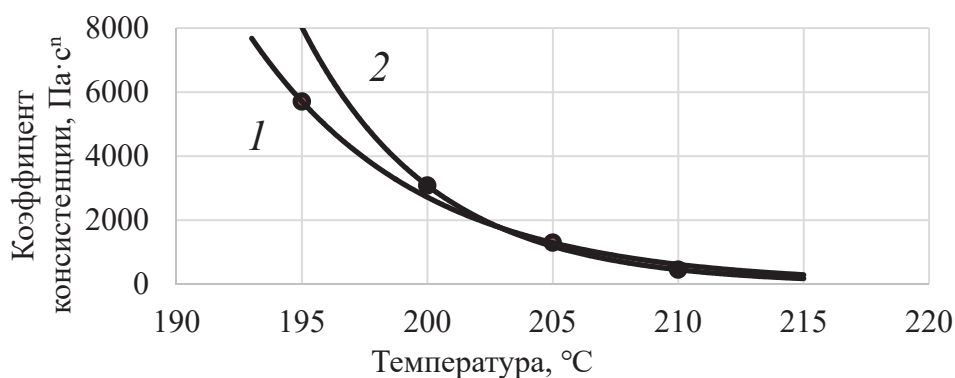


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента консистенции от температуры (точки – эксперимент, линия – согласно закону Аррениуса):
 1 – *Ecollan 1198 A 10000*; 2 – *Ecollan S98 A L C N*

Для определения механических характеристик ТПУ получали образцы методом литья под давлением при температуре материального цилиндра 210-220°C, форма – охлаждаемая. Значения механических характеристик ТПУ представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели механических характеристик для ТПУ

Характеристика	ТПУ	
	<i>Ecollan 1198 A 10000</i>	<i>Ecollan S98 A L C N</i>
Модуль упругости при растяжении, МПа	80,4	93,7
Напряжение, МПа, при деформации, %		
100	10,0	10,7
300	16,4	18,0
Прочность при срезе, МПа	7,8	9,1
Твердость по Шору, ед. по шкале А	89,6	92,3
Коэффициент трения для поверхностей:		
матовая	0,44	0,21
глянцевая	0,69	0,52
обработанная шкуркой	0,30	0,30
Усадка	0,43	0,64

Из данных таблицы 2 следует, что механические характеристики для двух марок ТПУ отличаются незначительно. При этом ТПУ марки *Eccolan 1198A 10000* является более податливым по сравнению с ТПУ марки *Eccolan S98 A L C N*. Значение твердости по Шору для исследованных марок ТПУ соответствует твердости аналогов (для ленты фирмы Otis твердость 90,0 ед. по шкале А).

Для тяговых канатов важен коэффициент трения. Обработка поверхностей литьевой формы позволила получить образцы с разной шероховатостью поверхностей. Условно обозначили их как матовая и глянцевая. Как показали исследования коэффициента трения его величина существенно зависит от шероховатости. Механическая обработка поверхности (например, обработка наждачной шкуркой) позволяет

получить стабильное значение коэффициента трения, практически не зависящее от марки ТПУ. Значение коэффициента трения ТПУ, обработанного наждачной шкуркой соответствует коэффициенту трения для аналога (для ленты фирмы Otis коэффициент трения 0,33).

Разрывное усилие стального каната определяли по ГОСТ 3241-91 «Канаты стальные. Технические условия». Испытание проводили на разрывной машине *MTS Criterion*. Для того чтобы все проволоки в канате несли нагрузку использовали специальные приспособления для закрепления концов каната. Расстояние между зажимами не менее 300 мм. Скорость нагружения 10 мм/мин. Фиксировали усилие, при котором происходило разрушение каната. Среднее значение разрывного усилия составило 3845 Н, что выше, чем минимальное нормативное значение (3390 Н) для данного каната согласно ГОСТ 3066-80.

В результате проведенных исследований компонентов ТЭАСК получены необходимые данные о их технологических и механических характеристиках. Полученные данные использовали для расчетов и разработки конструкторской документации на средства технологического оснащения для изготовления и испытаний ЭО ТЭАСК. Разработана конструкция экструзионной головки, калибрующего устройства и захватов для испытаний на растяжение. Также, данные будут использованы для отработки технологических режимов изготовления ЭО ТЭАСК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Карпович О.И., Наркевич А.Л., Калинка А.Н., Подымако М.Э., Куцеполенко А.В. Тяговые элементы, альтернативные стальным канатам / Технология органических веществ: материалы 87-й науч.- техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 31 января – 17 февраля 2023 г. [Электронный ресурс] / Белорус. гос. технол. ун-т. – отв. за издание И.В. Войтов. – Минск : БГТУ, 2023. – С. 129–133.

УДК 541.64; 544.77

Глевицкая Т.А., Назаров Е.А., Полин А.С., Бильдюкевич А.В.
(ГНУ «Институт физико-органической химии
Национальной академии наук Беларуси»)

ПОГРУЖНЫЕ ПОЛОВОЛОКОННЫЕ МЕМБРАНЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Мембранные биореакторы (МБР) являются одними из самых эффективных и современных методов очистки сточных вод, объединяющих в себе мембранную фильтрацию и биологическую очистку активным илом.