

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРОЧНОСТЬ ПОЛИПРОПИЛЕНОВОЙ ЛЕСКИ

А.Г. Лепеш¹, Г.В. Лепеш², Ю.А. Петренко³

Санкт-Петербургский государственный университет сервиса и экономики (СПбГУСЭ),
191015, Санкт-Петербург, ул. Кавалергардская, 7

Аннотация – Разработана методика и проведены экспериментальные исследования влияния температуры на механические свойства полипропиленовой лески, изготовленной методом гидроэкструзии. Получены зависимости для коэффициента разупрочнения материала лески от температуры.

Ключевые слова: полипропиленовая леска; щеточный ворс; испытательная машина; предел прочности; температура; коэффициент упрочнения.

RESEARCH OF INFLUENCE OF TEMPERATURE ON STRENGTH OF THE POLYPROPYLENE THREAD

A.G. Lepesh, G.V. Lepesh, U.A. Petrenko

St.-Petersburg state university of service and economy (SPbSUSE),
191015, St.-Petersburg, street Kavalergardsky, 7

Summary – The technique and experimental researches of influence of temperature on mechanical properties polypropylene thread made by a extrude- method are spent is developed. Dependences for loss of strength factor a material of a scaffold from temperature are received.

Keywords: polypropylene thread; brush pile; the test car; strength; temperature; hardening factor.

Широкое применение полипропиленовой (ПП) лески для изготовления ворса щеток коммунальной уборочной техники [1 – 4] обусловлено тем, что ПП является весьма устойчивым почти во всех отношениях полимером, что обеспечивается следующими его свойствами:

-устойчивость к высоким температурам (t плавления = 175°C);

-высокая ударная прочность (по сравнению с другими полимерами, например, полиэтилен, полиамиды и др.);

-высокая стойкость к многократным изгибам;

-низкая паро- и газопроницаемость;

-высокая износостойкость (даже по сравнению с полиамидами);

-стойкость к действию химикалий и водных растворов неорганических соединений – солей, щелочей и др. химически агрессивных сред.

Полипропиленовый ворс изготавливается, как правило, из морозостойкого ПП различных марок методом экструзии.

Сам полипропилен представляет собой бесцветное кристаллическое вещество, которое получают полимеризацией мономера пропилена. При этом его исходные физические свойства определяются производителем и характеризуются при температуре $t = 20$ °C: плотностью $\rho = (0,9 \div 1,1) \cdot 10^3$ кг/м³; разрушающим напряжением при растяжении $\sigma = (20 \div 38)$ МПа; относительным удлинением $\delta = 50 \div 100$ %; модулем упругости 1200 ÷ 1400, МПа.

Процесс экструзии обеспечивает требуемый диаметр лески, из которой, впоследствии, нарезают щеточный ворс, а также придает материалу ПП лески анизотропную структуру, характеризующуюся наличием продольных волокон, что изменяет механические свойства материала. Продолжительность срока эксплуатации определяется скоростью изнашивания щёток, которая зависит в большой степени от физических свойств материала ее ворса (механических, теплофизических и др.), что подтверждается

сравнительными испытаниями [4]. Влияние механических характеристик на процесс трения полимерных материалов исследовано в [1,3] .

Для разработки физически обоснованной методики прогнозирования рабочих характеристик и ресурса коммунальных щеток необходимо установление окончательных механических свойств, приобретаемых ПП леской в процессе ее изготовления методом экструзии, т.е. с учетом технологических факторов. Такие испытания возможно проводить только при использовании натуральных образцов лески, получаемой на конкретном экструдере.

Практика показывает (табл.1), что в процессе изготовления (экструзии) управлять механическими свойствами практически невозможно. Как правило, они формируются в зависимости от скорости отвода тепла. Определяемого подбираемым режимом экструзии (натяжением лески) с целью получения заданного диаметра лески. На окончательные механические свойства оказывает влияние исходное сырье, которое также может различаться по физическим свойствам. При этом достаточно сложно получить ворс одинакового диаметра из ПП различных марок и в одинаковых

условиях, определяемых технологическим процессом получения ПП лески.

В качестве образцов для проведения экспериментальных исследований была изготовлена штатным методом (методом экструзии) ПП леска. В качестве исходного сырья для изготовления лески использовался гранулированный ПП различных марок[4], применяемых на сегодняшний день для изготовления ворса ПП щеток коммунальной уборочной техники.

Для проведения испытаний ПП лески на разрыв применялась испытательная машина ИММ-5 (рис.1 а), обеспечивающая требуемую точность расчетов. Особенностью испытательной машины является непосредственная связь и передача данных в программный комплекс на ПЭВМ, что обеспечивает отображение на дисплее компьютера диаграммы в координатах “усилие-деформация” (рис.2).

Образцы для испытаний изготавливались аналогично [4] путем нарезания щеточного ворса необходимой длины. Для обеспечения надежного закрепления (отсутствия проскальзывания и исключения концентраторов в зоне закрепления) концы образцов обматывались медной тонкой проволокой (диаметром 0,3 мм).

Таблица 1. Результаты определения механических свойств

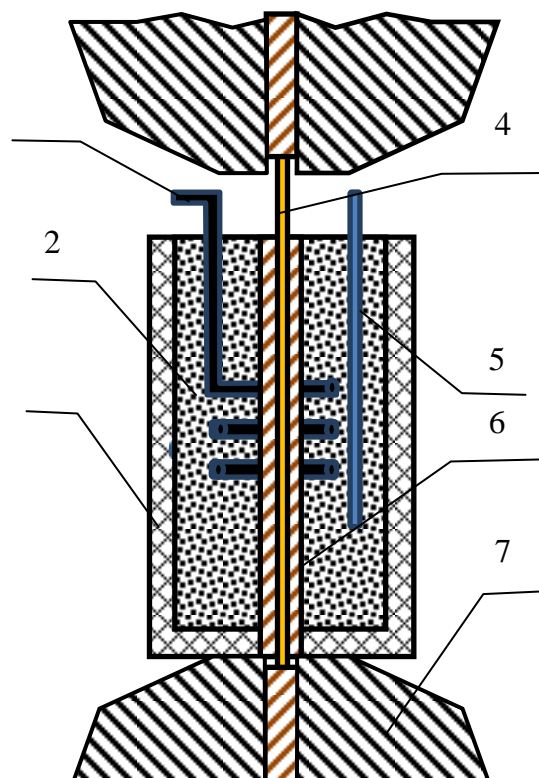
| № п/п | Предел прочности, МПа | Доверительный интервал, МПа | Относительное удлинение, % | Доверительный интервал, % | Секущий модуль продольной упругости, МПа | Доверительный интервал, МПа |
|-------|-----------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|--|-----------------------------|
| 1. | 191,9 | 18,9 | 20,5 | 5,0 | 1133,9 | 89,1 |
| 2. | 216,0 | 2,4 | 17,8 | 0,9 | 1191,5 | 35,2 |
| 3. | 186,9 | 6,2 | 20,7 | 1,8 | 909,7 | 51,1 |
| 4. | 188,5 | 6,5 | 18,3 | 2,3 | 1159,7 | 52,5 |

Для установления влияния температуры на механические свойства материала ПП лески проведены специальные испытания, где образец подвергался подогреву в центральной его части (рис. 1 б) в процессе проведения эксперимента.

Перед проведением испытаний устройство (рис.1 б) помещалось в муфельную печь где разогревалось до заданной температуры и выдерживалось в течении 30 мин. Далее устройство помещалось в захваты испытательной машины и проводилось испытание.



а)



б)



в)

Рисунок 1. Схема испытаний нагретого образца: а) – Испытательный комплекс; б) – схема приспособления; в) – образец после разрыва; 1 – термоизолированный корпус; 2 – сухой кварцевый песок; 3 – ТЭН; 4 – испытуемый образец; 5 – датчик температуры; 6 – металлическая (медная) трубка; 7 – захваты испытательной машины.

Во время испытания проводился контроль температуры с помощью цифрового термометра VOLTcraft. Для поддержания температуры в процессе опыта производился подогрев образца электронагревательным элементом 3. Значение температуры фиксировалось в момент разрыва образца (рис.2). Точность определения температуры составила ± 3 град. Испытанию подвергались

образцы вариантов 1 – 4 (табл.1) при температурах: +12; +20; +50; +75; +100; +120 °C. При чем, температура +12 °C соответствовала температуре окружающей среды в момент проведения эксперимента. Для обработки результатов эксперимента использован ППП Statistica. Результаты эксперимента представлены графиками на рис.3,4 и аппроксимированы зависимостями:

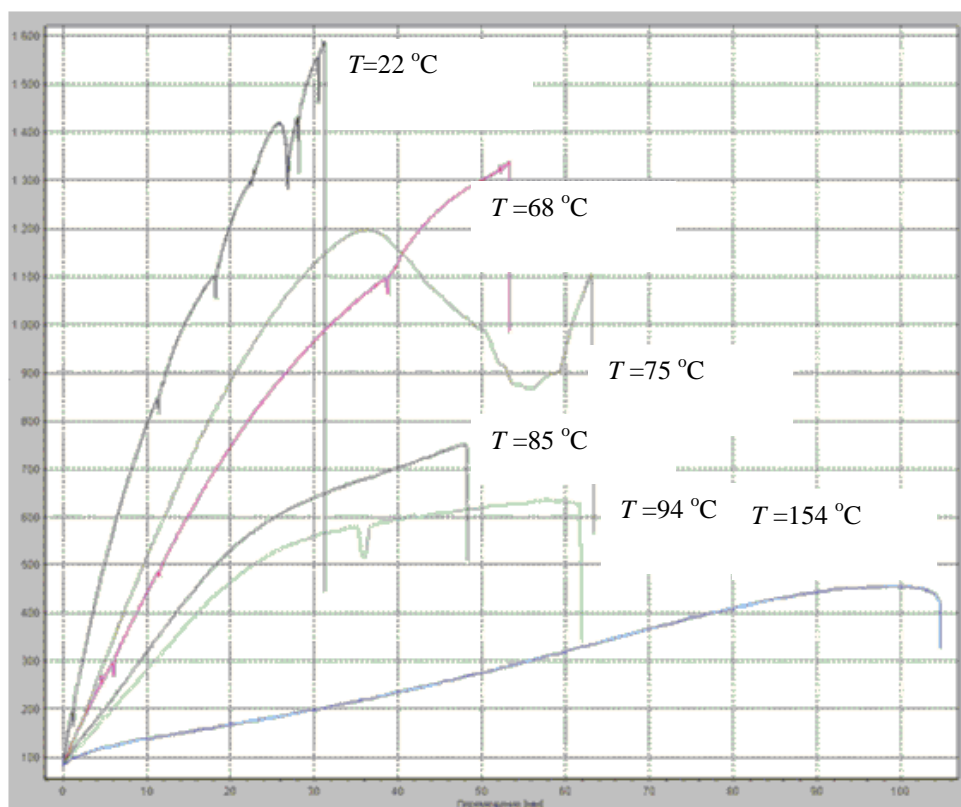


Рисунок 2. Результаты испытаний на экране монитора испытательной машины

$$\sigma = 259,8 - 6,859 \cdot T + 0,2331 \cdot T^2 - 0,003 \cdot T^3 + 1,125 \cdot 10^{-5} \cdot T^4; \quad (1)$$

$$\sigma_1 = 280,3 - 7,967 \cdot T + 0,2733 \cdot T^2 - 0,0035 \cdot T^3 + 1,368 \cdot 10^{-5} \cdot T^4; \quad (2)$$

$$\sigma_2 = 259,3 - 5,602 \cdot T + 0,1977 \cdot T^2 - 0,0026 \cdot T^3 + 1,018 \cdot 10^{-5} \cdot T^4; \quad (3)$$

$$\sigma_3 = 247,3 - 6,688 \cdot T + 0,2255 \cdot T^2 - 0,0028 \cdot T^3 + 1,047 \cdot 10^{-5} \cdot T^4; \quad (4)$$

$$\sigma_4 = 252,3 - 7,179 \cdot T + 0,2360 \cdot T^2 - 0,0029 \cdot T^3 + 1,066 \cdot 10^{-5} \cdot T^4; \quad (5)$$

где: σ – напряжение разрыва образцов, полученное в результате статистической обработки всех полученных результатов испытаний; σ_i – соответствующее i -тому образцу напряжение разрыва. Доверительный интервал, накрывающий результаты эксперимента с вероятностью 0,95 выделен на графиках штриховыми линиями.

Выразим полученные значения относительной величиной – коэффициентом разупрочнения материала от температуры

$$k_T = \frac{\sigma(T)}{\sigma(T_0)}, \quad (6)$$

тогда получим зависимость $k_T(T)$ (рис.3), наиболее точно отображающую процесс разупрочнения, поскольку доверительный интервал для нее имеет меньшую ширину, чем для зависимости σ (1 – 5). Уравнение регрессии, выраженное полиномом четвертого порядка будет иметь вид:

$$k_T = 1,2953 - 0,0344 \cdot T + 0,0012 \cdot T^2 - 1,474 \cdot T^3 + 5,607 \cdot 10^{-8} \cdot T^4. \quad (7)$$

Из полученных результатов (рис. 3, 4) следует, что с повышением температуры напряжение разрыва образцов падает, причем интенсивность падения значительно возрастает с момента достижения температуры значений примерно в 70 °C.

В интервале температур +12 – +60 °C прочность образцов на разрыв изменяется незначительно.

Литература

1. Лепеш А.Г. Прогнозирование изнашивания щеток коммунальных машин./Техно-технологические проблемы сервиса. №2(12) 2010 г. стр. 26 – 34
2. Лепеш А.Г., Лепеш Г.В. Математическое моделирование силового взаимодействия щеток

коммунальных машин с дорожным покрытием./Технико-технологические проблемы сервиса. № 3(13) 2010 г., с. 32 – 38.

3. Лепеш А.Г. К определению силового взаимодействия щёток коммунальных машин с дорожным покрытием/ Технико-технологические проблемы сервиса. №1(15), 2011 с. 21 – 25.

4. Лепеш А.Г., Лепеш Г.В. Методика экспериментального определения износостойкости щеточного ворса коммунальной уборочной техники/ Технико-технологические проблемы сервиса. №2(16), 2011 с. 7 – 19

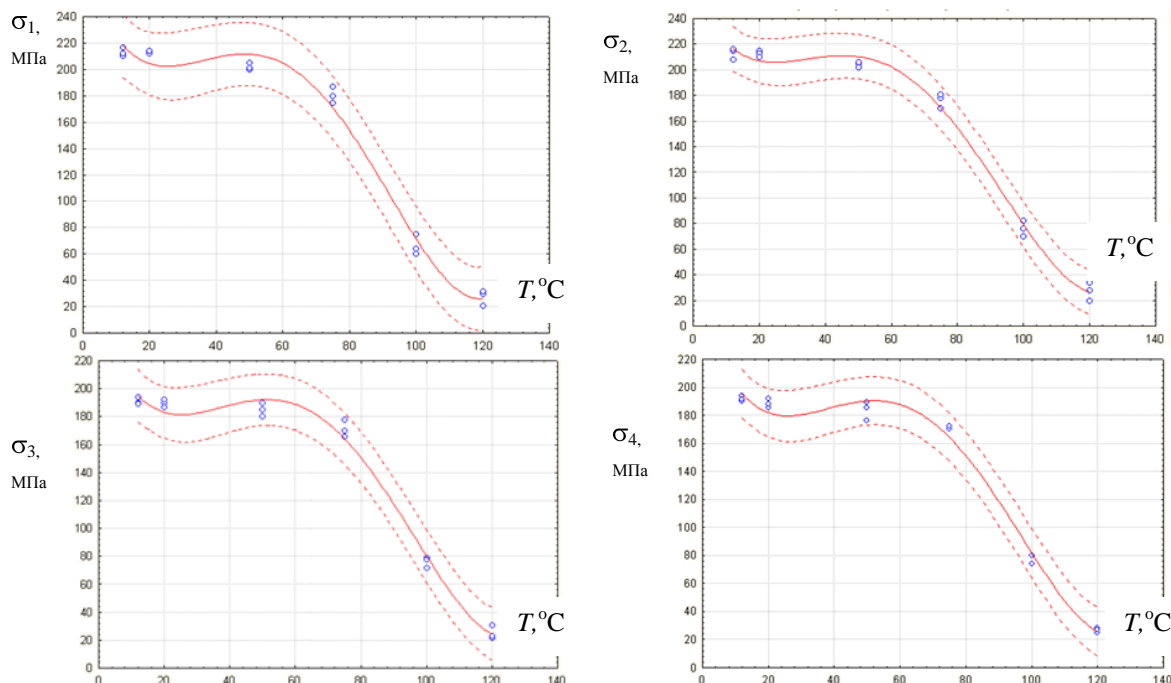


Рисунок 3. Зависимости напряжений разрыва от температуры образца, построенные отдельно по вариантам 1 – 4

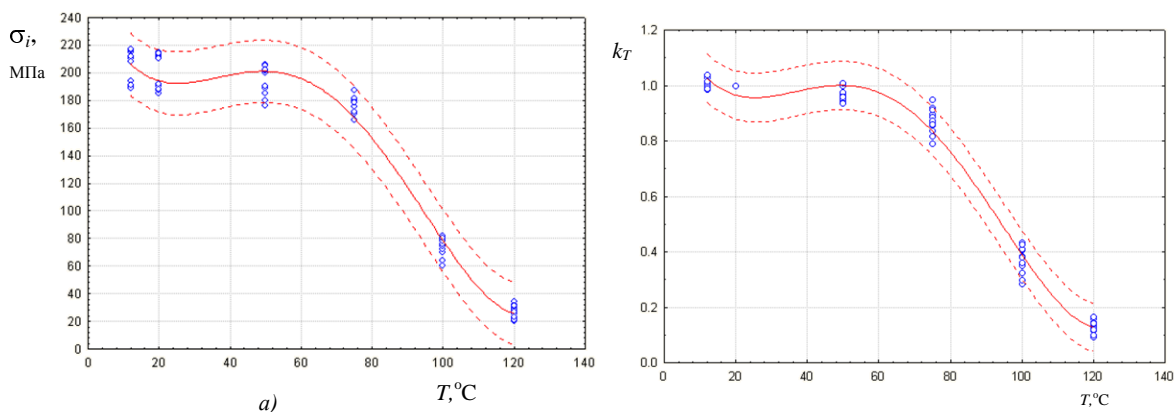


Рисунок 4. Обобщенные зависимости изменения интенсивности напряжений σ_i и коэффициента разупрочнения материала от температуры k_T , построенные по всей совокупности образцов

¹Лепеш Алексей Григорьевич – аспирант кафедры «Сервис торгового оборудования и бытовой техники» СПбГУСЭ, тел.: (812) 3684289, моб: +7 921 7512829, e-mail: alepeshl@yandex.ru;

²Лепеш Григорий Васильевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Сервис торгового оборудования и бытовой техники» СПбГУСЭ, тел.: (812)362-4413; E-mail: gregoryl@yandex.ru;

³Петренко Юрий Алексеевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Техническая механика» СПбГУСЭ, тел. +7 (812) 680-08-61, e-mail: tm_06@mail.ru.