УДК 54.062

ЗАВИСИМОСТЬ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИМОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ ПРИ ВАРЬИРОВАНИИ УСЛОВИЙ ИХ ПОЛУЧЕНИЯ

DEPENDENCE OF THE PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITIONS BASED ON POLYLACTIC ACID UNDER VARYING CONDITIONS OF THEIR PREPARATION

Бакирова Элина Руслановна
ассистент кафедры высокомолекулярных соединений и химической технологии,
Уфимский университет науки и технологий
elina_bakirova@mail.ru

Сунаргулов Артур Булатович
студент 3 года обучения
кафедры высокомолекулярных соединений и химической технологии,
Уфимский университет науки и технологий
artur.sunargulov.ufa@mail.ru

Кулиш Елена Ивановна
доктор химических наук,
профессор кафедры высокомолекулярных соединений и химической технологии,
Уфимский университет науки и технологий
onlyalena@mail.ru

Аннотация. В настоящей работе изучена зависимость физико-механических свойств композиций на основе полимолочной кислоты при варьировании условий их получения.

Ключевые слова: композиции на основе полимолочной кислоты, варьирование условий их получения.

Bakirova Elina Ruslanovna
Assistant Professor of the Department of High Molecular Compounds and Chemical Technology,
Ufa University of Science and Technology
elina_bakirova@mail.ru

Sunargulov Artur Bulatovich
3rd year Student of the Department of High Molecular Compounds and Chemical Technology,
Ufa University of Science and Technology
artur.sunargulov.ufa@mail.ru

Kulish Elena Ivanovna
Doctor of Chemical Sciences,
Professor of the Department of High Molecular Compounds and Chemical Technology,
Ufa University of Science and Technology
onlyalena@mail.ru

Annotation.. In this work, the dependence of the physical and mechanical properties of compositions based on polylactic acid was studied with varying conditions for their preparation.

Keywords: polylactic acid-based compositions, varying conditions for production thereof.

В последние десятилетия использование биоразлагаемых фиксаторов-имплантатов на основе биосовместимых полимеров, включая винты и пластины для костных соединений при переломах, становится все более распространенным, особенно в таких случаях, как восстановление челюстно-лицевой кости. Данные имплантаты обладают заметными преимуществами по сравнению с металлическими аналогами, предотвращая необходимость в хирургических операциях по удалению, а также способствуя беспрепятственному росту костей. Кроме того, они смягчают долгосрочные осложнения, связанные с металлическими имплантатами, такие как коррозия, остеопороз и неблагоприятные эффекты от медицинских процедур, таких как компьютерная томография и рентгенография. Несмотря на эти преимущества, проблемы применения подобных имплантов сохраняются, включая быстрое ослабление прочности на разрыв и достаточно долгое времядеградации. В идеале имплантаты должны деградировать по мере того, как кости восстанавливают структурную целостность в процессе восстановления и роста. Недавние исследования предполагают, что ремоделирование начинается уже через месяц после перелома. Существующие имплантаты мини-пластины деградируют примерно за один-пять лет. Для решения данных проблем появились новые материалы на основе полиэфиров, таких как полимолочная кислота (ПМК). ПМК выделяется как наиболее часто используемый биоразлагаемый полимер в современной медицине. Универсальность ПМК охватывает применение в системах доставки лекарств, тканевой инженерии, в медицинских устройствах, как временных, так и постоянных. Такое широкое использование объясняется биосовместимостью и биорезорбируемостью ПМК, что делает ПМК перспективным полимером для биомедицинских систем. Следовательно, изучение физико-механического поведения биорезорбируемых полимеров, таких как ПМК, направленное на отбор материалов со свойствами, обеспечивающими их эффективное применение в качестве медицинских имплантатов в операциях по сращиванию костных отломов, является весьма актуальным. Цель данного исследования – установление зависимости физико-механических параметров полимерных пленочных образцов на основе ПМК от условий их получения.

В работе использовали гранулы полимолочной кислоты со степенью кристалличности 7 % (ПМК-1) и гранулы полимолочной кислоты со степенью кристалличности 60 % (ПМК-2). Температура плавления ПМК-1 составляла 150 °С, ПМК-2 составляла 175 °С. ПМК – гидрофильный полимер, в связи с этим ПМК предварительно помещали в сушильный шкаф [1]. Затем получали пленки путем смешения расплава ПМК на лабораторном пластографе (Brabender, Германия). Процесс формирования пленок проводили на гидравлическом прессе (Carver, США) [2–3]. Определение модуля упругости (Е), разрывного напряжения (σ) и разрывного удлинения (l) осуществляли на универсальной испытательной машине (Shimadzu, Япония).

На рисунках 1–3 представлены зависимости физико-механических характеристик пленок на основе ПМК-1 и ПМК-2. Из данных представленных на рисунках, видно, что при значениях давления в прессе от 1000 до 5000 кгс наблюдаются самые большие значения всех исследуемых физико-механических характеристик. При увеличении давления более 5000 кгс происходит уменьшение значений Е и σ. Значения l практически не изменяются при варьировании давления в прессе. Прочностные характеристики материалов на основе ПМК зависят от скорости охлаждения образцов. Увеличение скорости охлаждения с 10° до 60° в минуту приводит в случае ПМК-2, обладающего большим значением степени кристалличности, к возможности дополнительного уменьшения Е и σ, что связано с возможностью кристаллизации образца при охлаждении (рис. 1а и 2а). Значения l при этом практически не изменяются (рис. 3а). В случае аморфного образца ПМК-1 влияние охлаждения в прессена физико-механические показатели материалов менее существенно (рис. 1б, 2б, 3б).

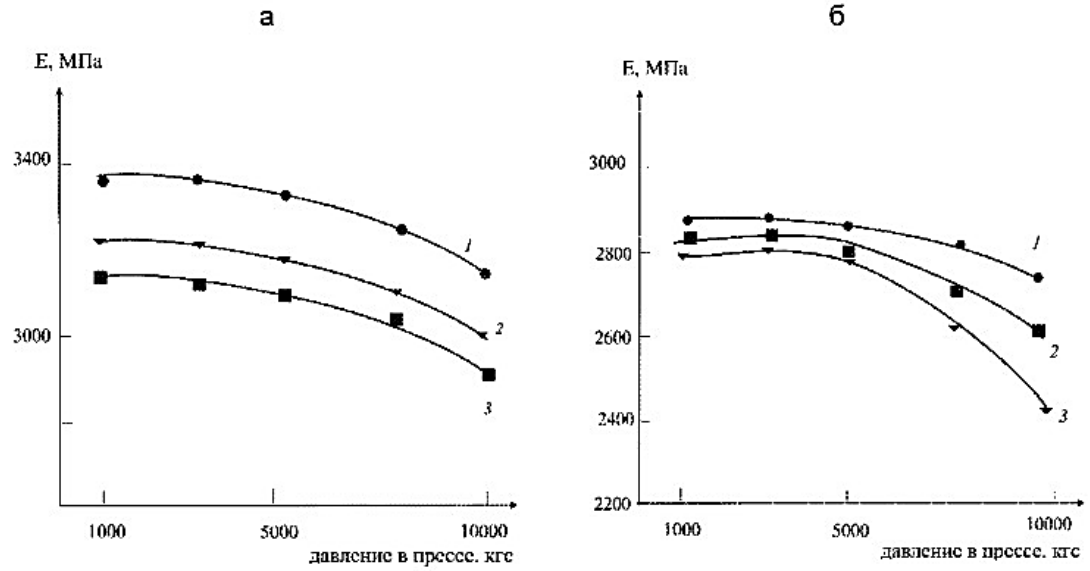

Рисунок 1 – Зависимость Е образцов ПМК-2 (а) и ПМК-1 (б) от давления в прессе. Скорость охлаждения пленок: 10° в мин. (1), 15° в мин. (2) и 60° в мин. (3)

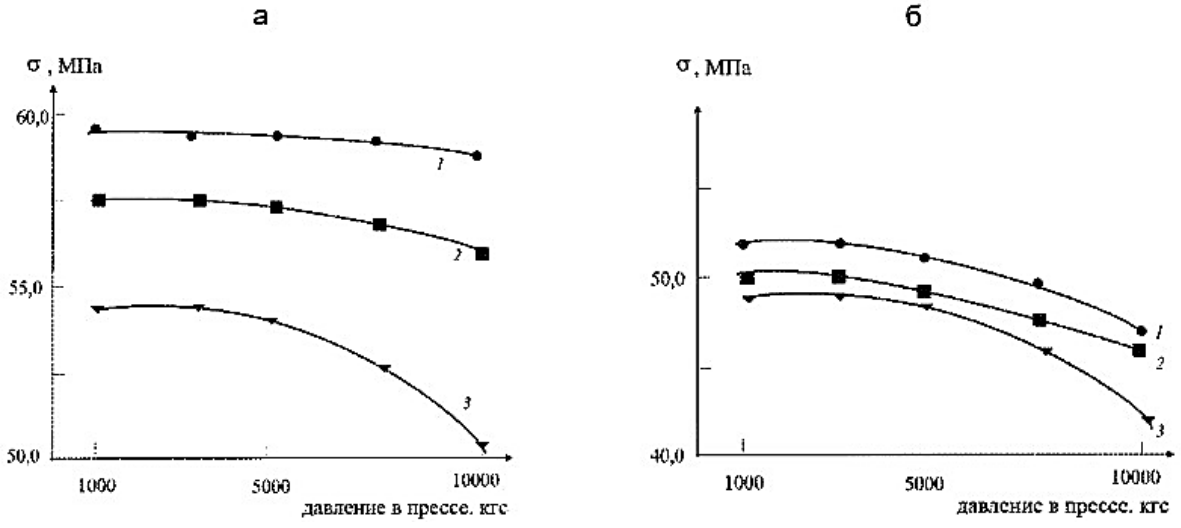

Рисунок 2 – Зависимость σ образцов ПМК-2 (а) и ПМК-1 (б) от давления в прессе. Скорость охлаждения пленок: 10° в мин. (1), 15° в мин. (2) и 60° в мин. (3)

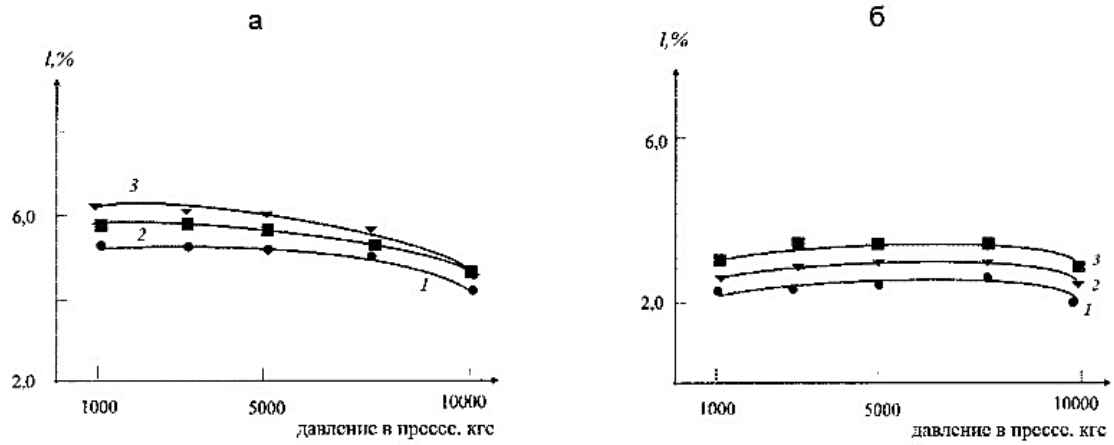

Рисунок 3 – Зависимость l образцов ПМК-2 (а) и ПМК-1 (б) от давления в прессе. Скорость охлаждения пленок: 10° в мин. (1), 15° в мин. (2) и 60° в мин. (3)

Таким образом, в ходе проведенного исследования установлено, что физико-механические параметры пленочных материалов на основе ПМК зависят от степени кристалличности исходных гранул ПМК и условий получения образцов. Усиление давления в прессе сопровождается уменьшением значений модуля упругости и разрывного напряжения. Разрывное удлинение практически не изменяется. Изменение скорости охлаждения пленок ПМК в прессе является добавочной возможностью регулирования физико-механических свойств образцов, в связи с различной степенью кристалличности ПМК. Чем ниже скорость охлаждения, тем больше степень кристалличности, модуль упругости и разрывное напряжение.

Список литературы:

1. Влияние условий предварительной сушки полилактида на его реологические характеристики / Э.Р. Бакирова [и др.] // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25. – № 7. – С. 102–105.
2. Влияние условий переработки на некоторые характеристики полилактида / Э.Р. Бакирова [и др.] // Бутлеровские сообщения. – 2022. – Т. 69. – № 4. – С. 59–64.
3. Особенности получения материалов на основе полилактада. Фундаментальные и прикладные проблемы получения новых материалов: исследования, инновации и технологии / Э.Р. Бакирова [и др.]. – 2022. – 3 с.

List of references:

1. The influence of pre-drying conditions of polylactide on its rheological characteristics / E.R. Bakirova [et al.] // Bulletin of the Technological University. – 2022. – Vol. 25. – № 7. – P. 102–105.
2. The influence of processing conditions on some characteristics of polylactide / E.R. Bakirova [et al.] // Butlerov Communications. – 2022. – Vol. 69. – № 4. – P. 59–64.
3. Features of obtaining materials based on polylactide. Fundamental and applied problems of obtaining new materials: research, innovation and technology / E.R. Bakirova [et al.]. – 2022. – 3 p.