

УДК 678.01:620:17

ПРОЧНОСТЬ НА РАСТЯЖЕНИЕ ЛПЭНП, АРМИРОВАННОГО МУКОЙ
ИЗ МИКРОГРАНУЛ КУКУРУЗНОЙ ШЕЛУХИ:
РОЛЬ КОМПАТИБИЛИЗАТОРА

Ф. А. МУСТАФАЕВА^{1, 2}, Э. А. МУСТАФАЕВ²,
А. Т. ОРУДЖОВА², И. М. НАСИРОВА¹

¹Сумгаитский государственный университет

²Институт полимерных материалов

при Сумгайтском государственном университете

Сумгаит, Азербайджан

В последние годы растущая обеспокоенность по поводу экологической устойчивости и потребность в возобновляемых ресурсах серьезно повлияли на развитие биокompозитов [1, 2]. Биокompозиты определяются как материалы, имеющие одно или несколько биологических источников. Натуральные волокна имеют многообещающее будущее в качестве наполнителей и армирующих материалов в терморезактивных полимерах, термопластах и эластомерах.

Кукурузная шелуха – это возобновляемый лигноцеллюлозный сельскохозяйственный побочный продукт, высоко ценимый как экологически чистое натуральное волокно. Благодаря своей волокнистой структуре и богатому составу они часто используются в качестве армирующих наполнителей как в биоразлагаемых, так и в синтетических полимерных матрицах для создания экологически чистых композитов [3]. Натуральные волокна кукурузной шелухи обладают гидрофильными свойствами и содержат полярные гидроксильные (–ОН) группы. Это создает специфические проблемы совместимости в зависимости от целевой полимерной матрицы. Совместимость с гидрофобными/синтетическими полимерами в данном исследовании – ЛПЭНП (линейный полиэтилен низкой плотности) – обычно низкая. Для улучшения совместимости в исследовании использовались 1 мас. % технологической добавки LIBAID T-2 (Liberty Chemicals) и 2 мас. % Exxelor TM PO 1020 (ExxonMobil Chemical).

На рис. 1 показано, как добавление кукурузной шелухи и компатибилизатора влияет на прочность на растяжение. В частности, сравниваются механические характеристики композитов, полученных с добавлением компатибилизатора и без него. Данные показывают, что увеличение содержания кукурузной шелухи, как правило, снижает прочность на растяжение, в то время как введение компатибилизатора неизменно повышает ее. При всех исследованных процентных соотношениях композиты с компатибилизатором имеют более высокие значения, чем композиты без компатибилизатора. Добавление компатибилизатора неизменно улучшает прочность на растяжение, поскольку способствует лучшему связыванию наполнителя из кукурузной шелухи с полимерной матрицей. Высокая концентрация наполнителя обычно приводит к агломерации частиц и плохой передаче напряжений внутри матрицы, снижая общую прочность материала. Композит с компатибилизатором демонстрирует среднее увеличение прочности примерно на 1...2 МПа по сравнению с некомпатибилизированным аналогом на каждом этапе нагружения. Компатибилизатор

действует как молекулярный мостик. Он улучшает межфазную адгезию между гидрофильными волокнами кукурузной шелухи и гидрофобной полимерной матрицей, предотвращая преждевременное механическое разрушение.

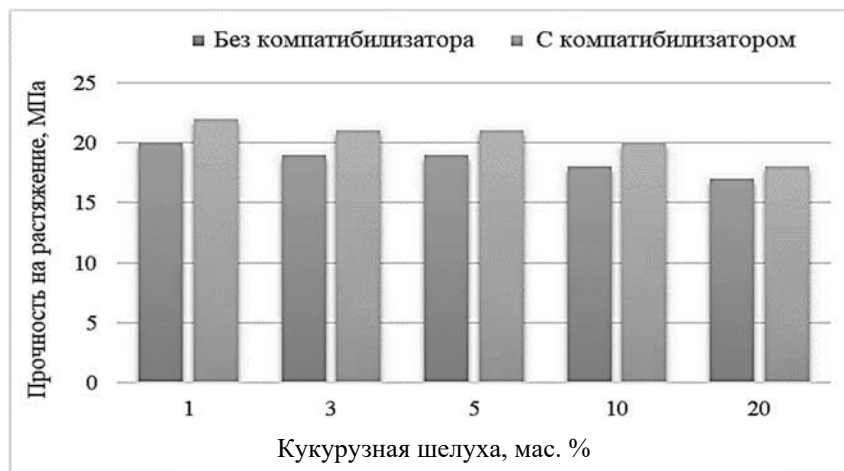


Рис. 1. Влияние наличия компатибилизатора и содержания кукурузной шелухи на прочность на растяжение композитов на основе ЛПЭНП

На основании представленной гистограммы видно, что снижение прочности на разрыв биокompозитов из кукурузной шелухи и ЛПЭНП по мере увеличения содержания наполнителя обусловлено двумя основными факторами: плохой межфазной адгезией (гидрофильная или гидрофобная природа) и агломерацией частиц. Кукурузная шелуха – это натуральное волокно, богатое целлюлозой, что делает его очень гидрофильным. Напротив, линейный полиэтилен низкой плотности – это неполярный полимер, который является очень гидрофобным. Это несоответствие приводит к плохому смачиванию волокон полимерной матрицей, что приводит к слабому межфазному слою. При приложении растягивающей нагрузки матрица не может эффективно передавать напряжение на более прочные волокна кукурузной шелухи, что вызывает преждевременное разрушение. При низких концентрациях частицы кукурузной шелухи относительно хорошо диспергированы в ЛПЭНП. По мере увеличения массовой доли до 20 мас. % волокна естественным образом начинают слипаться, образуя более крупные агломераты. Эти комки создают микроскопические пустоты, локальные структурные неоднородности и точки сильной концентрации напряжений, где легко возникают и распространяются трещины.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Haruna, B.** Acomprehensive review of performance enhancement of hybrid rice husk polymer resin biocomposite / B. Haruna, I. Abdullahi, U. Abdullahi // J. Umm Al-Qura Univ. Eng. Archit. – 2025. – Vol. 16. – P. 1309–1321.
2. Rice husk filled polymer composites / R. Arjmandi, A. Hassan, K. Majeed [et al.] // International Journal of Polymer Science. – 2015.
3. **Ratna, A. S.** Advances and prospects of corn husk as a sustainable material in composites and other technical applications / A. S. Ratna, A. Ghosh, S. Mukhopadhyay // Journal of Cleaner Production. – 2022. – Vol. 371.