

Разработка композиционных материалов на основе полиамида и комплексных соединений металлов

Development of composite materials based on polyamide and complex metal compounds

Г.А. ДАНЫШИНА¹, П.Д. ДЕРЛУГЯН¹, В.В. СТРЕЛЬНИКОВ¹,
И.В. ИВАНОВА¹, С.Н. ЛЮБЧЕНКО²

G.A. DANYUSHINA¹, P.D. DERLUGYAN¹, V.V. STRELNIKOV¹,
I.V. IVANOVA¹, S.N. LYUBCHENKO²

¹Особое конструкторско-технологическое бюро «Орион», г. Новочеркасск, Россия

²Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

¹Special design and technology bureau "Orion", Novocherkassk

²Southern Federal University, Rostov-on-Don

dpd-orion@yandex.ru

Предложен способ модификации полиамида ПА-12 растворами координационных соединений металлов, синтезированных в Южном федеральном университете (ЮФУ). Исследовано влияние этих добавок на эксплуатационные характеристики и структуру разрабатываемого материала. Определены оптимальные концентрации добавок.

Ключевые слова: полиамид-12, поверхностная модификация, термомеханические характеристики, коэффициент трения, линейный и весовой износ

A method for modifying PA-12 polyamide with solutions of coordination metal compounds synthesized at the Southern Federal University is proposed. The effect of these additives on the performance and structure of the material being developed is investigated. The optimal concentrations of additives were determined.

Keywords: polyamide-12, surface modification, thermomechanical characteristics, friction coefficient, linear and weight wear

DOI: 10.35164/0554-2901-2020-1-2-21-22

Введение

Громадную потребность в новых композиционных материалах (КМ) испытывают предприятия, насыщенные АСУ ТП, и робототехнические комплексы, характеризующиеся точностью передаточных и исполнительных механизмов, эксплуатируемых в экстремальных условиях. Для этого необходимы материалы, сочетающие высокую механическую прочность с низким удельным весом, повышенную износостойкость и низкий коэффициент трения, коррозионную и радиационную стойкость с экологической безопасностью для окружающей среды, обладающие высокой степенью надежности при повышенных и пониженных температурах, работоспособных в вакууме и в химически агрессивных средах [1–3].

Большие возможности предоставляют КМ, получаемые по специальной технологии и представляющие собой сочетание, например, металла и полимера. Как правило, по своим свойствам композиционные материалы отличаются чрезвычайно широким разнообразием и в ряде случаев обладают комплексом уникальных свойств, недостижимых ни в отдельных материалах, ни при простой комбинации составляющих. Композиты обладают значительно большей прочностью, износостойкостью, жаростойкостью, инертностью к агрессивным средам. Благодаря этому они с успехом заменяют остродефицитные металлы и их сплавы [4, 5].

Для решения данной задачи весьма перспективно применение КМ. При создании композиционных материалов для узлов трения возникает ряд взаимосвязанных задач, решение которых имеет свои особенности для каждого класса материалов, используемых в качестве матрицы при разработке новых композиционных материалов. Так, хорошие антифрикционные свойства многих полимеров часто находятся в противоречии с их теплопроводностью и теплостойкостью. В то же время введение наполнителей, повышающих теплопроводность, в полимерную матрицу часто приводит к снижению их механической прочности и повышению коэффициента трения. Поэтому для решения вышеизложенных проблем необходимы новые «нетрадиционные» подходы к конструированию

композитов с привлечением фундаментальных исследований в области физико-химической механики полимеров, коллоидной и органической химии, материаловедения и других прикладных наук [6].

При составлении рецептуры, целью которой является получение композиции, которая может быть достаточно легко переработана в изделие с необходимым комплексом свойств, состав композиции должен быть подобран таким образом, чтобы обеспечить прочность, жесткость, ударную вязкость, коррозионную стойкость, а главное – технологичность. Разработанные композиции должны в максимальной степени сохранять гомогенность при заполнении формы расплавом.

Следует учитывать, что при использовании разнородного сырья часто происходит образование несовместимых ингредиентов, приводящее к резкому ухудшению свойств разрабатываемого материала.

Пары полимеров хорошо совместимы, если они обладают близкой полярностью, включают сходные функциональные группы или же способны взаимодействовать в условиях смешения с образованием донорно-акцепторных, водородных и других связей, а также если они соответствуют друг другу по строению и растворимости. Однако даже выполнения этих требований не всегда достаточно, поэтому число совместимых полимеров невелико. Особенно это относится к неполярным полимерам.

Таким образом, анализируя проблему совместимости полимеров, необходимо учитывать не только термодинамические, но и химические аспекты, а именно – взаимодействие между макромолекулами [7].

Особый интерес при разработке КМ представляют комплексные соединения металлов. Они широко применяются в аналитической химии, а также находят применение в качестве катализаторов. Это свойство комплексных соединений металлов (КСМ) и было взято за основу при составлении КМ. В качестве КСМ использовались синтезированные в ЮФУ соединения Al, Ho, Nd, а в качестве полимерной матрицы использовали полиамид-12 [8–10].

Таблица 1. Составы композиций.

Наименование компонентов	Содержание компонентов, масс.ч, на 100 масс.ч, ПА								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Полиамид-12	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Комплексное соединение Al		0,6	1,2						
Комплексное соединение Nd				1,6	2	3			
Комплексное соединение Ho							1	2	3

Методика приготовления шихты

Для приготовления шихты предварительно растворяли расчетное количество одного из КСМ в бензоле, после чего в раствор вводили полиамид-12. Смесь тщательно перемешивали с помощью механической мешалки, затем смесь сушили в сушильном шкафу при температуре 70–75°C до полного высыхания. Полученная таким образом шихта являлась исходным материалом для прессования образцов.

Прессование образцов осуществляли на прессе при температуре пресс-формы 175°C и давлении 5 МПа. Охлаждение пресс-формы осуществляли до 55°C под давлением, затем давление сбрасывали, производили размыкание пресса и раскрывали пресс-форму. Полученные образцы подвергали физико-механическим испытаниям с целью определения их эксплуатационных свойств.

В ходе испытаний определяли коэффициент трения, линейный и весовой износ, твердость.

Коэффициент трения образцов определяли на торцевой машине трения при скорости скольжения 0,75 м/с, диапазон удельных нагрузок изменяли от 0,5 до 5,0 МПа. Увеличение нагрузок осуществляли ступенчато, после установления стационарного режима трения. Шаг изменения нагрузки составлял 0,5 МПа. Испытания проводили без наличия смазки в зоне трения. Определение твердости производили на приборе AS-111 по ГОСТ 46 70-91. Линейный износ определяли по изменению линейных размеров с помощью оптиметра с точностью до 0,003 мкм. Весовой износ определяли по изменению массы образца до и после испытаний.

Обсуждение результатов

В ходе проведенных экспериментов по разработке КМ на основе полиамида-12 и комплексных соединений металлов был разработан ряд составов композиций. В таблице 1 представлены оптимальные составы композиций, позволяющие получать образцы с хорошими эксплуатационными свойствами.

Для определения области применения разработанных композиций были определены коэффициенты трения, а также линейный и весовой износы. Результаты испытаний по определению коэффициентов трения представлены на рис. 1.

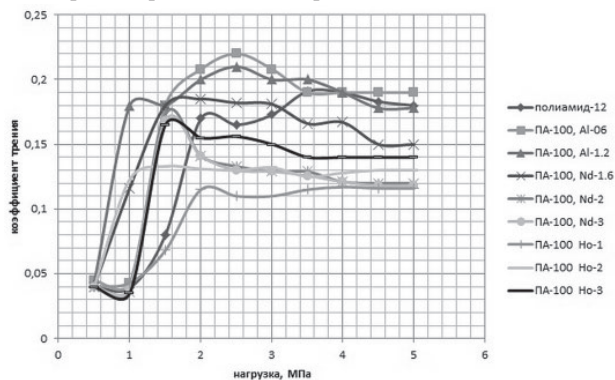
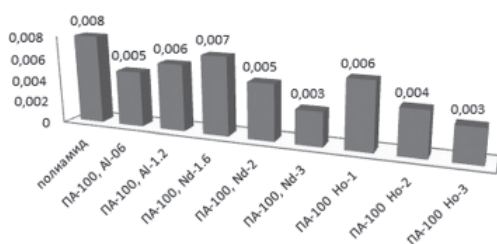


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от нагрузки.

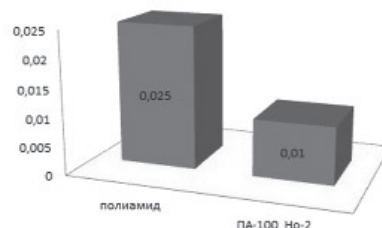
Рис. 2. Зависимость весового износа КМ от вводимых добавок при $P_{уд} = 5$ МПа в течение 7 часов.

Анализ полученных данных показывает, что при обработке полиамида-12 растворами комплексных соединений Nd или Ho

наблюдается снижение коэффициента трения в сравнении с чистым полиамидом-12. Следует отметить, что в случае применения Ho коэффициент трения ниже при более низкой концентрации, чем при более высокой. При использовании в качестве добавки комплексного соединения Al коэффициент трения остается практически без изменений по сравнению с исходным.

В значительной степени эксплуатационные свойства зависят от линейного и весового износа. Одна из преследуемых целей при введении исследуемых добавок — это повышение износостойкости.

В данной работе в ходе испытаний определяли весовой и линейный износ образцов после семи часов испытаний. Данные по определению весового и линейного износа представлены на рис. 2 и 3.

Рис. 3. Зависимость линейного износа КМ от вводимых добавок при $P_{уд} = 5$ МПа в течение 7 часов.

Результаты испытаний показывают несомненную эффективность использования в качестве добавок соединений Nd или Ho.

Выводы

Проведенные физико-механические испытания (коэффициент трения, весовой и линейный износ) показали, что даже незначительное содержание исследуемых веществ в получаемом композите способствует снижению как коэффициента трения, так и весового износа. Исследование поверхности образцов, полученных из разработанных материалов до испытаний на машине трения и после, показали, что на образцах, содержащих исследуемые добавки, практически отсутствуют следы трения.

Литература

- Васильев В.В. и др. Композиционные материалы: справочник. — М.: Машиностроение, 1990. — Т. 8. — С. 10–100.
- Власов С.В. и др. Основы технологии переработки пластмасс. — М.: Химия, 2004.
- Михайлин Ю.А., Кербер М.Л., Горбунова И.Ю. Связующие для полимерных композиционных материалов // Пластические массы. — 2002. — № 2. — С. 14–21.
- Любин Д. Справочник по композиционным материалам: в 2-х кн./ Пер. с англ. А.Б. Геллера, М.М. Гельмонта; под ред. Б.Э. Геллера. — 1988.
- Ионов А.М. и др. Гомо-и гетерометаллические комплексы с пространственно экранированным орто-нитрозофенолом // Координационная химия. — 2008. — Т. 34. — №. 3. — С. 200–202.
- Сайфуллин Р.С. Неорганические композиционные материалы. — М.: Химия, 1983.
- Липатов Ю.С. Физико-химические основы наполнения полимеров. — М.: Химия, 1991. — Т. 356.
- Любченко С.Н. и др. Координационные соединения на основе 4, 6-ди-tert-бутил-2-нитрозофенола // Российский журнал координационной химии. — 2006. — Т. 32. — №. 8. — С. 539–544.
- Коган В.А. и др. Новые хелаты металлов со стерически затрудненными азогигандами: синтез и физико-химические свойства // Российский журнал координационной химии. — 2005. — Т. 31. — №. 8. — С. 533–540.
- Берлин А.А. и др. Принципы создания композиционных полимерных материалов. М.: Химия, 1990.