

Применение радиационной прививочной полимеризации для модификации полипропилена

¹Наурызова С.З.*, ¹Шайхутдинов Е.М.,
¹Елигбаева Г.Ж., ²Сатаев М.С.,
²Кошкарбаева Ш.Т.

¹Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

²Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

*E-mail: saule_nauryzova@mail.ru

Статья посвящена поверхностной модификации изотактического полипропилена путем радиационной прививки функциональных полярных групп с целью последующей металлизации полимерного материала. Представленные ИК-спектры, результаты измерения краевого угла смачивания модифицированного материала указывают на улучшение гидрофильности поверхности. Установлена степень прививки функциональных групп к поверхности изотактического полипропилена. Предложена схема поэтапного модифицирования поверхности полипропилена. Для получения токопроводящего слоя на поверхности модифицированного полипропилена использован низкотемпературный газо-фазный метод нанесения электропроводящих пленок фосфида меди. Приведены экспериментальные результаты, показывающие, что фосфид меди обладает электрической проводимостью и придает покрытию повышенную твердость.

Ключевые слова: модификация; радиационная прививка; гидрофильность; смачивание; фосфид меди.

Use of radiation graft polymerization for modification of polypropylene

¹Nauryzova S.Z.*, ¹Shaihtudinov E.M.,
¹Yeligbayeva G.Zh., ²Satayev M.S.,
²Koshkarbayeva Sh.T.

¹ K.I. Satpayev Kazakh National Research Technical University, Almaty, Kazakhstan

² M. Auezov South-Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

*E-mail: saule_nauryzova@mail.ru

The article investigates the process of applying the conductive layer on isotactic polypropylene modified by the radiation grafting monomer for improving the wettability of the surface. Presented IR spectra, the results of measuring the contact angle of the modified material indicate the improved surface hydrophilicity. The degree of grafting functional groups to the surface of isotactic polypropylene is determined. A scheme of gradual modification of polypropylene surface is presented. As the primary layer for the polymer metallization, copper-phosphorus film may be used. Copper-phosphorus films were obtained by reduction of copper compounds with phosphine gas. Experimental results show that the copper phosphide is electrically conductive coating and imparts an increased hardness.

Keywords: modification; radiation grafting; hydrophility; wettability; copper phosphide.

Радиационды егу полимеризацияны полипропиленді модификациялау үшін қолдану

¹Наурызова С.З.*, ¹Шайхутдинов Е.М.,
¹Елигбаева Г.Ж., ²Сатаев М.С.,
²Кошкарбаева Ш.Т.

¹Қ.И. Сатпаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу техникалық университеті, Алматы қ., Қазақстан

²М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент қ., Қазақстан

*E-mail: saule_nauryzova@mail.ru

Мақалада изотактикалық полипропиленді радиациялық түрлендіру арқылы бетінің жұғу қабілетін жақсартып тоқ өткізетін қабаттымен жабу үрдісі зерттелген. Түрлендірілген полипропиленнің ИК- спектрлері және жұғу бұрышы өзгергені көрсетілген. Изотактикалық полипропилен бетіне функционалдық топтарының егу дәрижесі анықталды. Полипропилен бетінің түрлендіру сатыларының нұсқасы ұсынылды. Модификацияланған полипропиленнің бетін тоқ өткізетін қабаттымен жабу үшін төменгі температуралық газдық фазада өтетін әдіс қолданған және нәтижесінде мыс фосфидінің қабыршақтары түзеді. Мыс фосфидінің электр-өткізгіш қасиеті бар екені және беттік қабатқа қосымша беріктілік беретіне анықталды.

Түйін сөздер: түрлендіру; радиациялық егу; гидрофильдік; жұғу; мыс фосфиді.



Применение радиационной прививочной полимеризации для модификации полипропилена

¹Наурызова С.З. *, ¹Шайхутдинов Е.М., ¹Елигбаева Г.Ж., ²Сатаев М.С., ²Кошкарбаева Ш.Т.

¹Казакский национальный исследовательский технический университет им. К. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

²Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

*E-mail: saule_nauryzova@mail.ru

1. Введение

Большинство современных крупнотоннажных производств нефтехимического профиля ориентировано на выпуск базовых марок немодифицированных полимеров. Такая ситуация значительно ограничивает области их применения. Основная проблема связана с невысокими значениями поверхностной энергии и с низкой адгезией немодифицированных полимерных материалов к различным поверхностям [1].

Как известно, эксплуатационные свойства изделий определяются, прежде всего, структурой и свойствами поверхностных слоев. Модификация полимерной поверхности металлами позволяет получить материалы, обладающие уникальным сочетанием свойств, которые принципиально отличаются от свойств исходных материалов. В этом отношении металлизированные полимерные материалы представляют все возрастающий интерес [2].

Для получения металлических покрытий используют только модифицированные пластмассы, т.е. специально изготовленные для этих целей, поскольку поверхность пластмасс, как правило, непригодна для металлизации. Модификация полимеров, специально предназначенных для дальнейшей металлизации поверхности, призвана обеспечить размещение полярных функциональных групп в поверхностных слоях полимерных материалов. Это оказывает большое влияние на смачиваемость, адгезию, фрикционные и электрические свойства, биосовместимость и другие характеристики полимеров. При изучении данных по модифицированию поверхности полимеров для металлизации были отмечены следующие функциональные группы, прививаемые на поверхности полимера для увеличения его адгезии к металлу: хелатные агенты;

вещества, содержащие карбонильные остатки, а также их комбинации [3].

Большинство методов нанесения металлических пленок на полимерные материалы предусматривают создание на гидрофильной поверхности полимера каталитически активных центров путем восстановления соединений палладия [2,4,5].

В работе [6] для химической активации поверхности полипропилена использован метод бромирования с последующим гидролизом связи углерод-галоген щелочью, при этом поверхность приобретает способность к иммобилизации ионов серебра (I) и меди (II).

Помимо этого, применяются разработки электропроводящих полимерных материалов, основанные на использовании проводящих наполнителей, в качестве которых предлагаются карбиды, нитриды и карбонитриды титана [7], электропроводящих полиолефиновых композитов на основе смесей полиэтиленов (ПЭ) и полипропиленов (ПП) с техническим углеродом при различном порядке совмещения компонентов [8].

Известно, что полимеры с высокой степенью сопряжения проявляют полупроводниковые свойства, при этом проводимость без использования допирующих добавок составляет 10^{-9} - 10^{-13} Ом⁻¹·см⁻¹ [9]. Кроме того, отмечается, что заряженная полимерная цепь бывает неустойчива к атмосферной влаге, и широкое применение таких полимеров сдерживается высокими производственными расходами, низкой растворимостью в органических растворителях.

Среди беспалладиевых методов следует отметить низкотемпературный газо-фазный метод нанесения каталитически активных электропроводящих пленок фосфида меди [10]. Кроме того, этот метод позволяет ввести

в поверхностный слой различные частицы, придающие ему дополнительные функциональные свойства [10-13].

При модификации полимерных материалов путем радиационной прививки функциональных полярных групп изменяется химическое строение поверхности и улучшается адгезия к различным материалам [14]. Применение радиационной прививочной полимеризации позволяет модифицировать полимерные материалы и изделия из них независимо от их природы, конфигурации и формы [3]. Методами радиационной прививки получают полимерные материалы широкого назначения, адгезионно-активные полимеры, ионообменные материалы, нанесенные катализаторы и другие материалы [15]. Для решения ряда практических задач более выгодно модифицирование уже известных полимеров, приводящее к изменению поверхностных характеристик материалов. Прививочная полимеризация виниловых мономеров, содержащих полярные группы, на поверхности полимерных материалов является эффективным способом модификации их адгезионных характеристик и смачиваемости.

Наибольшее распространение получила прививочная полимеризация по радикальному механизму [14], когда активными центрами являются свободные радикалы, образующиеся при обработке модифицируемого материала рентгеновскими лучами, γ -лучами, быстрыми электронами и нейтронами.

Поскольку все операции в процессе металлизации идут в водных растворах, основное условие для успешной работы – это хорошая смачиваемость образца. В технологии классической металлизации полимеров этого добиваются травлением исходных материалов агрессивными реагентами (концентрированная серная кислота, растворы бихроматов и т.д.), что сопровождается большим количеством промывных вод.

Нами проводились попытки металлизировать полиэтилен и полипропилен по общепринятой классической технологии металлизации пластмасс. Однако нанесенные металлические покрытия очень быстро вздувались и отслаивались от полимерной основы. Сцепление покрытия с основой было очень слабое. Практическая пригодность металлизированных пластмасс определяется, в первую очередь, адгезией между металлом и полимерной матрицей.

Выбор в качестве объекта исследований полипропилена связан с тем обстоятельством, что на сегодняшний день это пока один из немногих полимеров, производство которого налажено нефтехимической отраслью Республики Казахстан, хотя в государственных программах развития страны не раз подчеркивалась необходимость глубокой переработки нефти и получения продуктов нефтехимии. В этой связи следует упомянуть завод нефтехимического профиля компании Шеврон (г. Атырау) по производству полимерных труб, где выпускают металлизированную полимерную продукцию в виде слоев полимера и металла, соединенных адгезивом. Слой адгезива может вызвать понижение элек-

тропроводности, к тому же быстрее подвержен старению, в связи с этим более предпочтительной видится непосредственная металлизация полимерной поверхности.

Целью исследований было проверить разработанный нами ранее способ металлизации на предварительно модифицированный радиационной прививкой полипропилен. Сырьем для производства полипропилена является пропиленовая фракция, получаемая на установке газо-фракционирования из пропан-пропиленовой фракции АО «Павлодарский нефтехимический завод».

Поверхность полипропилена модифицировали путем радиационной прививки винилового мономера, содержащего реакционноспособные группы, для улучшения смачивания поверхности. Посредством такой предварительной обработки поверхности полимерного материала придается способность к иммобилизации через комплексообразование, обеспечивающее стабилизацию за счет ассоциатов. Для нанесения промежуточных токопроводящих пленок использовали газо-фазный метод с образованием фосфида меди.

2. Эксперимент

Объектом исследования являлся полипропилен изотактический, номинальная толщина образца составляла 3 мм, плотность материала 920 кг/м³.

В качестве мономера для радиационной модификации использовали акриловую кислоту марки «химически чистый» (ХЧ) без дополнительной очистки. Были приготовлены 5%-ные водные растворы мономера.

Для обезжиривания исходных материалов применяли ацетон.

Для процесса модификации полимерных материалов был использован метод прямой прививки. Образцы полимерных материалов помещали в ампулы с 5%-ным водным раствором мономера и насыщали аргоном.

Для создания центров инициирования прививочной полимеризации на матрицу изотактического полипропилена проводили облучение на ускорителе электронов ЭЛВ-4 при комнатной температуре на воздухе мощностью дозы 50 кГр в сутки до поглощенных доз 500 и 750 кГр.

После извлечения образца материала промывали дистиллированной водой и высушивали до постоянного веса в сушильном шкафу при температуре 80°C и между листами фильтровальной бумаги, взвешивали на аналитических весах с точностью 0,0001 г.

Степень прививки (α ,%) определяли по формуле:

$$\alpha = \frac{m - m_0}{m_0} \cdot 100\% \quad (1)$$

где m_0 и m – массы образцов полипропилена до и после прививки, соответственно, г.

Анализ полученных образцов привитых сополимеров осуществляли методом ИК-спектроскопии. ИК-спектры

записаны на ИК Фурье-спектрометре фирмы PERKIN ELMER, США.

Смачиваемость образцов определялась на приборе «Катетометр» измерением величины краевого угла θ , который образуется на границе твердое тело-жидкость (вода).

Для получения токопроводящего слоя использовали методику, описанную в работе [12]. Для этого сначала на поверхности образца путем окунания на 1-2 мин в раствор, содержащий 200 г/л $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, получали пленку раствора соли меди, и затем этот поверхностный слой обрабатывали фосфином. Процесс проводился в герметичной камере до прекращения поглощения фосфина (обычно 5-10 мин). При этом пленка раствора соли меди преобразуется в фосфид меди. Изучены свойства фосфидного покрытия.

3. Результаты и обсуждение

С целью повышения гидрофильности была проведена радиационная прививка акриловой кислоты на поверхность полипропилена. Ранее прямая прививка таких виниловых мономеров, как акриловая, малеиновая, метакриловая кислоты, показала большую степень прививки в случае акриловой кислоты [16]. На рисунках 1 и 2 показаны ИК-спектры исходной полимерной подложки и полимера, модифицированного радиационной прививкой.

В исходном немодифицированном полипропилене (рисунок 1) область 2848 см^{-1} соответствует полосе поглощения валентных колебаний связи в группах $-\text{CH}_2-$; 1705 см^{-1} полоса колебаний карбонильной связи $\text{C}=\text{O}$, которая, очевидно, обусловлена процессом деструкции исходного образца полипропилена [17]; поглощения в

области 1463 и 1376 см^{-1} указывают на наличие большого количества алифатических структур. Полосы поглощения в области 718 см^{-1} характеризуют наличие фрагментов $\text{C}-\text{H}$ связи средней интенсивности [18]. Линии в области волновых чисел $2428,18 \text{ см}^{-1}$ и $2723,19 \text{ см}^{-1}$ отвечают за асимметричные и симметричные валентные колебания метильной группы (CH_3). Полосы на волновых числах $1158,98 \text{ см}^{-1}$, $998,48 \text{ см}^{-1}$, 900 см^{-1} и 808 см^{-1} принято относить к линиям, обусловленным областями регулярности полимера.

Сравнение ИК-спектров образцов исходного немодифицированного полипропилена и радиационно-привитого сополимера акриловой кислоты на матрицу полипропилена подтверждает появление карбонильных и гидроксильных функциональных групп в процессе прививочной полимеризации.

Следует отметить, что применение водного раствора мономера для радиационной прививки исключает или намного понижает протекание гомополимеризации. Кроме того, применение водных растворов представляется более технологичным, поскольку исключаются операции по регенерации растворителя.

Степень прививки, определенная гравиметрически, составила 32,98%.

Экспериментальные данные по измерению краевого угла смачивания показывают, что радиационная прививка акриловой кислоты на поверхность полипропилена приводит к гидрофилизации поверхности полимерного материала. В таблице 1 представлены данные по величинам краевого угла, образуемого каплей воды на поверхности исходного полипропилена и модифицированных прививочной полимеризацией образцов полипропилена при дозах облучения 500 и 750 кГр.

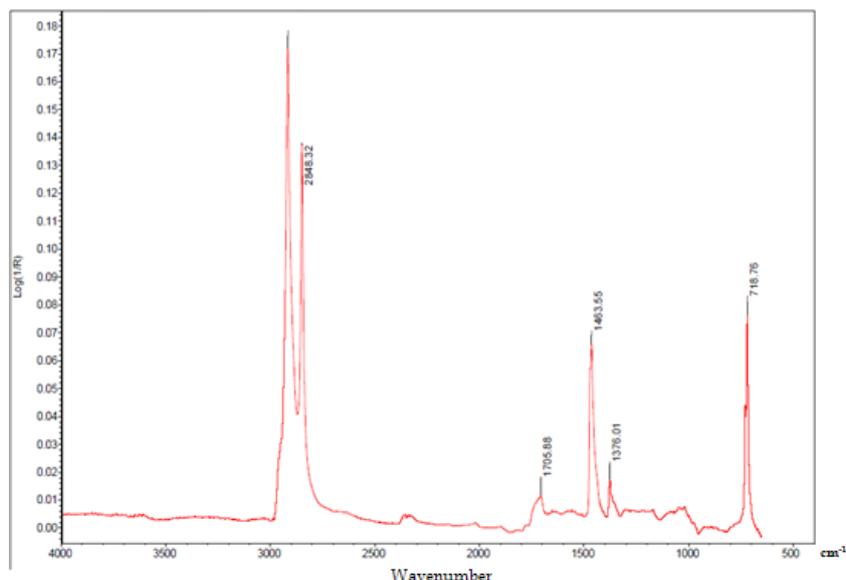


Рисунок 1 – ИК-спектр образца исходного полипропилена

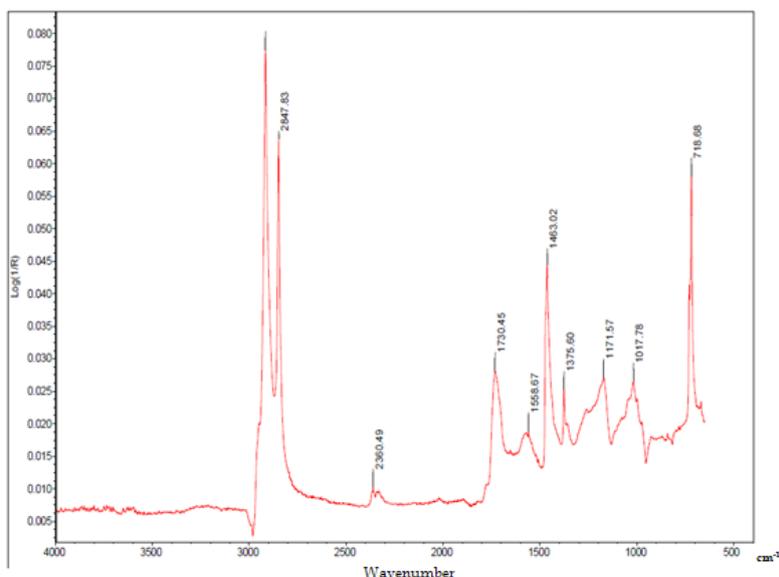


Рисунок 2 – ИК-спектр сополимера полипропилена и акриловой кислоты при дозе облучения 750 кГр

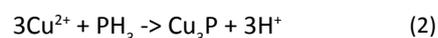
Из таблицы 1 видно, что для сополимера полипропилена и акриловой кислоты краевой угол θ при дозе облучения 500 кГр сначала уменьшился незначительно: с 64° (для образца исходного немодифицированного полипропилена) до 61° , однако с увеличением дозы облучения до 750 кГр краевой угол θ понизился до 43° . Следовательно, повышение дозы облучения способствует улучшению смачиваемости поверхности исследуемого полимерного материала.

Далее модифицированный образец сополимера ПП с акриловой кислотой подвергали сорбции иона металла из водного раствора медного купороса. Затем образец обрабатывался газообразным фосфином. При этом имеет место образование разнолигандного комплекса с центральным ионом меди. В координационную сферу комплекса входят привитые к поверхности полипропилена функциональные группы и нейтральные молекулы фосфина (рисунок 3).

Уровень адсорбции меди на подложке зависит от смачиваемости поверхности образца раствором сульфата меди. Объем раствора, унесенного образцом после смачивания соответствующим раствором, находили путем количественного определения сульфата меди в данном слое. Для этого измеряли объем фосфина, затрачиваемого

на перевод сульфата меди в фосфид. Эта величина (объем фосфина) позволяла вычислить массу полученного на образце фосфида меди и затем определить толщину фосфидного слоя. Этот метод соответствует используемым в гальванотехнике ГОСТам.

Нанесение токопроводящего слоя проводилось по запатентованному ранее способу [13]. При этом сорбированный ион меди реагирует с фосфином, образуя фосфид меди по реакции:



В работе [19] также сообщается о взаимодействии лиганда с центральным атомом. Химическим анализом установлено, что содержание фосфора в сплаве составляет 10-12%. Это позволяет идентифицировать полученный фосфид как Cu_3P , где содержание фосфора составляет 12,1%.

Для химической металлизации в качестве восстановителей применяют водородсодержащие соединения. Применение в этом качестве водорода требует проведения процесса восстановления при высокой температуре [2]. При восстановлении фосфином в покрытие включается фосфор. Такие покрытия представляют значительный интерес, так как это дает возможность изменять в широких пределах

Таблица 1 – Углы смачивания немодифицированного и модифицированных прививочной полимеризацией образцов полипропилена (ПП), $^\circ$

Образцы	Доза облучения, кГр	
	500	750
Немодифицированный ПП	64±3	
ПП + акриловая кислота	61±7	43±3

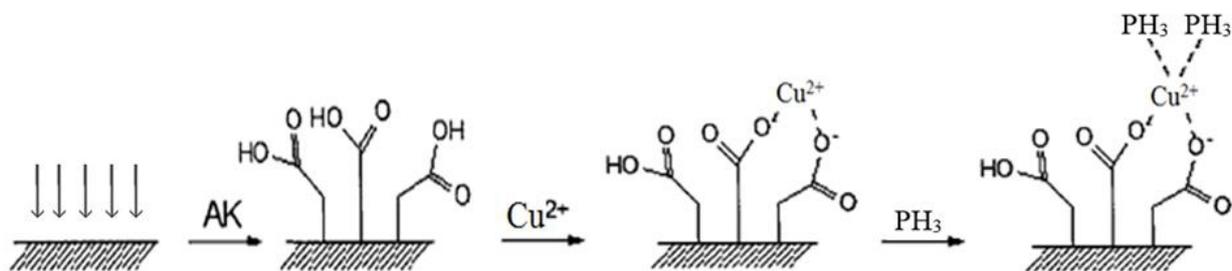


Рисунок 3 – Схема модифицирования полипропилена (ПП)

свойства покрытий: увеличивать твердость, магнитные свойства, коррозионную стойкость, уменьшать электропроводность и т.п. [2].

Для получения пленки фосфида меди можно использовать также отходящие газы процесса получения гипофосфита натрия. При этом до 20% фосфора переходит в фосфин. В настоящее время такие фосфинсодержащие газы сжигают с получением оксидов фосфора. Проведенные исследования на лабораторной установке по синтезу гипофосфита натрия показали, что фосфинсодержащие отходящие газы могут быть использованы в качестве восстановителя при получении медь-фосфорной пленки. Исследованиями установлено, что при этом качество медь-фосфорной пленки не изменялось. Осуществление этого процесса в промышленных условиях позволит более экономично использовать отходящие газы. Также этот процесс является экологически оправданным, так как в атмосферу практически не попадают ни фосфин, ни оксиды фосфора, вследствие чего отпадает необходимость установки газоочистных установок.

Такой метод восстановления адсорбированной меди способствует тому, что образовавшийся фосфид меди оказывается иммобилизованным, дополнительно закрепленным на подложке, тем самым улучшается адгезия фосфидного слоя к полимерной основе. При этом следует отметить, что хотя в ходе эксперимента проводилась отмывка гомополимера от облученного образца ПП, полностью исключить образование ПАК нельзя. Сшивание полиакриловой кислоты не происходит, поскольку процесс низкотемпературный. Такой гидрогель отличается хорошей влагопоглощаемостью, и происходит абсорбция ионов меди на его поверхности. Возможно, формирование фосфида меди произошло на слое гидрогеля акриловой кислоты. Слой гидрогеля ПАК может проявлять демфирующие свойства и выступать связующим подслоем между полимерной основой и фосфидной пленкой.

Пленка фосфида меди имеет предел прочности 33 кгс/мм² и широко используется как подслой, улучшающий пайку деталей [20]. Сформированная пленка фосфида меди от темно-стального до черного цвета имеет толщину 0,3-0,5 мкм. При этом время контакта фосфина с образцом составляло не менее 15 мин.

Как было установлено ранее [10], образовавшийся

фосфид меди обладает электропроводными свойствами и может выступать промежуточным токопроводящим слоем при последующей металлизации, например, меднении. Электропроводный подслой должен обеспечить прочную связь металла с полимерной основой. По ГОСТ 20214-74 проводниками считаются материалы с проводимостью больше 10³ Ом⁻¹см⁻¹, полупроводниками – материалы с проводимостью 10³-10⁻¹⁰ Ом⁻¹см⁻¹, диэлектриками – меньше 10⁻¹⁰ Ом⁻¹см⁻¹.

В работе [21] удельная проводимость образцов, синтезированных на полиамидной подложке сополимеров виниледенхлорида и акриловой кислоты и содержащих в привитой цепи чередующиеся фрагменты с сопряженными связями и частицами серебра, составила 10⁻³-10⁻² Ом⁻¹см⁻¹, что указывает на полупроводниковый характер проводимости.

Проведенные в представленной работе испытания показали хорошую электрическую проводимость фосфидного покрытия в пределах (359-400)·10⁻⁶ Ом⁻¹·м⁻¹ или (3,59-4,00)·10⁻⁶ Ом⁻¹·см⁻¹. Для сравнения у Си – 58 100 000 Ом⁻¹·м⁻¹; у полипропилена (объемная) – 10⁻¹⁴-10⁻¹⁵ Ом⁻¹·м⁻¹; (поверхностная) – 10⁻¹⁶-10⁻¹⁷ Ом⁻¹·м⁻¹.

Электродный потенциал фосфида меди 0,33 В близок к потенциалу чистой меди [22]. Полученная пленка устойчива в щелочах, в большинстве солей, в разбавленных минеральных кислотах (кроме азотной). Фосфидная пленка растворима в концентрированных растворах серной, соляной и фосфорной кислот. В азотной кислоте она растворяется при любых концентрациях. По этим свойствам фосфида также близки к меди.

Предполагается, что благодаря фосфиду меди увеличивается твердость полимерного материала (таблица 2). Фосфид меди широко применяется в промышленности как раскислитель меди, увеличивающий твердость этого металла [23]. Кроме того, фосфида меди обладают антифрикционными свойствами, т.е. повышают износостойкость и создают необходимые условия для хорошей работы подшипников [23].

При вакуумной металлизации напыленный слой металла составляет 0,01-0,1 мкм, причем сверху наносят еще защитный слой лака [2]. Толстослойная (до 2 мкм) вакуумная металлизация требует достаточно термостойкие пластмассы, выдерживающие температуру 150—200°C [2].

Таблица 2 – Твердость фосфидных покрытий на основах из полипропилена (по Шору по шкале D)

Материал основы	Покрытие	Твердость, (по Шору по шкале D)
ПП (немодифицированный)		65±3
ПП (немодифицированный)	Фосфид меди	86±3
ПП (модифицированный)		66±2
ПП (модифицированный)	Фосфид меди	87±7

Измерение твердости фосфидных пленок на полимерных образцах проводилось на специальном твердомере для пластмасс, где указывается твердость по Шору по шкале D (HARDMATIC, Mituto, Hardness Test ISO 868, for plastics ASTM D 2240, Japan).

Следовательно, медь-фосфорные покрытия, полученные низкотемпературным газофазовым восстановлением поверхностных пленок сульфата меди, состоят из фосфида меди Cu_3P , который придает покрытию повышенную твердость. Следует подчеркнуть, что промежуточный слой, связывающий в единое целое весь композиционный материал, является наиболее ответственным элементом металлизированной пластмассы, поскольку обеспечивает сцепление покрытия с основой, от его структуры и свойств зависит надежность всей системы.

Таким образом, радиационная прививка реакционно-способных групп на поверхность полимерного материала способствует улучшению гидрофильности поверхности и делает возможным процесс последующей металлизации. Это позволяет избежать операции травления с применением агрессивных реагентов, а также использования дорогостоящего и дефицитного палладия, не требует высоких температур, что особенно важно при металлизации нетермостойких полимерных материалов.

4. Заключение

Для реализации поставленной цели получения модифицированного полимерного материала проводили

Список литературы

- 1 Назаров В.Г. Поверхностная модификация полимеров: монография. – М.: МГУП, 2008. – 474 с.
- 2 Шалкаускас М., Вашкялис А. Химическая металлизация пластмасс. – Л.: Химия, 1985. – 144 с.
- 3 Повстугар В.И., Кодолов В.И., Михайлова С.С. Строение и свойства поверхности полимерных материалов. – М.: Химия, 1988. – 137 с.
- 4 Петрова Т.П. Химические покрытия // Соросовский обзорный журнал. – 2000. – №11. – С.78-83.
- 5 Ильин В.А. Металлизация диэлектриков. – Л.: Машиностроение, 1977. – 80 с.
- 6 Вершинина И.А., Горнухина О.В., Голубчиков О.А. Химическая активация поверхности полипропилена с использованием ионов серебра (I) и меди (II) в качестве модифицирующих агентов // Пластические массы. – 2010. – №6. – С.35-37.
- 7 Ишков А.В., Сагалаков А.М. Электропроводящие полимерные материалы с нестехиометрическими карбонитридами титана // Пластические массы. – 2006. – №12. – С.10-13.
- 8 Марков В. А. Влияние способа приготовления электропроводящих композитов на основе ПЭ, ПП и технического углерода на их свойства при повышенных температурах // Пластические массы. – 2015. – № 1/2. – С.13-17.

последовательную обработку изотактического полипропилена. Первый этап – радиационно-химическая прививка на матрицу изотактического полипропилена акриловой кислоты (в 5%-водном растворе) при дозе облучения 750 кГр – приводил к получению материала, способного к сорбции ионов металлов. Второй этап – сорбция модифицированным полипропиленом соединения меди из водного раствора, содержащего 200 г/л $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Третий этап – обработка фосфином с образованием фосфида меди, служащего токопроводящим слоем для последующей металлизации.

Таким образом, прививочная полимеризация из жидкой фазы водного раствора мономера является эффективным способом модификации поверхности полипропилена, приводящая к гидрофилизации и улучшению смачиваемости, что повышает эффективность металлизации и расширяет функциональные возможности такого материала. Тем самым открываются новые перспективы практического применения изотактического полипропилена отечественного производства.

Благодарности

Работа была профинансирована из бюджетных средств КазНУ имени К.И. Сатпаева.

- 9 Inzelt G. Conducting polymers. A new era in electrochemistry. – Berlin: Springer, 2008.
- 10 Koshkarbaeva T.Sh., Nauryzova S.Z., Sataev M.S., Tleuova A.B. Low-temperature gas-phase metallization of dielectrics // *Oriental Journal of Chemistry*. – 2012. – Vol.28, No.(3). – P.1281-1284.
- 11 Sataev M.S., Koshkarbaeva S.T., Perni S., Nauryzova S.Z., Prokopovich P. A galvanic-chemical method for preparing diamond containing coatings // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. – 2015. – Vol.480. – P.384-389.
- 12 Наурызова С.З., Сатаев М.С., Кошкарбаева Ш.Т. Химико-гальванический метод получения комбинированных покрытий // *Материалы XIX Менделеевского съезда по общей и прикладной химии*. – Волгоград, 2011. – Т.2. – 464 с.
- 13 Инновационный патент РК №25319. Способ получения композиционных покрытий // Сатаев М.С., Кошкарбаева Ш. Т., Наурызова С. З., Кожакулов Н. К., Аманбаева К. Б., Ауешов А. П. – Оpub. 08.12.2011.
- 14 Guven O., Alacakir A., Tan E. An atomic force microscopic study of the surfaces of polyethylene and polycarbonate films irradiated with gamma rays // *Radiation Physics and Chemistry*. – 1997. – Vol. 50, Is.2. – P.165-170.
- 15 Повстугар В.И., Кодолов В.И., Михайлова С.С. Структура и свойства поверхности полимерных материалов. – М.: Химия, 1988. – 192 с.
- 16 Круль Л.П., Поликарпов А.П. Успехи в синтезе привитых материалов методами радиационной прививочной полимеризации // *Успехи химии*. – 1990. – Т.59, №5. – С.469-481.
- 17 Наурызова С.З., Изтлеуова М., Елигбаева Г.Ж. Поверхностная модификация полиэтилена путем радиационного облучения // *Промышленность Казахстана*. – 2015. – №1 (88). – С.85-88.
- 18 Кромптон Т. Анализ пластиков / пер. с англ. Маслова С.А. / под ред. Заикова Г.А. – М.: Мир, 1988. – 679 с.
- 19 Тарасевич Б.Н. Основы ИК-спектроскопии с преобразованием Фурье. Подготовка проб в ИК-спектроскопии. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2012. – 222 с.
- 20 Кукушкин Ю.Н. Химия молекул, координированных ионами металлов. – С.-Пб.: Химия, Санкт-Петербургский государственный технологический институт, 1997.
- 21 Лашко Н.Ф., Лашко С.В. Пайка металлов. – М.: Машиностроение, 1977. – 87 с.
- 22 Tsetlin B.L., Golubev V.N., Vlasov A.V., Khokhlov A.R., Vannikov A.V., Tameev A.R. Polymeric semiconductors with a pre-specified alternation of conjugated bonds and metal clusters // *Macromolecular Rapid Communications*. – 2004. – Vol. 25. – P.628-631.
- 23 Патент РК №12758. Способ изготовления оксидно-никелевого электрода // Сатаев М.С., Дауренбекова Л.М. – Оpub. 08.08.1994.
- 24 *Металлы и сплавы. Справочник*. – С.-Пб.: АНО НПО «Профессионал», 2003. – 153 с.

References

- 1 Nazarov VG (2008) Surface modification of polymers: monograph [Poverhnostnaya modifikatsiya polimerov: monografiya]. MGUP, Moscow, Russia. (In Russian). ISBN 978-5-8122-0934-6
- 2 Shalkauskas M, Vashkyalis A (1985) Chemical plating of plastics [Khimicheskaya metallizatsiya plastmass]. Khimiya, Leningrad, USSR. (In Russian)
- 3 Povstugar VI, Kodolov VI, Mihailova SS (1988) The structure and the surface properties of polymeric materials [Stroenie i svoystva poverhnosti polimernih materialov]. Khimiya, Moscow, USSR. (In Russian)
- 4 Petrova TP (2000) *Soros Educational Journal* [Sorosovskiy obozrevatelnyy zhurnal] 11:78-83. (In Russian)
- 5 Ilin VA (1977) Metallization of dielectrics [Metallizatsiya dielektrikov]. Mashinostroenie, Leningrad, USSR. (In Russian)
- 6 Vershinina IA, Gornuhina OV, Golubchikov OA (2010) Plastic masses [Plasticheskie massi] 6:35-37. (In Russian)
- 7 Ishkov AV, Sagalakov AM (2006) Plastic masses [Plasticheskie massi] 12:10-13. (In Russian)
- 8 Markov VA (2015) Plastic masses [Plasticheskie massi] 1/2:13-17. (In Russian)
- 9 Inzelt G (2008) *Conducting polymers. A new era in electrochemistry*. Springer, Berlin, Germany. ISBN 978-3-642-27621-7
- 10 Koshkarbaeva ShT, Nauryzova SZ, Sataev MS, Tleuova AB (2012) *Oriental Journal of Chemistry* 28:1281-1284.
- 11 Sataev MS, Koshkarbaeva ShT, Perni S, Nauryzova SZ, Prokopovich P (2015) *Colloid Surface A* 480:384-389. <http://dx.doi.org/10.1016/j.colsurfa.2014.09.014>
- 12 Nauryzova SZ, Sataev MS, Koshkarbaeva Sh T (2015) Chemical and electrochemical method of obtaining composite coatings [Khimiko-galvanicheskiy metod polucheniya kombinirovannih pokritii]. Materials of the XIX Mendeleev Congress on General and Applied chemistry, Volgograd, Russia. Part 2.
- 13 Sataev MS, Koshkarbaeva ShT, Nauryzova SZ, Kozhakulov NK, Amanbayeva KB, Aueshov AP (2011) Method of obtaining composite coatings [Metod polucheniya kompozitsionnih pokritii]. Innovational Patent of the Republic of Kazakhstan No.25319 [Innovatsionnyy patent Respubliki Kazakhstan №25319]. (In Russian)
- 14 Guven O, Alacakir A, Tan E (1997) *Radiat Phys Chem* 50:165-170. [http://dx.doi.org/10.1016/S0969-806X\(97\)00002-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0969-806X(97)00002-9)
- 15 Povstugar VI, Kodolov VI, Mihailova SS (1988) The structure and the surface properties of polymeric materials [Stroenie i svoystva poverhnosti polimernih materialov]. Khimiya, Moscow, USSR. (In Russian). ISBN 5-7245-0115-5

- 16 Krul LP, Polikarpov AP (1990) Russ Chem Rev 59:807-826. (In Russian). <http://dx.doi.org/10.1070/RC1990v059n05ABEH003537>
- 17 Nauryzova SZ, Iztleuova M, Yeligbayeva GZh (2015) Industry of Kazakhstan [Promishlennost Kazakhstana] 1:85-88.
- 18 Krompton T (1988) Analysis of plastics [Analiz plastikov]. Trans. Maslova SA, ed. Zaikova GA. Mir, Moscow, USSR. P.679. (In Russian)
- 19 Tarasevich BN (2012) Basics of IR spectroscopy with Fourier transform. Sample preparation Infrared spectroscopy [Osnovi IK-spektroskopii s pereobrazovaniem Fure. Podgotovka prob v IK-spektroskopii]. M.V. Lomonosov MGU, Moscow, Russia. P.222. (In Russian)
- 20 Kukushkin UN (1997) Chemical molecules coordinated with metal ions [Khimiya molekul, koordinirovannih ionami metallov]. Khimya, Saint Petersburg, Russia. (In Russian)
- 21 Lashko NF, Lashko SV (1977) Metal soldering [Paika metallov]. Mashinostroenie, Moscow, USSR. P87. (In Russian).
- 22 Tsetlin BL, Golubev VN, Vlasov AV, Khokhlov AR, Vannikov AV, Tameev AR (2004) Macromol Rapid Comm 25:628-361. <http://dx.doi.org/10.1002/marc.200300201>
- 23 Satayev MS, Daurenbekova LM (1994) The manufacturing method of the nickel oxide electrode [Sposob izgotovleniya oksidno-nikelevogo elektroda]. Patent of the Republic of Kazakhstan No.12758 [Patent Respubliki Kazakhstan №12758]. (In Russian)
- 24 (2003) Metals and alloys. Directory [Metalli i splavi. Spravochnik]. ANO NPO "Professional", Saint Petersburg, Russia. (In Russian)